



Markus Helmhart, BSc.

Standardisierung von Fahrwerkservice im Schienenfahrzeugbau

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieur

Studienrichtung
Wirtschaftswissenschaften-Maschinenbau
F066482

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften
Institut für Innovation und Industrie Management
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer

Graz, Dezember 2017

EIDESSTAATLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, am.....

.....

(Unterschrift)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Zuallererst ein aufrichtiges Dankeschön an den Staat Österreich, der jedem Bürger eine hochwertige akademische Ausbildung ohne Aufwendung großer finanzieller Mittel ermöglicht. Ohne diese Möglichkeit und die zusätzliche finanzielle Unterstützung durch die Gewährung von Studienbeihilfe wären die folgenden Kapitel nie entstanden.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meiner Mutter, die mir mein Studium ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen auf ihre unnachahmliche Art und Weise unterstützt hat. Sowie meiner Frau Sara, welche mir stets zur Seite stand und mich immer wieder dazu motiviert meinen Bildungshorizont zu erweitern.

Ein herzliches Dankeschön auch an die Werksleitung des Siemens Standortes Graz Eggenberg, welche mir in Person von Herrn Dr. Stefan Erlach erst die Durchführung dieser Arbeit ermöglichte. Dadurch durfte ich, fortführend zu meiner Tätigkeit als Werkstudent an besagtem Standort, mein theoretisch angeeignetes Wissen an einem direkten Beispiel weiter erproben und entwickeln. Ein spezielles Dankeschön möchte hier an Herrn Peter Pensold richten, der mich von Seiten Siemens durch die ganze Arbeit begleitete.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. Mario Kleindienst, sowie Herrn DI Matthias Friessnig, welche diese Arbeit von Seiten der Universität Graz betreut und methodisch unterstützt haben.

Schließlich danke ich noch meinen Freunden, allen voran natürlich meinen WG-Kollegen, mit welchen ich die Jahre meines Studiums in Graz teilen und Dinge erfahren durfte, welche kein Studium ersetzen kann.

Kurzfassung

Die Aufgaben des „Bogie Repair and Service Centers“ am Mobility Standort der SIEMENS AG Österreich in Graz Eggenberg haben sich in den letzten Jahren stetig an Menge und Komplexität erhöht und stellen an die dafür eingesetzten Methoden und Mittel Ansprüche, die teilweise nicht mehr durchgehend mit den heutigen Standards hinsichtlich Effizienz und Effektivität einhergehen können.

Dies resultiert in hohen Durchlaufzeiten der zu wartenden Produkte, hohen Lagerbeständen an Ersatzteilen und Kundenmaterial, sowie komplexen und teilweise undurchsichtigen Materialflüssen.

In dieser Masterarbeit wurden die genannten Bereiche, in Anbetracht ihrer Aktualität hinsichtlich Industrialisierung mit den Methoden der Fabrikplanung dargestellt und die erfassten Daten analysiert. Daraus konnten vorhandene Potentiale dargestellt und in erarbeitete Konzepte integriert werden.

Nach Abgrenzung des Untersuchungsbereiches und der Einteilung der Produktfamilien wurde basierend auf einer umfassenden Wertstromanalyse für den Bereich des Bogie Repair and Service Centers eine Änderung des Fertigungssystems, weg vom genutzten Werkstättenprinzip und hin zur Fließfertigung, mit einem eigenen Logistikkonzept hinsichtlich Materialbereitstellung und Lagersystematik entwickelt.

Des Weiteren wurde ein einheitliches und strukturiertes Konzept für die Wahl der Ladungsträger erarbeitet. Dazu musste unter anderem ein neuer Ladungsträger konstruiert werden, welcher das zuvor gefundene Fertigungssystem hinsichtlich Flexibilität noch optimieren konnte.

Auch konnte die Dokumentation und Fertigungssteuerung durch die Einführung neuer Dokumentationssysteme vereinheitlicht, sowie Dokumentationslücken geschlossen werden. Ebenfalls konnten Prozessschritte im „Fahrwerksservice“ detailliert dargestellt und vereinheitlicht werden um diese auch in ein Prozesshaus integrieren zu können.

Neben den Ansprüchen, die in dieser Arbeit an das tägliche Geschäft gestellt wurden, konnten auch Möglichkeiten dargestellt werden, welche den kontinuierlichen Verbesserungsprozess im Fahrwerksservice fördern können, um die erstellten Konzepte auch mittelfristig effektiv und effizient zu erhalten.

Abstract

The targets of the “Bogie Repair and Service Center” at the mobility location of SIEMENS AG Österreich in Graz Eggenberg have steadily increased in quantity and complexity over the last years. The required Standards in terms of efficiency and effectiveness cannot be satisfied by current methods and means.

This results in high throughput times of the products to be maintained, high inventory levels of spare parts and customer material as well as complex and partially opaque material footprints.

In this master thesis these areas are analyzed due their relevance and actuality according to the current standards of industrialization. Future potentials could be presented and integrated into concepts.

The result of a comprehensive value stream analysis is, that the Bogie Repair and Service Center changed the production system from the current workshop principle to series production with its own logistics concept for material supply and storage systems.

Furthermore, a uniform and structured concept was developed for the choice of charge carriers. For this purpose, a new charge carrier had to be designed, which could still optimize the previously found production system with regard to flexibility.

Documentation and production planning could also be standardized by the introduction of new documentation systems, as well as the previously possible documentation gaps were closed. Process steps in the “Fahrwerkservice” could also be presented in detail and unified in order to be able to integrate these into a process house.

In addition to the demands placed on the day-to-day business in this work, it was also possible to identify opportunities that could promote the continuous improvement process at Fahrwerkservice in order to maintain the concepts developed effectively and efficiently in the medium term.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Die Unternehmung "Siemens AG" | 1 |
| 1.1.1 | Der Standort Graz – Eggenberg | 2 |
| 1.1.2 | Produktgruppen und Fahrwerkstechnik | 4 |
| 1.2 | Aufgabenstellung und Zielsetzung | 9 |
| 1.3 | Vorgehensweise..... | 10 |
| 1.3.1 | Erhebung der Ausgangssituation..... | 10 |
| 1.3.2 | Analyse und Kritik der Ausgangssituation | 10 |
| 1.3.3 | Erstellung von Verbesserungskonzepten..... | 11 |
| 2 | Fabrikplanung und Industrialisierung | 11 |
| 2.1 | Industrialisierung und Entwicklung zur heutigen Industrie..... | 11 |
| 2.2 | Fabrikplanung | 15 |
| 2.3 | Re-Engineering | 15 |
| 2.4 | Phasen der Fabrikplanung | 17 |
| 2.5 | Zielfestlegung und Grunddatenermittlung | 18 |
| 2.5.1 | Die Wertstrombetrachtung | 19 |
| 2.5.2 | Die XYZ- Analyse..... | 24 |
| 2.5.3 | Die Mikroprozessdarstellung..... | 25 |
| 2.6 | Konzeptplanung | 29 |
| 2.6.1 | Anforderungen an eine Produktion | 30 |
| 2.6.2 | Strukturen einer Produktion | 30 |
| 2.6.3 | Logistikplanung | 35 |
| 2.6.4 | Entscheidungsfindung..... | 42 |
| 2.7 | Detailplanung | 45 |
| 2.8 | Realisierungsphase..... | 45 |
| 3 | Instandhaltung von Fahrwerken im Schienenfahrzeugbau..... | 46 |
| 3.1 | Unterteilungen der Instandhaltung | 47 |
| 3.1.1 | Präventive Instandhaltung | 48 |
| 3.1.2 | Korrektive Instandhaltung | 48 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.2 | Instandhaltungsstrategien | 49 |
| 3.3 | Präventive Instandhaltung an Fahrwerken im Schienenfahrzeugbau | 49 |
| 4 | Praxisbericht: Optimierung des Fahrwerkservice am Siemens-Standort Graz Eggenberg..... | 52 |
| 4.1 | Abgrenzung des Untersuchungsbereiches | 52 |
| 4.1.1 | Projekt „Mittelrheinbahn“ | 53 |
| 4.1.2 | Projekt „Karlsruhe“ | 53 |
| 4.1.3 | Projekt „Augsburg“ | 54 |
| 4.2 | Grunddatensammlung..... | 55 |
| 4.2.1 | Materialfluss..... | 56 |
| 4.2.2 | Wertstrombetrachtung Projekt Augsburg | 60 |
| 4.2.3 | Wertstrombetrachtung Fahrwerk..... | 61 |
| 4.2.4 | Wertstrombetrachtung Rahmen | 62 |
| 4.2.5 | Wertstrombetrachtung Portalachse..... | 63 |
| 4.2.6 | Beschaffungslogistik im Fahrwerkservice | 64 |
| 4.2.7 | Produktionslogistik im Bogie Repair and Service Center | 68 |
| 4.2.9 | Fertigungsstruktur im BRSC | 72 |
| 4.2.10 | Arbeitsplatzgestaltung im BRSC | 73 |
| 4.3 | Analyse und Kritik der IST- Situation..... | 73 |
| 4.3.1 | Analyse Wertstrom Augsburg hinsichtlich Materialfluss..... | 73 |
| 4.3.2 | Analyse Wertstrom Augsburg hinsichtlich Informationsfluss..... | 76 |
| 4.4 | Konzeptplanung | 81 |
| 4.4.1 | Produktionsplanung | 81 |
| 4.4.2 | Prozessdarstellung und Dokumentation | 83 |
| 4.4.3 | Beschaffungslogistik | 89 |
| 4.4.4 | Produktionslogistik | 91 |
| 4.4.5 | Fertigungsstruktur „Bogie Repair and Service Centers“ | 96 |
| 4.4.6 | Kontinuierlicher Verbesserungsprozess..... | 104 |
| 5 | Zusammenfassung..... | 106 |
| 6 | Literaturverzeichnis | 108 |

| | | |
|------|----------------------------------|-----|
| 7 | Abbildungsverzeichnis..... | 111 |
| 8 | Tabellenverzeichnis | 115 |
| 9 | Abkürzungsverzeichnis | 116 |
| 10 | Anhang..... | i |
| 10.1 | Standardarbeitspläne | i |
| 10.2 | Mehraufwandstemplate..... | iv |
| 10.3 | Layout BRSC | v |
| 10.4 | Arbeitsplatzgestaltung BRSC..... | v |

1 Einleitung

Das Warten und Instandsetzen von eigen- oder fremdgefertigten Fahrwerken für den Schienenverkehr, ist in den letzten Jahren zu einem fixen Bestandteil des Weltkompetenzzentrums für Fahrwerke in Graz Eggenberg geworden. Der Standort ist als Teil des Segmentes Mobility der SIEMENS AG ein wichtiger Partner, sowohl inner- als auch außerhalb des Konzerns, zur Herstellung von Schienenfahrzeugen. Die Aufgaben des „Bogie Repair and Service Centers“, welches sich grundsätzlich solchen Wartungstätigkeiten annimmt, haben sich dabei in den letzten Jahren stetig an Menge und Komplexität erhöht. Dabei können die eingesetzten Methoden und Mittel die Ansprüche der Branche hinsichtlich Effizienz und Effektivität nicht mehr durchgehend erfüllen.

Dies resultiert in hohen Durchlaufzeiten der zu wartenden Produkte, hohen Lagerbeständen an Ersatzteilen und Kundenmaterialien sowie komplexen und teilweise undurchsichtigen Materialfüßen. Die Ursachen dazu werden im Zuge dieser Arbeit analysiert. Dazu wird einleitend die Unternehmung Siemens AG sowie technisches Grundwissen über Fahrwerke vermittelt.

1.1 Die Unternehmung “Siemens AG”

Die Siemens AG ist eine international tätige Unternehmung, welche als Holdinggesellschaft seinen Firmensitz in Deutschland hat. Anfangs als Hersteller für Zeigertelegraphen im Jahre 1847 gegründet, vergrößerte sich die Unternehmung bis heute und vereint aktuell Tätigkeiten in vielen Branchen unter dem Namen der Siemens AG. Das Repertoire erstreckt sich heute über die folgenden Businesssegmente (www.Statista.com, 2017):

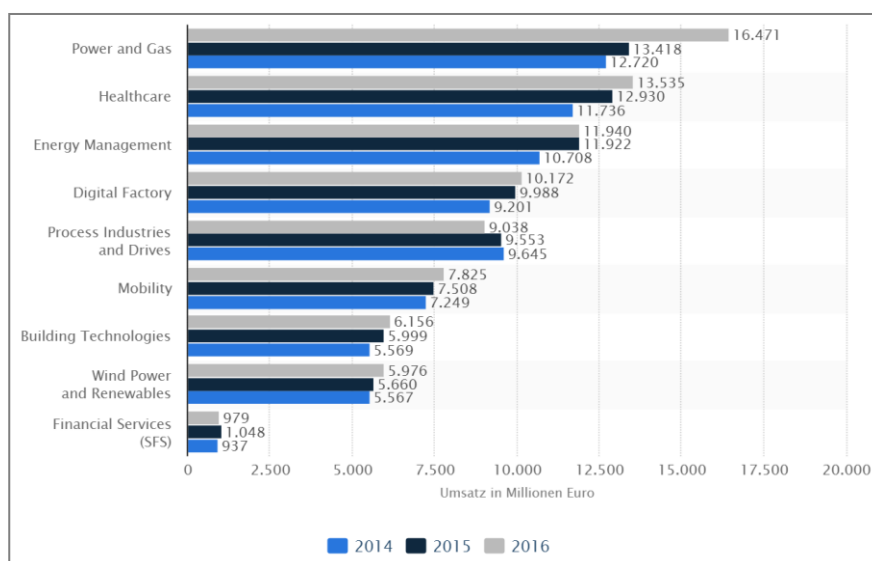


Abbildung 1: Businesssegmente und Umsatzentwicklungen der Siemens AG (www.Statista.com, 2017)

International tätig beschäftigt die Siemens AG zum 30. September 2014 auf fortgeführter Basis rund 343.000 Mitarbeiter und erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2014 Umsatzerlöse in Höhe von rund 71,9 Mrd. € – bei einem Auftragseingang von 78,4 Mrd. €. (vgl. Zugriff am 16.03.2015, Siemens AG, 2015)

1.1.1 Der Standort Graz – Eggenberg

Das in der Siemens AG Österreich eingeordnete Weltkompetenzzentrum Graz Eggenberg, hat ihren Aufgabenbereich sowohl in der Entwicklung und Produktion von Fahrwerken und Drehgestellen im Schienenfahrzeugbau, als auch in der Wartung und Instandsetzung der selbigen. (Zugriff am 16.03.2015, Siemens Österreich, 2010)

Am Standort sorgen rund 850 hochqualifizierte Mitarbeiter für ein Jahresvolumen an Fahrwerken von ca. 3000 Stück für den Nah- als auch Fernverkehr. Eingesetzt werden diese dabei weltweit in verschiedensten Ländern, wobei auch jene Fahrwerksmodelle, welche den Siemens-Plattformen entstammen, meist auf die speziellen Bedingungen des jeweiligen Einsatzgebietes angepasst werden. Als Kernkompetenz der Fertigung wird das Schweißen von Drehgestellrahmen genannt, welche durch Hochleistungsroboter hoch automatisiert werden konnte (Automatisierungsgrad >80% im Bereich Stahlbau) und laufend weiterentwickelt wird. In der Fertigung sind sowohl Fließfertigungsanlagen für zu schweißende Drehgestellrahmen, als auch getaktete Fertigungslinien im Bereich der Montage anzutreffen. Auch mit Hilfe des Siemens Produktionssystems (kurz SPS), sowie eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (Siemensinitiative: 20 Keys) wurde Lean Management in der Fertigung integriert. Der Standort wurde auch in seiner Fertigungstiefe weiterentwickelt, so wurde die bis 2011 fremdvergebene Montage der Radsätze in die Produktion integriert und die eigene Wertschöpfung seitdem ergänzt. Neben der Entwicklung und Produktion am Standort Graz Eggenberg, versucht man mit zusätzlichen Fertigungsstätten in Sacramento, USA und Aurangabad, Indien den globalen Herausforderungen gerecht zu werden und dem Kunden lokale Wertschöpfung anzubieten (vgl. Zugriff am 16.03.2015, Siemens Österreich, 2010).

Ebenfalls am Standort durchgeführt wird eine Betreuung der global im Einsatz befindlichen Fahrwerke. Dies beinhaltet insbesondere die Bereiche (vgl. Zugriff am 16.03.2015, Siemens AG, 2012) :

- Ersatzteile
- Wartung und Instandhaltung
- Refurbishment und Reparaturen
- Dienstleistungen

In Kooperation mit der am Standort angesiedelten Konstruktion werden technische Veränderungen in bestehende Produkte implementiert und für zukünftige Neufertigungen verwendet. Des Weiteren wird das sogenannte „Bogie Repair & Service Center“ am Standort Graz betrieben. Dabei werden vorhandene Ressourcen und Erfahrungen verwendet um bereits in Betrieb befindliche, verunfallte oder verschlissene Produkte effektiv und effizient wieder in Betrieb zu setzen. Eben dieses Service Center wird im Zuge dieser Masterarbeit einer umfangreichen Untersuchung unterzogen.(vgl., Zugriff am 16.03.2015, Siemens AG, 2012)

Der Standort Graz Eggenberg unterteilt sich in drei Segmente, wobei zuvor erwähntes „Fahrwerksservice“ in Kooperation der Segmente „Manufacturing Graz“ (auch MF-GRZ) und Customer Service ist. Das Segment Customer Service übernimmt dabei bei Projekten die Projektleitung sowie teilweise die Ersatzteillogistik. Die Durchführung von Fahrwerksservice obliegt jedoch zur Gänze „Manufacturing Graz“, welches diese Tätigkeiten im eigenen Bogie Repair and Service Center (in Abbildung 2 und Abbildung 3 grün markiert und im Fokus dieser Arbeit) durchführt. (vgl. Zugriff am 16.03.2015,Siemens AG, 2012)

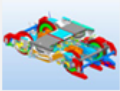


| Standort | GRZ EGGEN | | |
|---------------------------|--|---|--|
| Segment | Bogie Engineering  | Graz Plant  | Bogie Service  |
| Tätigkeitsbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • Produktkonzepte • Konstruktionslösungen • Funktionslösungen • Gesamtfahrzeugoptimierung • Neu- und Anpassentwicklungen | <p>Frame Production</p> <p>Bogie Production</p> <p>Bogie Repair and Service Center</p> | <p>Bogie Betreuung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ersatzteile • Wartung und Instandhaltung • Refurbishment und Reparaturen • Dienstleistungen |

Abbildung 2: Siemens-Segmente am Standort „Graz Eggenberg“ (Quelle: Siemens intern)

Das Bogie Repair and Service Center ist ein eigens geschaffener Bereich einer Produktionshalle, welcher sich ausschließlich dem Abwickeln von Projekten mit bereits in Betrieb befindlichen Fahrwerken oder Komponenten eines Solchen widmet.

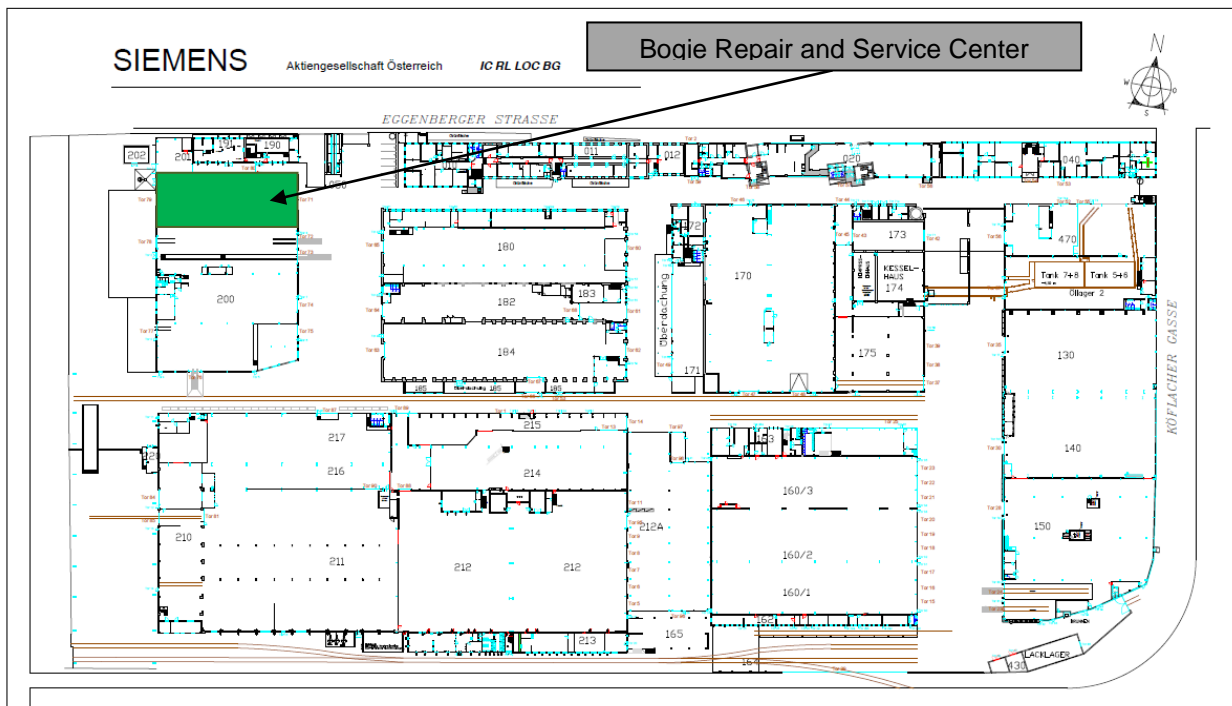


Abbildung 3: Werkslayout Siemens Graz Eggenberg (Quelle: Siemens intern)

1.1.2 Produktgruppen und Fahrwerkstechnik

Unter Schienenfahrzeugen versteht man Eisenbahnfahrzeuge, welche auf zwei parallel verlaufenden Schienen fahren und je nach Ausführung Güter oder Personen befördern. Eine eindeutige Definition ist der Norm DIN25003 zu entnehmen, welche Schienenfahrzeuge unterteilt und kategorisiert. Darin unterscheiden sich konventionelle von unkonventionellen Bahnen durch das Argument, dass spurgebundene Fahrzeuge mit Spurkranz versehenen Rädern auf Gleisen fahren. Somit ist die klassische Eisenbahn als konventionell einzustufen, wohingegen die Magnetschwebbahn oder die Hängbahn als unkonventionell gesehen werden. Des Weiteren werden Schienenfahrzeuge nach Gesetzen und Verordnungen unterteilt. Dabei sind das „Allgemeine Eisenbahngesetz“ (AEG) für den Personen und Güterverkehr sowie das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) im innerstädtischen Verkehr von besonderer Bedeutung. Eine strukturierte Aufschlüsselung der zugehörigen Bahnsysteme soll die folgende Abbildung geben. (vgl. Janicki, J., & Reinhard, H. (2008). Schienenfahrzeugtechnik. Heidelberg: Bahn-Fachverl.; Seite 15)



Abbildung 4: Systeme des Schienenverkehrs(vgl.Janicki & Reinhard, 2008, S. 17)

Fahrwerkstechnik

Die Führung der Schienenfahrzeuge in den Schienen ist die Hauptaufgabe des Fahrerwerks oder Drehgestelles (engl. Bogie). Dabei werden Lasten bis zu den Rädern und Schienen übertragen und deren Änderungen durch Federn und Dämpfer aufgenommen. Unterschieden wird zwischen angetriebenen Fahrwerken (Triebfahrwerken), in welchen Antriebs- als auch Bremskräfte zumindest über ein Radpaar übertragen werden, und nicht angetriebenen Fahrwerken (Lauffahrwerken), welche nur die Übertragung von Bremskräften sicherstellen. (vgl.Janicki & Reinhard, 2008, S. 77)

Für Schienenfahrzeuge gibt es keine strikte Anordnung von Trieb- und Lauffahrwerken, vielmehr resultieren aus den Einsatzgebieten für Schienenfahrzeuge verschiedenste Konstellationen bezüglich der Anzahl von Fahrwerken, der Aufteilung von Trieb bzw. Lauffahrwerken, sowie der Zusammensetzung der Radsätze (Trieb oder Lauf) innerhalb eines Fahrwerks. Eine vom internationalen Eisenbahnverband (UIC) eingeführte Unterscheidung der Achsfolge ist in der UIC-Norm 650 (vormals UIC 612 V) sowie in der DIN 30052 festgehalten. Dabei wird in Fahrzeugsicht von vorne nach hinten, eine Kurzschreibweise definiert, welche angibt, wie viele Achsen ein Fahrzeug aufweist, ob diese angetrieben sind oder nicht und welche Verbindung diese zueinander haben.

Eine Charakterisierung der Kurzschreibweise ist in Abbildung 5 dargestellt. (vgl. Grote & Feldhusen, 2007, S. s. Q67)

| Symbol | Bedeutung |
|---|--|
| 1, 2, 3 ... arabische Ziffern | Laufachsen |
| A, B, C, ... große lateinische Buchstaben | Triebachsen |
| o kleine Null | mechanisch nicht gekuppelte Triebachsen |
| ' Apostroph | nicht im Hauptrahmen gelagerte Achsen eines Typs |
| () ... Klammern | wie ', jedoch verschiedene Typen |
| + Pluszeichen | mehrere zusammen verkehrende Fahrzeuge |

| Beispiele: | |
|------------|--|
| Bo' Bo' | vierachsiges Triebfahrzeug mit zwei Drehgestellen und Einzelachsantrieb |
| A + 2 + A | dreiteiliger Gliedertriebwagen mit Einzelachsfahrwerken unter den Endteilen |
| 1' A' | zweiachsiger Triebwagen mit Einzelachsfahrwerken mit Zwischenrahmen und einer Triebachse |

Abbildung 5: Charakterisierung der Achsfolge nach DIN 30052/UIC 612 V (vgl. Grote & Feldhusen, 2007, S. s. Q68)

Je nach Einsatzkriterien werden Fahrwerke ihren Beanspruchungen und Gesetzmäßigkeiten im Betrieb entsprechend angepasst, wodurch verschiedene Baugruppen spezifisch ausgewählt sowie konstruktiv ausgelegt werden. Ein Fahrwerk im Schienenfahrzeugbau besteht dennoch im Allgemeinen aus den in Abbildung dargestellten Hauptbaugruppen. (vgl. Janicki & Reinhard, 2008, S. 81)

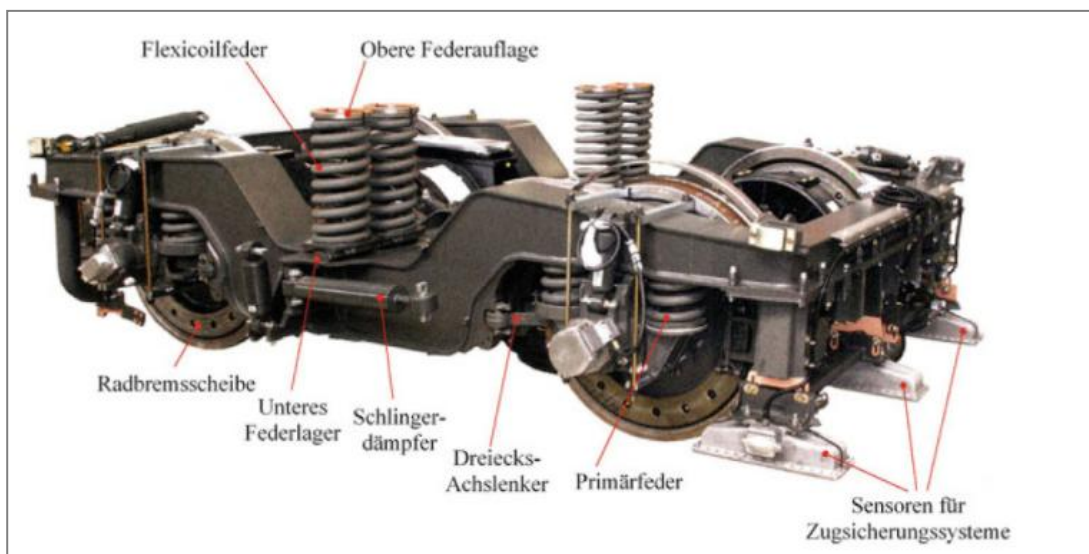


Abbildung 6: Charakteristik eines Fahrwerks im Schienenfahrzeugbau am Beispiel Siemens - Lokomotive Triebdrehgestell Vectron (Ihme, 2016, S. 184)

Dabei sind konstruktive Unterscheidungen übergeordnet für folgende Elemente zu treffen (vgl. Janicki & Reinhard, 2008, S. 81):

| Element / Bauteil | Aufgabe(n) | Ausführungen |
|----------------------------------|---|---|
| Rad bzw. Radsatz | <ul style="list-style-type: none"> ■ Übertragung und Führung der Last auf den Gleisen ■ Übertragung der Antriebs- und Bremskräfte | <ul style="list-style-type: none"> ■ bereiftes Rad ■ Vollrad |
| Lager | <ul style="list-style-type: none"> ■ Übergang zwischen feststehendem und rotierendem Bauteil | <ul style="list-style-type: none"> ■ Gleitlager ■ Wälzlager |
| Federung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Milderung von Stößen in vertikaler und zum Teil horizontaler Richtung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Stahlfeder (Blatttragfeder, Parabelfeder) ■ Schraubenfeder ■ Gummifeder ■ Luftfeder |
| Dämpfung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verringerung von Schwingungen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Reibung in Bauteilen (Stahlfeder) ■ Reibungsdämpfer ■ hydraulische Dämpfer |
| Rad- bzw. Achsführung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Übertragung von Horizontalkräften ■ Stabilisierung des Radsatzes durch Koppelung an Wagenkasten oder Drehgestellrahmen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Gleitführungen ■ Lenkerführungen (Radsatzlenker) ■ elastische Führungen |
| Fahrgestell- bzw. Fahrzeugrahmen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Aufnahme der Kräfte von Federung und Achsführung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Untergestell (Brückenträger) ■ Drehgestellrahmen |
| Abstützung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Abstützung des Wagenkastens ■ Übertragung der Zug- und Schubkräfte | <ul style="list-style-type: none"> ■ Drehpfanne ■ seitliche Gleitstücke und Mitnehmerzapfen ■ Zwischenträger und Mitnehmerzapfen ■ Traverse und Zug- und Schubstangen bzw. Lemniskatenlenkung |

Abbildung 7: Aufgaben und Ausführungen von Fahrwerkselemente 2 (Janicki & Reinhard, 2008, S. 81)

Eine weitere Unterscheidung welche bei der Auslegung von Fahrwerken zu treffen ist, liegt in der Wahl der Radsatzbauweise. Fahrwerke für den Betrieb im Fern-, Regional- oder S-Bahnverkehr, sowie unter Umständen Straßen- und U-Bahnen verwenden als Laufwerk Radsätze, wobei jeweils zwei Räder durch eine Welle verbunden und gesteuert werden. Als Alternative zur herkömmlichen Radsatzbauweise haben sich Losradachsen etabliert. Fahrwerke mit integrierten Losradachsen werden auch Einzelradfahrwerke genannt. Der Name kommt von dem Ansatz, dass Räder nicht mehr durch eine Achswelle miteinander verbunden sind, sondern jedes Rad über eine eigene, sehr kurze, Achswelle mit einem Achsportal und dem restlichen Fahrwerk verbunden ist. Das liefert die Möglichkeit, einen durchgehenden Niederflur des Schienenfahrzeuges im urbanen Verkehr zu schaffen. Zwar ist der Raum für den Antrieb sowie die Ausdrehung des Fahrwerks im Vergleich zur herkömmlichen

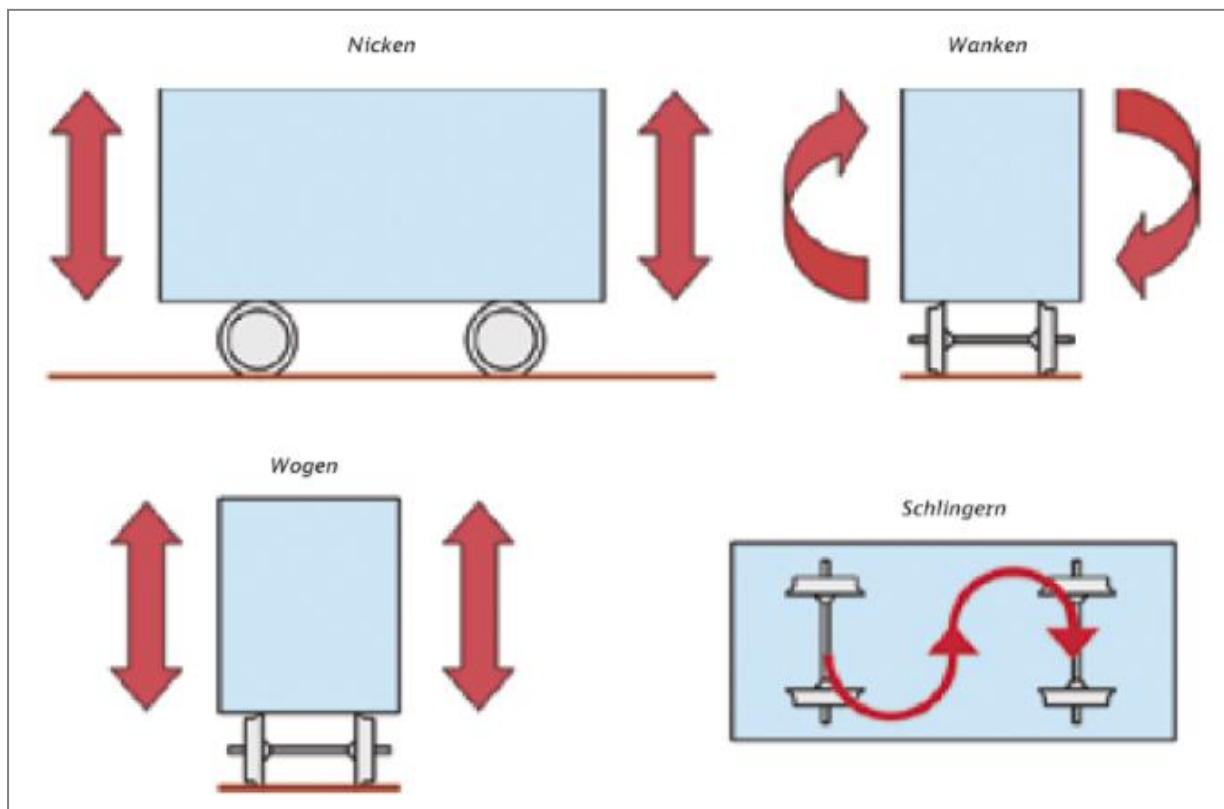


Abbildung 9: Betriebsbedingte Einflüsse auf Fahrwerke im Schienenverkehr(vgl.Janicki & Reinhard, 2008, S. 78)

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Aufgabenstellung der Arbeit ist es, Strukturen und Abläufe im Fahrwerkservice im Schienenfahrzeugbau darzustellen, zu analysieren und Verbesserungspotentiale aufzuzeigen, sowie für diese Potentiale konkrete Lösungen auszuarbeiten.

Hierzu bot die Siemens AG Österreich die Möglichkeit, direkt am Standort Graz Eggenberg an diesem Thema zu arbeiten. Dabei stellte die Werksleitung den Anspruch, das Hauptaugenmerk auf die Analyse der Durchlaufzeit, der Materiallagerung, sowie der richtigen Zuordnung von Ladungsträgern zu legen. Diese Vorgabe basierte auf der Erfahrung, dass jene Bereiche in der Vergangenheit vermehrt Diskussionspunkte lieferten, welche nun im Zuge dieser Arbeit konkret behandelt werden sollen.

Das Ziel der Arbeit war eine klare Darstellung der Abläufe und Strukturen im Fahrwerkservice, sowie das Ausarbeiten von Konzepten um Prozesslücken zu schließen, einen Standard einzuführen, Verschwendung zu reduzieren, um die Produktionsqualität zu erhöhen und einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu ermöglichen.

1.3 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise dieser Arbeit wird in drei Phasen unterteilt und ist in Abbildung 10 dargestellt.

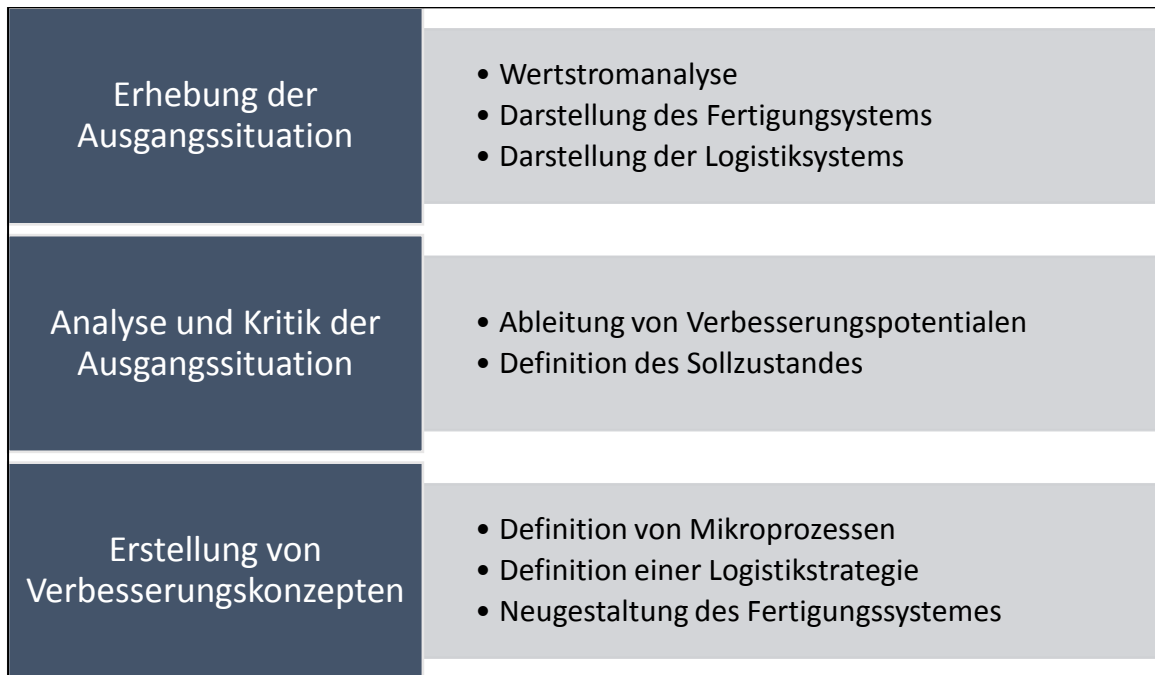


Abbildung 10: Vorgehensweise Masterarbeit

1.3.1 Erhebung der Ausgangssituation

Um Abläufe und Strukturen im Fahrwerkservice zu visualisieren, wurde einerseits damit gestartet den Wertstrom eines aktuellen Service-Projektes am Standort im Detail darzustellen. Dabei wurde der gesamte Material-, und Informationsfluss erfasst, sowie die Durchlaufzeit gegliedert und dargestellt. Andererseits wurde das Fertigungssystem des Bogie Repair and Service Centers sowie die Beschaffungs- und Produktionslogistik des selbigen erfasst und visualisiert.

1.3.2 Analyse und Kritik der Ausgangssituation

Nachdem die Ist-Situation erfasst wurde, folgte eine Analyse derselben. Dabei wurde, ausgehend von der Wertstrombetrachtung, jeder Bereich welcher Einfluss auf diese nahm, für sich analysiert und die Ergebnisse daraus dargestellt. Dabei wurden für alle Bereiche Potentiale dargestellt, sowie die Gründe für die Nichterreichung dieser aufgelistet.

1.3.3 Erstellung von Verbesserungskonzepten

Aufbauend auf der Analyse des Wertstroms und der Logistik wurden des Weiteren für manche Bereiche konkrete Lösungen ausgearbeitet. Dabei wurden

- (Mikro-)Prozesse,
- Kommunikationsmethoden,
- Lagerflächen,
- Fertigungssysteme,
- Ladungsträger,
- Methoden zur Darstellung von fertigungsrelevanten Daten, sowie
- Methoden zur kontinuierlichen Erfassung von Potentialen bezgl. Verschwendungen

neu definiert bzw. teilweise bereits eingeführt.

2 Fabrikplanung und Industrialisierung

Dieses Kapitel gibt einen Einblick in die grundlegende Fabrikplanung. Der in dieser Arbeit betrachtete Produktionsstandort der Siemens AG weist wie in Kapitel 1.1.1 erwähnt eine lange Historie auf, in welcher sich Strukturen über lange Zeit erhalten haben. Hier wird ein Überblick gegeben, welche Strukturen es aufgrund der immer fortschreitenden Industrialisierung heute in einer Produktion zu unterscheiden gilt und wann diese entstanden. Unterschiedliche Möglichkeiten der Fabrikplanung werden folgend aufgezeigt, Möglichkeiten zur Erfassung und Analyse von Daten einer Fabrik erörtert. Danach werden die Möglichkeiten in der Gestaltung einer Produktion sowie der Logistik in einer Fabrik dargestellt.

2.1 Industrialisierung und Entwicklung zur heutigen Industrie

Der Begriff der Industrialisierung entstand aus mehreren Akzentansätzen, welche alle einen gesellschaftlichen Modernisierungsprozess beinhalten und darin übereinstimmen, dass (vgl. Wingens, 2013, S. 5-6):

Die Industrialisierung als höchstmögliche Nutzung von unbelebter Energieträger – im Gegensatz zu menschlicher oder tierischer Arbeitskraft – für die Produktion von Wirtschaftsgütern und Dienstleistungen(Wingens, 2013, S. 5-6)

aufzufassen ist.

Die Entwicklung der industriellen Produktion ist ein wesentlicher Bestandteil der Industrialisierung. Im Folgenden wird ein Einblick in diese Entwicklung gegeben, sowie auf deren umfangreiche Auswirkungen hingewiesen.

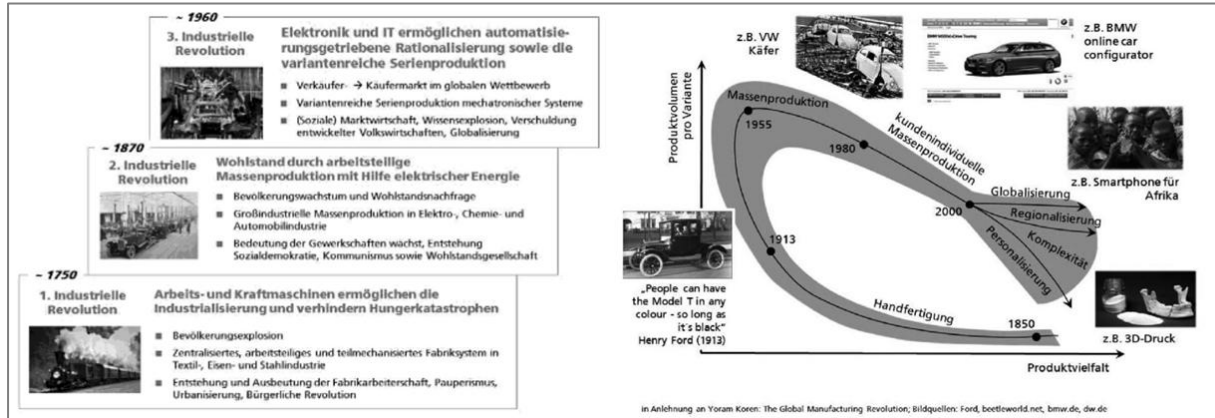


Abbildung 11: Entwicklungsstufen der industriellen Produktion (Bauernhansl, ten Hompel, & Vogel-Heuser, 2014, S. 13, 8)

Die handwerkliche Herstellung von Gütern basiert auf der Einzelfertigung. Dabei gilt (vgl. Westkämper, 2006, S. 7-9):

- Betriebsmittel werden für alle Prozesse eingesetzt
- Große Betriebsmittel sind stationär
- Die zu fertigenden Güter sowie die handwerklich tätigen Menschen sind mobil
- Der Arbeitsfluss ist unstrukturiert
- Die Arbeitsfluss orientiert sich an technisch bedingten Arbeitsvorgangfolgen

Das Werkstättenprinzip findet auch heute noch Anwendung und das neben dem Handwerksbereich auch überall dort, wo rasche und individuelle Formgebung benötigt werden. Dies kann vom Produktdesign über die Herstellung von Prototypen bis hin zur Fertigung von Spezialmaschinen reichen. (vgl. Westkämper, 2006, S. 7-9)

Als Beginn der industriellen Fertigung kann jene Zeit angenommen werden, in der die serielle Herstellung von Gütern nicht mehr durch handwerkliche Tätigkeiten geprägt war, sondern durch Maschinen ersetzt wurde. Diese Maschinen hatten auch die Eigenheit ihren Antrieb aus modernen Energiequellen zu beziehen, welche mechanischen Antrieb durch Umwandlung von thermischer Energie (zB. Dampfmaschine) oder mechanischer Energie (Wasser, Wind) erzeugten. Dies fand um ca. 1750 statt und wird heute als die **1. Industrielle Revolution** bezeichnet. Die Mechanisierung wurde fortlaufend durch Erfindungen in der Elektrotechnik und dem Einsatz sowie der Weiterentwicklung neuer Werkzeugmaschinen vorangetrieben, was

zu niedrigeren Kosten, bei gleichzeitig höherer Qualität der Produktion und schließlich der Produkte führte. Ein großer Meilenstein dabei war die Einführung des Fließprinzips durch Henry Ford am Anfang des 20. Jahrhunderts, welches einen erstmaligen Bruch mit dem bis dahin weit verbreiteten Werkstättenprinzips mit sich brachte. Diese maßgebliche Veränderung charakterisiert die **2. Industrielle Revolution**. In den Jahren nach 1960 spricht man von der **3. Industriellen Revolution**. Treibende Kraft dazu war einerseits die stets steigende Automatisierung von Produktionsprozessen aufgrund von Entwicklungen hinsichtlich Elektronik, IT sowie Kommunikationstechnologien. Dies ermöglichte variantenreiche Serienfertigungen und auch eine gewisse Rationalisierung stellte sich ein. In dieser Marktsituation befinden wir uns noch heute, Produktionen fertigen für den globalen Markt, Arbeitsteilung wird nach wie vor priorisiert und Individualität sowie Flexibilität sind nahezu überall der treibende Kaufgedanke. Der Drang nach solch hoher Flexibilität, gepaart mit einer hohen Nachfrage an Informationen in- und außerhalb einer Produktion stellt aber heute schon die ersten Weichen zu einer 4. industriellen Revolution. (vgl. Bauernhansl, ten Hompel, & Vogel-Heuser, 2014, S. 5ff)(vgl. Westkämper, 2006, S. 9-10)

Die erzielten Fortschritte in der industriellen Fertigung brachten mehrere Effekte mit sich, welche Auswirkungen auf unterschiedlichste Bereiche haben und grundsätzlich immer in der Wahl des Fertigungssystems berücksichtigt werden sollten.

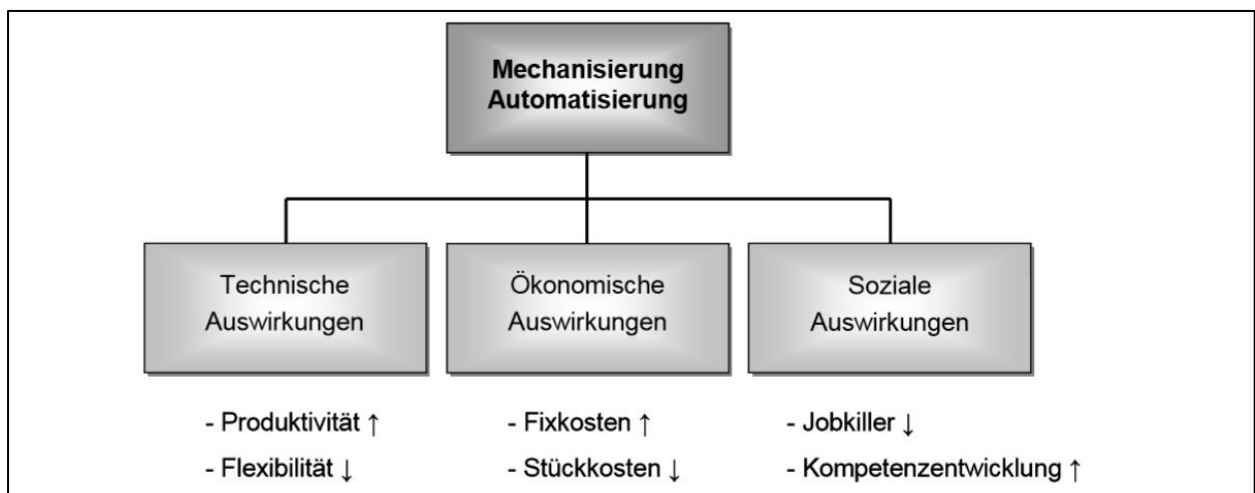


Abbildung 12: Auswirkungen erhöhter Mechanisierung und Automatisierung(Wohinz, 2003, S. 159)

Funktionsbereiche der heutigen Industrie

Auch wegen der in Kapitel 2.1 beschriebenen Entwicklungen der heutigen Industrie, haben sich in einem Industriebetrieb verschiedene Funktionsbereiche etabliert, nach denen ein solches Unternehmen gegliedert werden kann. Zentraler Bestandteil ist dabei weiterhin der Funktionsbereich der Produktion (vgl. Schneeweiß, 1999, S. 8-12).

Wurden jedoch bisher etwa die Beschaffung und der Absatz der Fertigprodukte als Hilfsfunktionen interpretiert, werden diese nun ebenfalls in Vordergrund gestellt um eine zuverlässige Versorgung eines globalen Marktes zu gewährleisten. (Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. V)

Unter Produktionswirtschaft versteht man die Planung und Durchführung sämtlicher Aktivitäten, die mit der Erstellung materieller Güter unmittelbar zusammenhängen (Schneeweiß, 1999, S. 8-9)

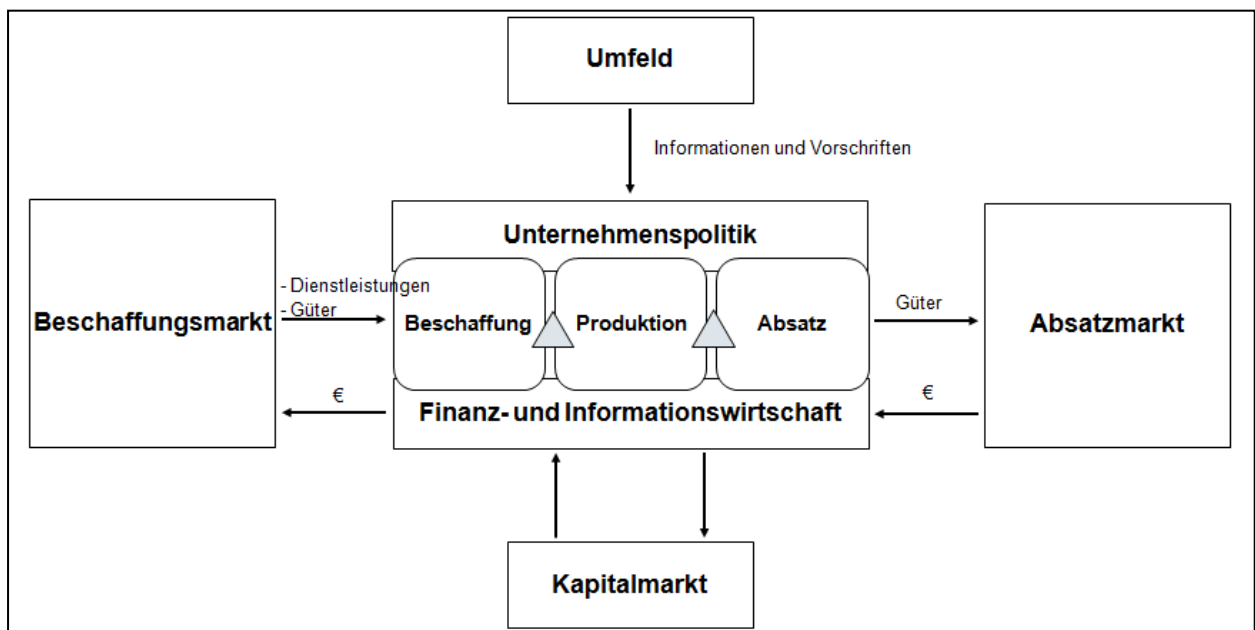


Abbildung 13: Funktionsbereiche eines modernen Industrieunternehmens (vgl. Schneeweiß, 1999, S. 7)

2.2 Fabrikplanung

Fabrikplanung ist der systematische, zielorientierte, in aufeinander aufbauende Phasen strukturierte und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführte Prozess zur Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion. Sie kann ebenso die später folgende Anpassung im laufenden Betrieb beinhalten. (VDI Richtlinie 5200) (Erlach, 2010, S. 285)

Steht man vor der Aufgabe einer Fabrikplanung, so sind die Bedingungen im betrachteten Umfeld nicht immer die Selben. Unterschiede in der Fabrikplanung entstehen durch die Gliederung der folgenden Kriterien (Grundig, 2014, S. 18):

- Aufgabencharakteristikum
- Aufgabentiefe
- Komplexität
- Lösungskonzepte- bzw. freiräume
- Inhalte der Planungsmethodik

Aus diesen Kriterien lassen sich die Aufgaben in der Fabrikplanung in fünf Gruppen einordnen(Grundig, 2014, S. 18ff):

1. Neubau einer Fabrik
2. Reengineering bestehender Fabriken
3. Ausbau einer Fabrik
4. Rückbau einer Fabrik
5. Revitalisierung eines Industriebetriebes

2.3 Re-Engineering

Der weitaus häufigste Fall der Fabrikplanung ist das „Re-Engineering“. Der Grund dafür liegt in der allgemeinen Wirkungslogik einer heutigen Fabrik, der ständigen Produktionsverbesserung (vgl.Erlach, 2010, S. 11).

Ist also eine Fabrik bereits geplant und hat die unter 2.4 zu durchlaufenden Phasen abgeschlossen, kann jederzeit, aufbauend auf einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess, ein Re-Engineering stattfinden, wonach zumindest Teilschritte aus 2.4 wieder neu durchlaufen werden.

Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess

Kontinuierliche Verbesserungen ziehen, unterstützt durch eine passende Arbeitsorganisation, das mehr oder weniger schnell rotierende Rad des Wertstroms den Hang der Produktionsqualität nach oben (Erlach, 2010, S. 11)

Wie in Abbildung 14 visualisiert, stellt jegliche Art der Verschwendung ein Hindernis für die Produktionsverbesserung dar, während Standardisierung die Absicherung für die Aufrechterhaltung des erreichten Produktionsniveaus gewährleistet (Erlach, 2010, S. 12).

Die Intervalle für Optimierung können dabei durchaus gewollt kurz in einer rollierenden Fabrikplanung enden. Charakteristisch dafür sind Optimierungs- sowie Modernisierungsmaßnahmen für eine adäquate Befriedigung von Kundenanforderungen und eine gute Planbarkeit hinsichtlich Produktionsprogramm und Terminisierung (Grundig, 2014, S. 18-19).

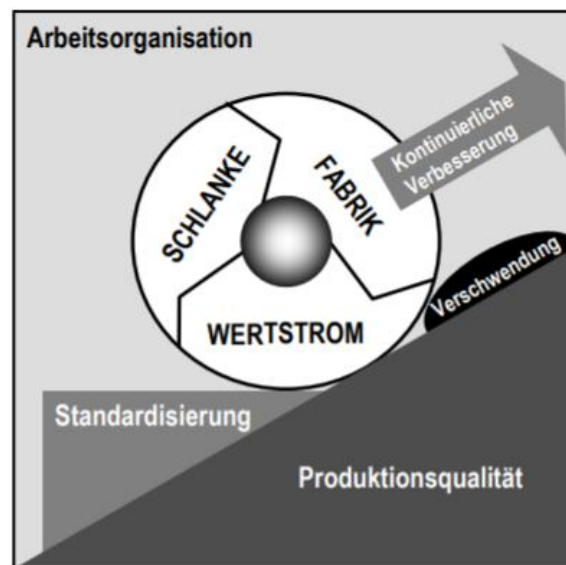


Abbildung 14: Arbeitsorganisation einer schlanken Fabrik (Erlach, 2010, S. 12)

Das Ziel ist ein umfassendes Analysieren und Hinterfragen von aktuell als üblich geltenden Strukturen und Abläufen mit Methode, um Produktionsabläufe zielführend entwickeln und optimieren zu können. (vgl. Erlach, 2010, S. 1)

Ziel des Re-Engineerings ist dabei das gleichzeitige Erreichen der folgenden Punkte(vgl.Osterloh & Frost, 2013, S. 17):

- Totally Quality Management
- Gemeinkostenwertanalyse
- Time based competitions
- Zero base Budgeting
- Lean Production

Getrieben wird der Ansatz des Re-Engineerings markt- bzw. kundenseitig durch Globalisierung sowie Diversifikation von Kundengruppierungen, Liberalisierung des Wettbewerbs und der fluktuierenden Kundenpräferenzen. Dies resultiert in der internen Ausrichtung zur Vorgabe der Kosten- und Durchlaufzeitsenkung bei gleichzeitiger Erhöhung der Qualität und Serviceleistung. (vgl.Osterloh & Frost, 2013, S. 17)

Das Resultat des ständigen Re-Engineerings ist die sogenannte schlanke Fabrik. Um diese zu erreichen müssen aber immer wieder Kompromisse eingegangen werden, da gewünschte Idealfälle nicht erreicht werden können, beispielsweise durch Restriktionen (Sicherheitsbestände, ...). (vgl.Erlach, 2010, S. 281)

2.4 Phasen der Fabrikplanung

Die Fabrikplanung teilt sich unabhängig von der jeweiligen Basis der Planung (siehe Kapitel 2.2) in mehrere Phasen auf. Diese Phasen wurden durch die VDI 5200 definiert, um die Begriffsvielfalt, welche die im Verlauf der Jahre entstandenen Begriffe vereinheitlicht(vgl.Erlach, 2010, S. 285).

Nimmt man dazu, wie beispielsweise im Praxisbericht dieser Arbeit, als Basis das Re-Engineering mit der Option zur rollierenden Fabrikplanung, ergänzt der kontinuierliche Verbesserungsprozess die definierten Phasen.



Abbildung 15: Phasen der rollierenden Fabrikplanung (vgl. Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 429)

2.5 Zielfestlegung und Grunddatenermittlung

Die Zielfestlegung ist das Resultat aus einem Beschluss, beispielsweise aus einer strategischen Voranalyse, hervorgerufen durch eine Veränderung der Marktsituation, oder Technologieänderung. Gleichzeitig ist es der Startschuss für eine Fabrikplanung. Inhaltliche Zielvorstellungen sowie eine zeitliche Ziellinie sind definiert. (vgl. Erlach, 2010, S. 286) (vgl. Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 428)

Die Grunddatenermittlung beinhaltet die Erfassung bereits vorhandener IST-Daten oder geplanter SOLL-Daten hinsichtlich des Objektes (Betriebsmittel, Personal, Flächen, ...) sowie des Prozesses (Ablauforganisation, Logistik). Ziel der Grunddatenermittlung soll eine Aussage zu den notwendigen Handlungsfeldern, ein Beschaffungs- sowie Distributionsmodell, dazu eine Liste der Betriebsmittel inklusive Raumattributen und ein grober Projektterminplan sein. (vgl. Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 429ff)

Um eine Fabrik oder Produktion darzustellen wird oftmals ein Fabriklayout herangezogen. Die Inhalte welche dort maßgeblich aufscheinen, beispielsweise die räumliche Einrichtung von Maschinen und deren Umfang, sind nur ein Teil einer Produktion, um umfangreichere Rückschlüsse über die Abläufe und Güte einer Produktion ziehen zu können, bedarf es der in diesem Abschnitt folgend dargestellten Methoden. (Erlach, 2010, S. 7ff)

2.5.1 Die Wertstrombetrachtung

Eine umfangreiche Möglichkeit zur Erfassung von Produktionsabläufen ist die Wertstrombetrachtung. Das Ziel der Wertstrombetrachtung ist es, einen Überblick über eine Produktion durch die Betrachtung der Wertschöpfung zu geben. Dabei liegt ein Hauptaugenmerk bei einer zweckmäßigen Ausrichtung für Kundenorientiertheit und Effizienz(vgl.Erlach, 2010, S. 4).

Sie kombiniert die Datenerfassung des Material (3)- sowie Informationsflusses (4) mit dem Kunden (5) einerseits und dem Lieferanten (6) andererseits. Die Wertstrombetrachtung ermöglicht des Weiteren eine Schnittstellendarstellung zwischen Produktionsprozessen (1) und Geschäftsprozessen (2). Alles zusammen wird mit einem Vorgangskettendiagramm (siehe Abbildung 16) visualisiert. Ein jeder Vorgang eines Produktionsprozesses ist dabei die Bündelung von Ressourcen ähnlicher Funktionen. Mit dieser Darstellung nicht (einfach) visualisierbar ist die räumliche Anordnung der Betriebsmittel(vgl.Erlach, 2010, S. 8).

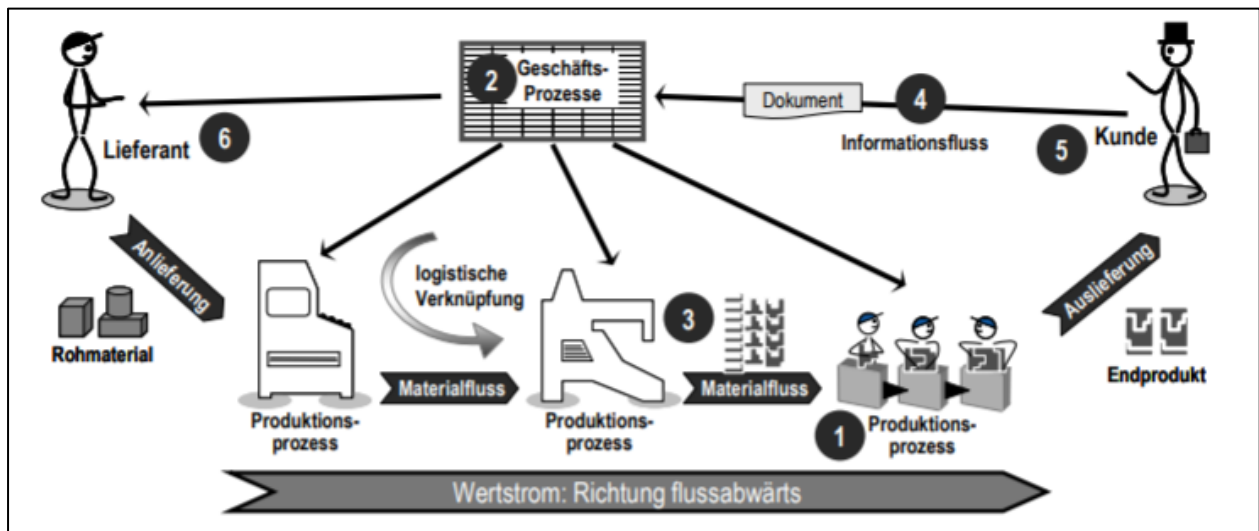


Abbildung 16: Prinzip - Wertstromdarstellung(Erlach, 2010, S. 33)

Die Vorgehensweise bei der Durchführung einer Wertstromanalyse erfolgt in vier Schritten(vgl.Erlach, 2010, S. 36):

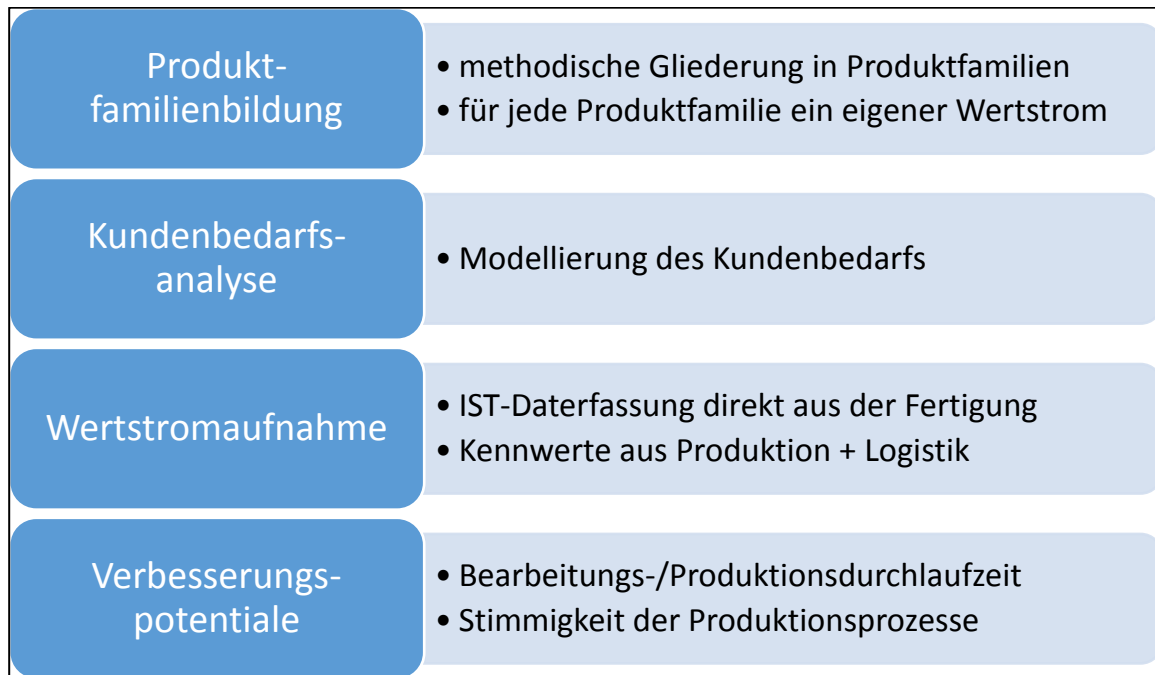


Abbildung 17: Vorgehensweise der Wertstromanalyse (vgl.Erlach, 2010, S. 36)

Die Wertstrombetrachtung kann dabei einen Sollzustand bei der Neugestaltung einer Fabrik darstellen, oder auch einen IST-Zustand einer bereits bestehenden Produktion, welcher dadurch analysiert und gegebenenfalls optimiert werden kann. Die Fertigungskette kann sich dabei vom Lieferanten bis zum Kunden erstrecken, oder auch, je nach Bedarf, nur Teilbereiche dieser Strecke darstellen. Die Wertstrombetrachtung zielt vor allem darauf ab, Potentiale bzw. Bereiche der Verschwendung aufzuzeigen. Eine Wertstrombetrachtung kann die folgenden Informationen enthalten (vgl.Martin, 2011, S. 36):

- Anzahl der Ladeeinheiten/Fertigungslose
- Zeitliche Dauer der Fertigung
- Zeitliche Dauer der logistischen Aktivitäten
- Länge der Transportwege
- Stehzeiten
- Lagerbestände in Pufferlagern
- Transportmittel

Üblicherweise beginnt man mit der Aufnahme der Daten bei der Schnittstelle zum Kunden, für Produktionsprozesse in den meisten Fällen also mit dem Versand und verfolgt den Wertstrom bis zum Wareneingang zurück. Nach der Aufnahme der Produktionsprozesse erfolgt die Datenerhebung der Geschäftsprozesse, welche auch bei der Kundenschnittstelle starten, meist bei der Kundenauftragsannahme. Danach verfolgt man den Informationsfluss über alle Arbeitsplätze, welche Daten für die Produktion zur Verfügung stellen. Für die Aufnahme des Wertstromes in einer Produktion haben sich vier Leitfragen etabliert, welche dazu dienen, die jeweiligen Produktionsprozesse und Geschäftsprozesse möglichst realitätsnah zu erfassen(vgl.Erlach, 2010, S. 54ff):

- **Welches sind Ihre Tätigkeiten und Aufgaben?**
- **Woher wissen Sie, was Sie zu tun haben?**
- **Wie groß ist Ihr Bestand/Arbeitsvorrat?**
- **Woher erhalten Sie Ihre Arbeitsaufträge bzw. Ihr Material?**

Die letzte Frage nach Material/Arbeitsaufträgen führt unweigerlich zum vorherigen Prozessschritt und somit bis an den Beginn der Prozesskette(vgl.Erlach, 2010, S. 56).

Produktionsprozesse

Die Produktionsfolge kann dargestellt werden durch eine Aneinanderreihung von Produktionsprozessen. Einem Produktionsprozess werden als Grundparameter die Mitarbeiter pro Schicht, sowie die Anzahl der verfügbaren Ressourcen zu Grunde gelegt.(vgl.Erlach, 2010, S. 58)

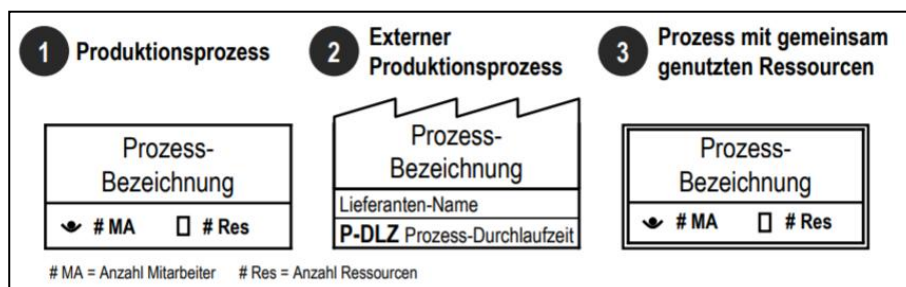


Abbildung 18: Symbole der Produktionsprozesse in der Wertstrombetrachtung(Erlach, 2010, S. 58)

Materialfluss

Der Materialfluss stellt die komplette logistische Verknüpfung zwischen den Betriebsmitteln und Produktionsprozessen in einer Fertigung dar. Dabei muss zwischen zwei Produktionsprozessen immer eine Materialflussverbindung vorhanden sein. Durch externe Symbole werden auch Lieferanten und Kundenmaterialflüsse erfasst und visualisiert (etwa Lieferfrequenz und Wiederbeschaffungszeit). Es werden auch Lager- oder Pufferbestände berücksichtigt und alles anhand von Symbolen gemäß Abbildung 19 dargestellt (vgl. Erlach, 2010, S. 87).

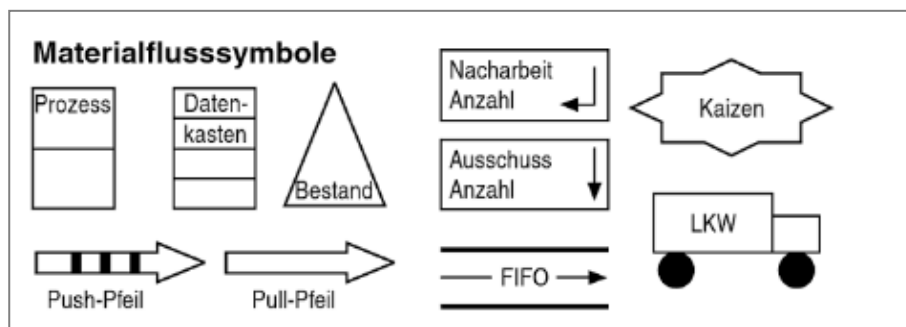


Abbildung 19: Symbole Materialfluss der Wertstrombetrachtung (Martin, 2011, S. 36)

Informationsfluss

Entsprechend in Abbildung 20 dargestellter Symbolik, können Daten- und Informationsaustausch zwischen Kunden, Lieferanten, Geschäfts- sowie Produktionsprozessen dargestellt werden. Eine Wertstromanalyse umfasst somit alle, im Rahmen einer Auftragsabwicklung integrierten Dokumente (vgl. Erlach, 2010, S. 99).

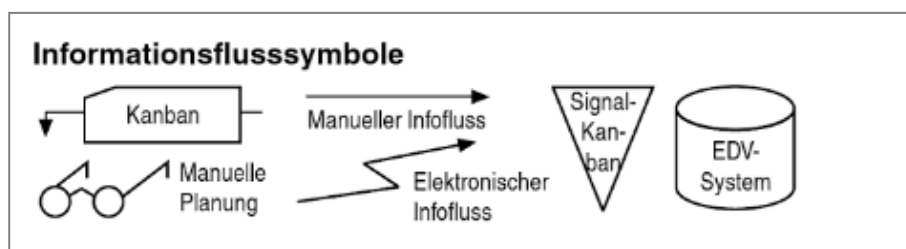


Abbildung 20: Symbole Informationsfluss in der Wertstrombetrachtung (Martin, 2011, S. 36)

Die Wertstrombetrachtung kann nun anhand vorhandener Daten einen IST-Zustand, wie beispielsweise Abbildung 21 dargestellt, visualisieren.

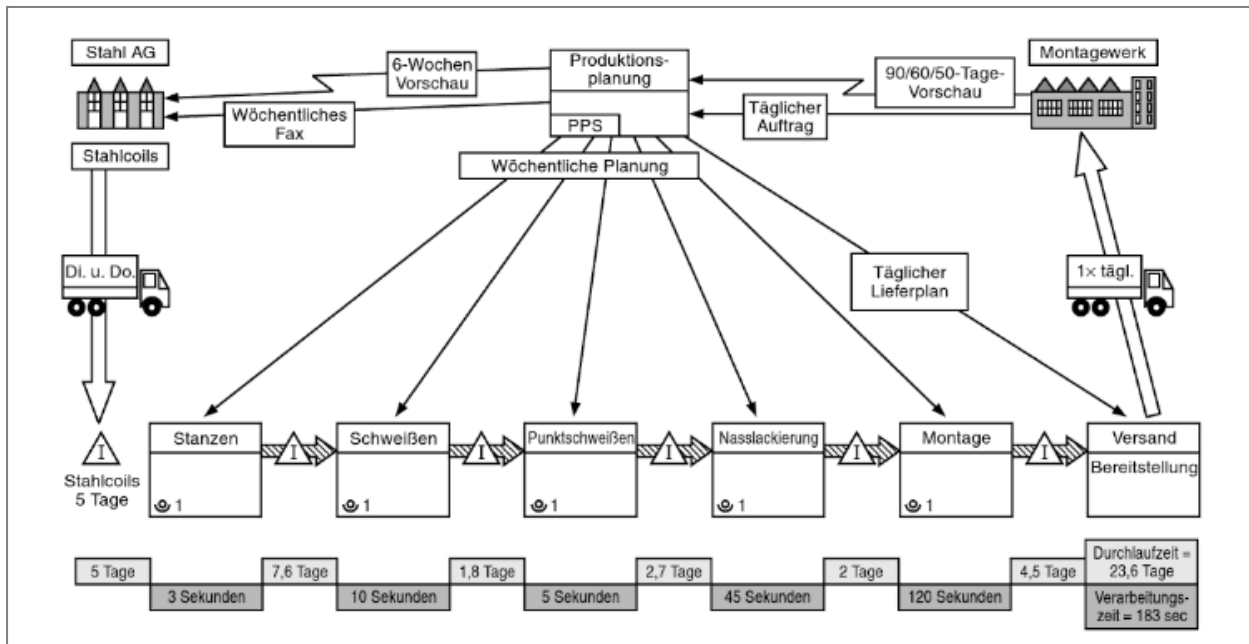


Abbildung 21: Beispiel Wertstrombetrachtung IST-Zustand (current state) (Martin, 2011, S. 37)

Analyse des Wertstromes

Um das erhaltene Ergebnis für eine etwaige Anpassung des Wertstromes nutzen zu können, wird nun der Wertstrom auf folgend mögliche Arten der Verschwendung analysiert(vgl.Erlach, 2010, S. 119ff):

- Überproduktion
- Lagerhaltung
- Transport
- Blindleistung/Scheinleistung
- Fehlleistung
- Ergonomie
- Schlecht ausgelegte Betriebsmittel
- Wartezeit
- Auftragsabwicklung

Diese Darstellung dient nun als Basis einer Analyse hinsichtlich möglicher Potentiale. Dadurch können Durchlaufzeiten minimiert werden, da Wartezeiten, Fertigungsfehler, unnötige Wege oder Prozesse leichter ersichtlich sind. Genauso können hohe Lagerbestände reduziert werden, da auch diese veranschaulicht werden. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen können nun Konzepte erarbeitet werden, welche die betrachtete Fertigungskette sowohl effektiver als auch effizienter machen werden. (vgl.Martin, 2011, S. 36-40)

Die Wertstrombetrachtung kann beispielsweise die folgenden Kennzahlen positiv beeinflussen (vgl.Martin, 2011, S. 36-40):

- Materialflusskosten/Auftragsdurchlaufzeit
- Lagerkosten/Lagernutzfläche
- Anzahl der Lagereingänge/Zeiteinheit
- Nutzungsgrade von Fläche/Raum/Höhe
- Auslastungsgrad von Anlagen
- Durchlaufzeiten von Materialien
- Gebundenes Kapital im Materialfluss

2.5.2 Die XYZ- Analyse

Um Material in der Beschaffung anhand seiner Verbrauchskultur zu klassifizieren, ist die XYZ Analyse eine durchaus gängige Methode. Das Ergebnis dieser Analyse dient als Grundlage für eine Lagerhaltungs- und Beschaffungsstrategie. Diese Methode ist heutzutage ebenfalls unter der Abkürzung RSU- Analyse bekannt. Dabei stehen die Buchstaben in der Bezeichnung „RSU“, für R...Regelmäßig, S...saisonal, sowie U...unregelmäßig. Dies zielt auf das Verbrauchsverhalten von Material ab, was somit in drei Klassen gegliedert werden soll (vgl.Wanewetsch, 2014, S. 43).

| Material | Verbrauch | Vorhersagegenauigkeit |
|---------------------|--------------|-----------------------|
| X/R-Material | regelmäßig | hoch |
| Y/S-Material | schwankend | mittel |
| Z/U-Material | unregelmäßig | niedrig |

Abbildung 22: Prinzip XYZ/RSU-Analyse(vgl.Wanewetsch, 2014, S. 43)

Soll auf Basis der XYZ-Analyse eine Beschaffungsstrategie abgeleitet werden, so wäre dabei die in Abbildung 23 dargestellte Zuordnung empfehlenswert.

| Material | Beschaffungsstrategie |
|--------------|--|
| X/R-Material | Just-In-Time |
| Y/S-Material | Programmorientiert auf Vorrat beschaffen |
| Z/U-Material | Bestellung erst im Bedarfsfall |

Abbildung 23: Beschaffungsstrategie basierend auf XYZ-Analyse (vgl. Wanewetsch, 2014, S. 43)

2.5.3 Die Mikroprozessdarstellung

Um Prozesse und Verantwortlichkeiten klar darstellen zu können, kann auf Mikroprozessebene auf mehrere Methoden aus der Literatur zurückgegriffen werden. Folgend ist der in dieser Arbeit verwendete Folgeplan in Kombination, einerseits mit der DEMI-Struktur, sowie andererseits mit sogenannten Swimlanes erläutert.

Folgeplandarstellung

Der Folgeplan bietet die Möglichkeit, logische Beziehungen von Abläufen sehr einfach und intuitiv in ihrer Grundform darzustellen. Was zur Folge hat, dass die Notation eines Folgeplanes schnell erlern- sowie mit handelsüblichen Tools (MS Office) anwendbar ist. Ein weiterer Vorteil ist die leichte Verknüpfung und Ergänzung mit weiteren Elementen/Informationen. Als Resultat erhält man schließlich eine gut überschaubare Darstellung von Prozessen, welche schnell vermittelt werden kann. (vgl. Liebetruh, 2016, S. 33)

Zur Darstellung von Abläufen und Prozessen werden typische Symbole, für beispielsweise Aufgaben, Entscheidungen oder Dokumentationsmethoden, sowie für verschiedene Folgebeziehungen definiert und grafisch dargestellt (vgl. Kneubühl, 2012, S. 42).

Folgebeziehungen werden im Allgemeinen über die sechs Grundformen der Prozessorganisation beschrieben, wobei vorab zwischen unverzweigten und verzweigten Folgebeziehungen unterschieden werden kann. Unverzweigte Folgebeziehungen entsprechen dabei einer Kette von Tätigkeiten/Aufgaben, wo sich eine Aufgabe einer anderen immer direkt anreihet. Verzweigte Folgebeziehungen sind variabler aufgebaut und in Abbildung 24 zusammen mit der unverzweigten Aneinanderreihung ausgeführt. (Kneubühl, 2012, S. 42)

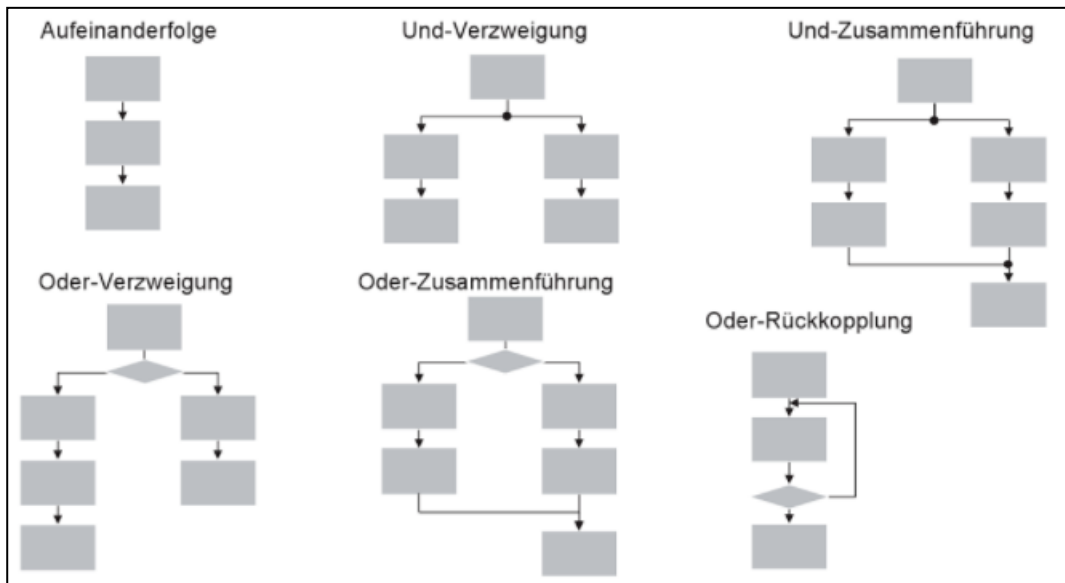


Abbildung 24: Die sechs Grundformen der Prozessorganisation (vgl.Liebetruh, 2016, S. 33)

Die Symbole für welche Folgebeziehungen definiert wurden, sind in Abbildung 25 in einer möglichen Ausführung dargestellt. Da die einzelnen Symbole jedoch sehr flexibel wähl- und interpretierbar sind, können diese bei unterschiedlicher Auslegung zu Missverständnissen führen.(vgl.Liebetruh, 2016, S. 33)

| | | | |
|--|---|--|--|
| | Ablaufelement , beispielsweise eine Aktivität; Arbeitsplatz oder Arbeitssystem sein | | Arena , Beginn und Ende eines Untersuchungs- bereiches |
| | Verzweigung , stellt Entscheidungs- möglichkeiten dar. | | Papier , Physische Datenbank |
| | Flusslinie , sie zeigt Verbindungen zwischen einzelnen Ablaufelementen pder Entscheidungen | | Datei , Digitale Datenbank |

Abbildung 25: Eigene Darstellung der Symbolik eines Folgeplans; in Anlehnung an (vgl.Kneubühl, 2012, S. 43)

DEMI – Modell

Das DEMI (auch RACI)-Modell beschreibt Verantwortlichkeiten zu einzelnen Abläufen und teilt diesen Rollen zu. Aus dieser Verteilung der Verantwortlichkeiten leitet sich auch der für diese Methode bekannte Begriff DEMI ab (vgl.Liebetruth, 2016, S. 32) (vgl.Bayer & Kühn, 2013, S. 82):

- **D**urchführungsverantwortung (Durchführen)
- **E**rgebnisverantwortung (Entscheiden)
- **M**itwirkung (Mitarbeiten)
- **I**nformationspflicht (Informieren)

Für jeden einzelnen Teilschritt einer Prozessfolge können zudem die erforderlichen Inputs und Outputs gemäß Folgeplansymbolik (Abbildung 25) angegeben werden.

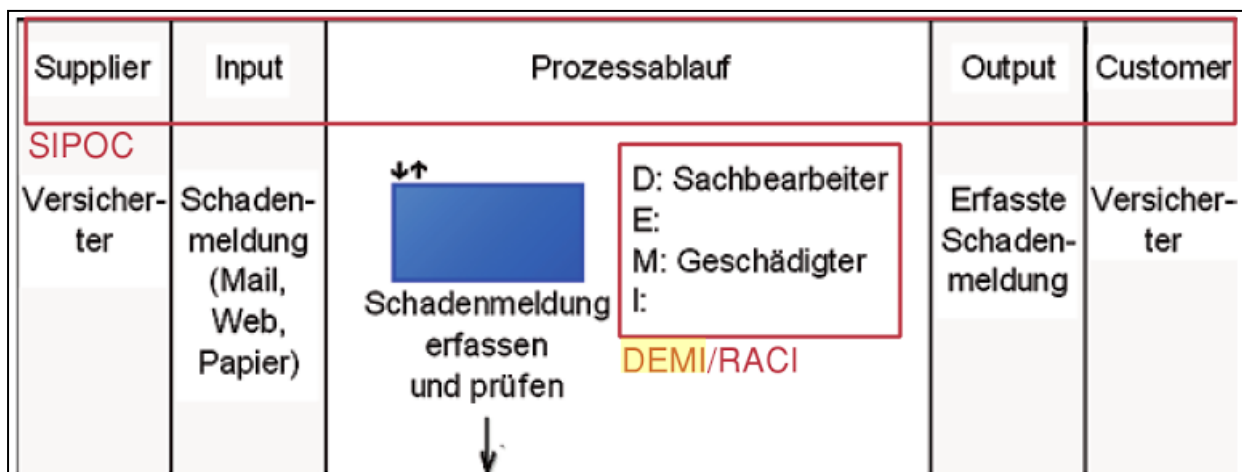


Abbildung 26: Prozessmodellierung DEMI eines Teilschrittes inklusive Inputs/Outputs (Bayer & Kühn, 2013, S. 83)

Verknüpft man nun die einzelnen Teilschritte mittels eines Folgeplanes kann ein Mikroprozess anschaulich dargestellt und analysiert werden. (vgl.Bayer & Kühn, 2013, S. 82)

Beispielhaft kann nun ein DEMI-Prozess verknüpft mit einem Folgeplan wie in Abbildung 56 dargestellt werden.

Swimlane – Diagramm

Das Swimlane – Diagramm ist eine Methode der Prozessmodellierung und wurde 2004 von Herrn Dr. Hartmut Binner unter dem Namen Organisationsprozessdarstellung erschaffen. Das Grundprinzip besteht darin, unterschiedliche Verantwortungsbereiche in sogenannte „Schwimmbahnen“ (in Englisch „swimlanes“) zu unterteilen und die einzelnen Prozessabschnitte einer Prozesskette zwischen diesen Bahnen wandern zu lassen und so jedem Prozessabschnitt seinen Verantwortungsbereich zuzuordnen. Je nach Bedarf und Zweck kann dabei alles von einem groben Prozessablauf bis hin zu einem detaillierten Work-Flow Modell dargestellt werden. Eine mögliche Notation ist der bereits beschriebene Folgeplan, welcher verknüpft mit dem Prinzip der Schwimmbahnen in Abbildung 27 dargestellt ist (vgl. Gadatsch, 2012, S. 76ff)(vgl. Liebetruth, 2016, S. 34).

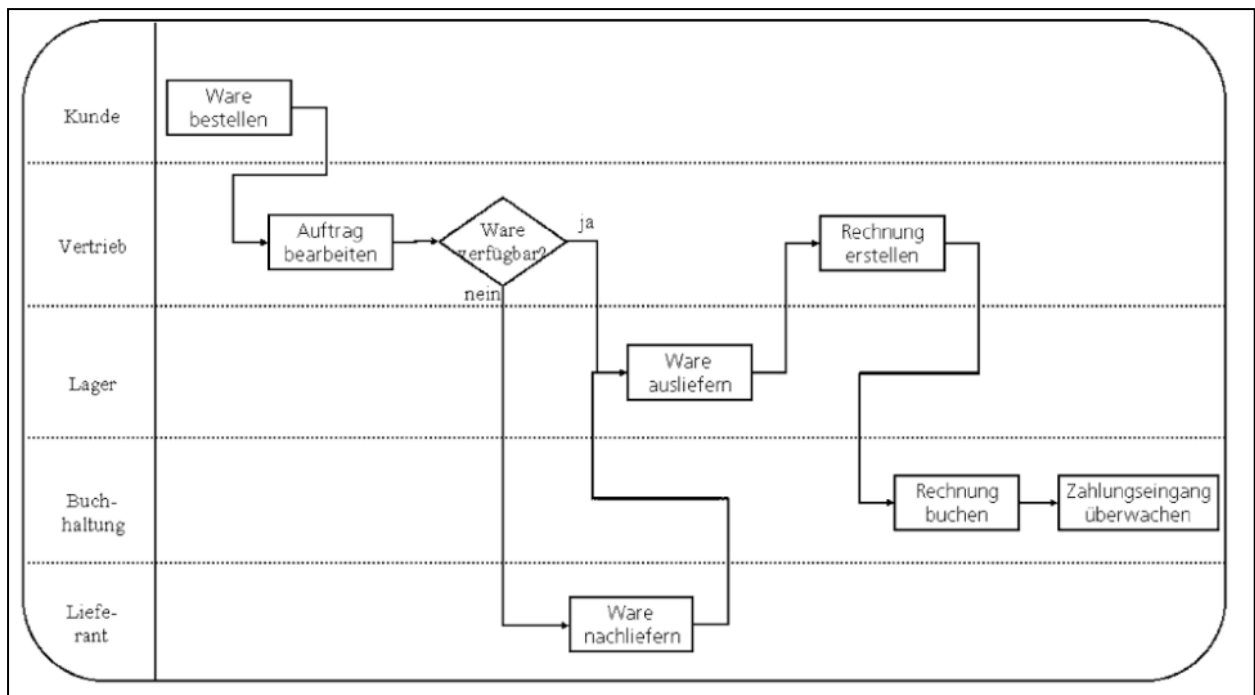


Abbildung 27: Beispiel Folgeplan in Kombination mit Schwimmbahnen (Gadatsch, 2012, S. 78)

2.6 Konzeptplanung

Aufbauend auf eine Grunddatenermittlung und -analyse, erfolgt die Ausarbeitung von umsetzbaren Konzepten mit Hilfe von bewährten Methoden und Kennzahlen. Ziel soll dabei die Produktionsoptimierung hin zur schlanken Fabrik sein. Es soll eine transparente Fabrik mit schneller Erfüllung der Kundenwünsche umgesetzt werden. Das wird erreicht durch(vgl.Erlach, 2010, S. 261):

- Klar formulierte Gestaltungsrichtlinien
- Standardisierte Produktionsabläufe
- Reduktion der Verschwendung
- Materialflussorientierte Produktionsgestaltung
- klare Informationsflüsse
- Bestandsreduzierten Materialfluss

Diese Punkte können in drei Gruppen eingeteilt werden(vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 430):

1. Strukturentwicklung

Sie beschreibt die Beziehungen zwischen den Bereichen der Logistik, Fertigung und Montage, es wird ein Produktionskonzept erstellt.

2. Strukturdimensionierung

Sie beinhaltet eine Festlegung der Produktionsmittel, -flächen, sowie Mitarbeiter in Kooperation mit der Objektplanung. Dazu wird eine Kostenschätzung nach DIN 276 durchgeführt.

3. Groblayoutplanung

Eine räumliche Anordnung von der Einrichtungen und Betriebsmittel in einfacher Form (meist Blöcke,..) unter Berücksichtigung von bestimmter Anordnungskriterien.

In der Fabrikplanung ist die optimale Gestaltung von Produktionsabläufen von größter Bedeutung. Getrieben durch sich ständig ändernde Kundenwünsche, sowie den fortschreitenden Möglichkeiten bei der Lösung technischer Herausforderungen, steht die Gestaltung von Produktionsabläufen auch vor der ständigen Herausforderung, den teils entgegenstehenden Teilzielen der Produktion und dem gegebenen Einschränkungen einer Fabrik gerecht zu werden.(vgl.Erlach, 2010, S. 1)

2.6.1 Anforderungen an eine Produktion

Die Anforderungen, welche heute an eine Produktion gestellt werden richten sich nahezu immer nach dem Kunden, wobei eine rasche Verfügbarkeit funktional überlegener Produkte oder Dienstleistungen bei gleichzeitiger langfristiger Kundenzufriedenheit als Ziel definiert ist. Diese Anforderungen lassen sich nun in einer Produktion wie in Abbildung 28 ersichtlich, rational wie auch emotional und jeweils nach innen wie außen hin, entsprechend entwickeln.(vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 45)

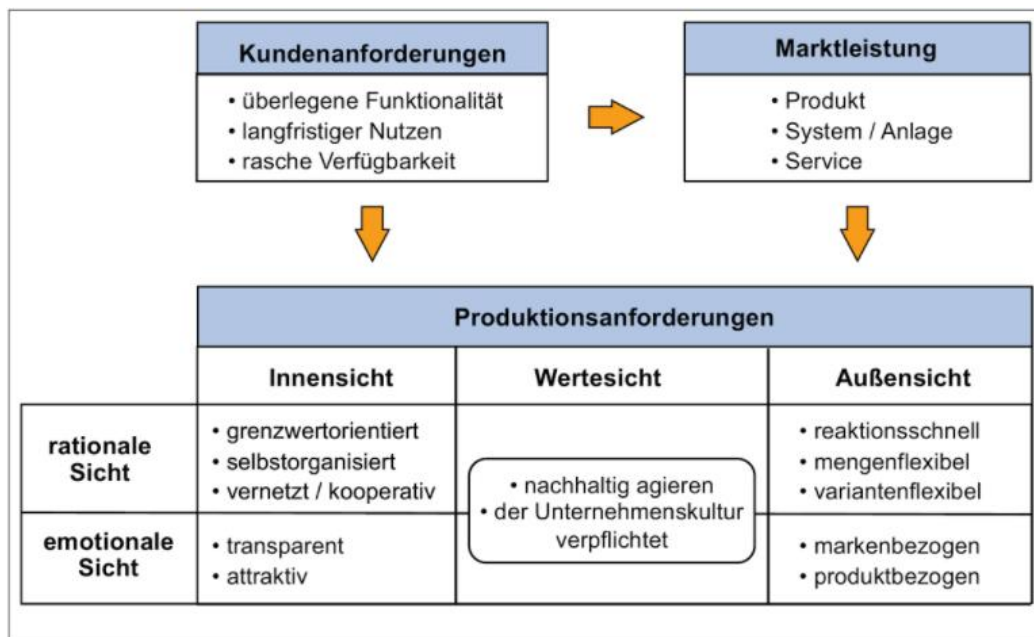


Abbildung 28: Anforderungen an eine Produktion(Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 45)

2.6.2 Strukturen einer Produktion

Um Konzepte, beispielsweise für ein Groblayout einer Fertigung, gestalten zu können, gibt dieses Kapitel einen Überblick darüber, wie eine Produktion in der Kreislaufwirtschaft gegliedert ist und welche Unterscheidungen in den Strukturen einer Fertigung getroffen werden können.

Kreislaufwirtschaft

Ein Resultat des ständigen Re-Engineerings und der Industrialisierung ist heute in der Vielfalt verschiedener Strukturen von Produktionssystemen ersichtlich, welche sich je nach Anforderungsprofil an das zu fertigende Produkt angepasst haben, um so dem Käufermarkt entsprechen zu können. Abbildung 29 stellt dabei die grundsätzliche Komplexität der, vor allem in der Instandhaltung notwendig gewordenen, Strukturen hinsichtlich Informationsfluss und Materialfluss dar.

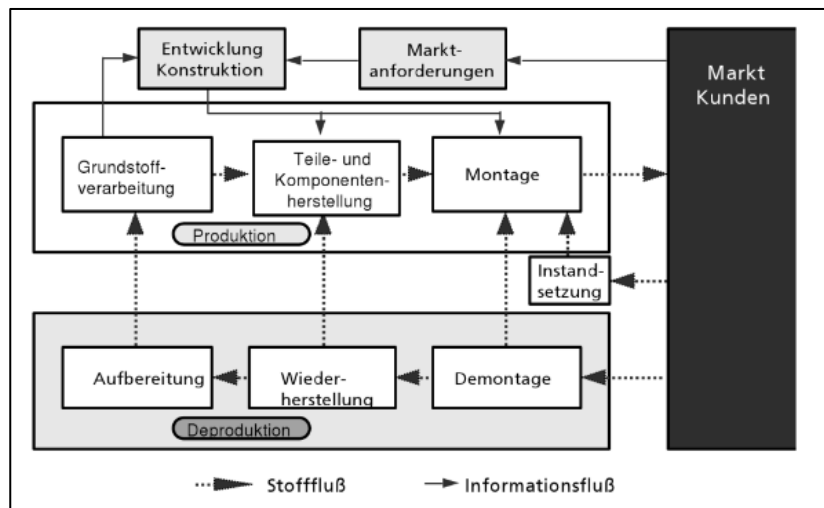


Abbildung 29: Produktion und De-Produktion in der Kreislaufwirtschaft (Westkämper, 2006, S. 26)

Basierend auf diesem Kreislauf können nun abhängig von verschiedenen Faktoren individuelle Produktionssysteme geschaffen werden. Vier wichtige Faktoren seien hervorgehoben und werden in den kommenden Seiten erläutert (vgl. Schneeweiß, 1999, S. 9):

- Die Produktionsrepetition
- Die Organisation und Anordnung einer Fertigung
- Die Input/Output-Struktur einer Fertigung
- Die Auftragsstrategie

Art der Produktionsrepetition

Das Repetitionsverhalten spiegelt die wiederkehrende Anzahl an Tätigkeiten in einer Fertigung wieder. Je nachdem, ob ein Produkt als Sonderanfertigung kein zweites Mal in gleicher Art und Weise gefertigt werden wird, oder ob ein und dasselbe Produkt fortlaufend nach selben Prinzip hergestellt werden soll, ist das Produktionssystem anders zu gestalten. (vgl. Schneeweiß, 1999, S. 9ff)

Einzelfertigung

Einzelfertigung bedeutet, dass ein jedes Produkt einmal gefertigt wird und sich die Fertigung danach einem neuen Produkt widmet und kein direkter Zusammenhang in der Vorgehensweise beim Fertigen der verschiedenen Produkte besteht. Die Einzelfertigung ist in jeder industriellen Branche zu finden. Vom Sondermaschinenbau

über die Bekleidungsindustrie, überall wo Produkte für einen speziellen Fall „maßgefertigt“ werden. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 9)

Beispiel:

Herstellung eines individuellen Fotobuches in einer Druckerei

Serienfertigung

In der Serienfertigung werden für einen festgelegten Zeitraum bzw. einer festgelegten Stückzahl Produkte nach gleichem Schema gefertigt. Die in einer Serie oder auch Charge gefertigten Produkte unterscheiden sich, wenn überhaupt, nur geringfügig. Je nachdem wie groß die zu fertigenden Stückzahlen sind, kann dieser Repetitionstyp der Einzelfertigung nahekomen oder auch der folgend beschriebenen Massenfertigung ähneln. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 9ff)

Beispiel:

Herstellung einer Auflage eines Buches in einer Druckerei

Massenfertigung

Die Massenfertigung beschreibt schließlich die kontinuierliche Fertigung eines identen Produktes. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 10)

Charakteristisch dafür sind(vgl.Gronau & Lindemann, 2010, S. 219):

- Kurze Wege, Transportkosten
- meist Baugruppensysteme
- hoher Standardisierungsgrad
- hohe Effektivität und Effizienz durch kontinuierlichen Verbesserungsprozess möglich
- niedrige Produktionskosten
- geringe Flexibilität
- Hohe Störanfälligkeit

Beispiel:

Kontinuierliche Herstellung von Collegeblöcken in einer Druckerei

Organisation und Anordnung einer Fertigung

Die Anordnung der Fertigung beschreibt grundsätzlich die Beziehung zwischen Betriebsmittel und dem zu fertigenden Produkt. Je nachdem ob sich die Betriebsmittel zum Produkt oder das Produkt zu den Betriebsmitteln bewegt, unterscheidet man mehrere Formen. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 10)

Organisation nach Baustellenprinzip

Das Baustellenprinzip kennzeichnet sich dadurch, dass wie bei einer Baustelle, beispielsweise im Straßenverkehr, die Betriebsmittel sich zur Baustelle, nämlich zu dem zu fertigenden Produkt zu bewegen und das Produkt für sich am selben Ort verbleibt. Eine weiterentwickelte Form davon ist die Boxenanordnung, wo Betriebsmittel in Blöcken vorhanden sind und eine bestimmte Anzahl von Boxen nacheinander bedienen können. Die Baustellenanordnung findet meist dann Anwendung, wenn das zu fertigende Produkt eine gewisse Größe oder Komplexität (auch hinsichtlich Umfeld-Bedingungen) erreicht, bei welchen sich die Bewegung des Produktes hin zu den Betriebsmitteln nicht mehr ohne weiteres umsetzen lässt. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 10)

Beispiel:

Schiffsbau, Fahrwerksmontage im Schienenfahrzeugbau

Organisation nach Werkstättenprinzip (Job-Shop Prinzip)

Das Werkstättenprinzip oder auch Verrichtungsprinzip, beschreibt eine Organisationsform einer Fertigung, in welcher eine bestimmte Art von Betriebsmitteln, in Werkstätten zusammengefasst werden. Dabei durchlaufen die zu fertigenden Produkte jene Werkstätten, in welchen sie einen Fertigungsanteil besitzen. Die vorhandenen Betriebsmittel sind somit nicht für ein bestimmtes Produkt bereitgestellt, sondern können für eine beliebige Anzahl verschiedener Produkte herangezogen werden. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 10ff)

Beispiel:

Mechanische Bearbeitung (Fräs-, Dreh, Bohrmaschinen), Lackiererei, Prüflabor, ...

Organisation nach dem Prozessfolgeprinzip

Organisiert man eine Fertigung nach dem Prozessfolgeprinzip, wird die Folge an Prozessschritten für ein oder mehrere Produkte in den Vordergrund gestellt. Dabei werden Betriebsmittel so miteinander kombiniert und aneinander gereiht, dass die gewünschten Produkte entsprechend gefertigt werden können. Das typischste Beispiel für das Prozessfolgeprinzip ist das Fließbandprinzip. Beim Fließbandprinzip wird ein zu fertigendes Produkt über verschiedene Stationen und Betriebsmittel solange weiterbearbeitet bis schlussendlich das fertige Produkt am Ende des Fertigungsbandes ankommt. Fließbänder sind zumeist für einen einzigen Produkttyp angelegt, es gibt jedoch auch die Möglichkeit mehrere Produkte über das Prozessfolgeprinzip zu fertigen. Werden dabei über ein Fließband mehrere Produkttypen gefertigt, dann spricht man von einer Variantenfertigung. Wird das Fertigungsband zusätzlich in Gruppen unterteilt, damit verschiedene Varianten von Fertigungsbandern realisiert werden können, spricht man von Flow-Shop Fertigung. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 9)

Vor allen Anderen ist die Organisation der Fertigung oftmals eine Mischform aus Prozessfolgeprinzip und Werkstättenprinzip. Resultierend aus dieser Vermischung sind beispielsweise Fertigungsinseln, Flexible Fertigungszellen oder auch Flexible Fertigungssysteme bewährte Anordnungsmöglichkeiten in der Fertigung. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 11ff)

Input-/Outputstruktur einer Fertigung

Die Struktur zwischen Input und Output in einer Fertigung, auch Produktstruktur bezeichnet, kann in die drei folgenden Gruppen unterteilt werden.

Zusammenführende Fertigung

Von Zusammenführender- oder auch Konvergenter Fertigung ist die Rede, wenn aus vielen einzelnen Rohstoffen wenige Produkte gefertigt werden. Diese Produktionsstruktur ist vor allem im Maschinenbau und der Elektroindustrie beispielhaft. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 14)

Zerlegende Fertigung

Im Gegensatz zur zusammenführenden Fertigung ist die Zerlegende, oder divergente Fertigung dadurch gekennzeichnet, dass aus sehr wenigen Rohstoffen, eine Vielzahl von Produkten hergestellt werden kann. Einerseits wird dies durch unterschiedliche Verarbeitungsmethoden erreicht, andererseits durch die tatsächliche Zerlegung des Rohstoffes, wie es beispielsweise in der Pharmaindustrie oft der Fall ist. Die zerlegende Fertigung ist heute interessanter denn je, da der Einfluss ökologischer und nachhaltiger

Verwendung von Ressourcen stetig wächst. Einstige Abfallprodukte eines Fertigungsprozesses für Produkt A werden nun bewusst für ein Produkt B wiederverwertet. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 14)

Serielle Fertigung

Ein Grenzfall der zuvor genannten Betrachtungsweisen, ist die serielle Fertigung. Sie schafft keine neuen Produkte, sondern veredelt ein bestimmtes Produkt linear. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 15)

Fertigungseinfluss aufgrund der Auftragsstrategie

Einfluss auf ein Fertigungssystem kann nach den bisher genannten produktbezogenen Faktoren auch den Gedanken haben, auf welcher Basis strategisch gefertigt wird. Nämlich ob nur dann ein Produktionssystem geschaffen oder angepasst wird, wenn ein tatsächlicher Auftrag ins Haus steht oder man, unabhängig von der Abnahmesituation der Produkte, auf Lager fertigt. Man unterscheidet also auftragsgebundene (make to order) und nicht-auftragsgebundene Fertigung (make to stock). Meist sind Produkte welche keinen speziellen Kundenwünschen angepasst werden müssen, auftragsungebunden und Produkte mit einer hohen Individualität auftragsgebunden. (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 15); (vgl.Wedeniowski, 2015, S. 31-33)

Beispiel Auftragsgebundene Fertigung:

Designerkleidung,

Beispiel nicht-auftragsgebundene Fertigung:

NoLabel-Bekleidung (Socken,...),

2.6.3 Logistikplanung

Neben dem Funktionsbereich der Produktion ist auch der Bereich der Logistik bei einer Fabrikplanung mit einzubeziehen. Um die unter 2.6 zu erstellenden Beziehungen im Bereich der Logistik zielführend zu definieren, werden im Folgenden die Bereiche der Beschaffungs- und Produktionslogistik erklärt und zu unterscheidende Methoden beziehungsweise grundlegende Optionen, welche in der Konzeptplanung vorhanden sind, erläutert.

Beschaffungslogistik

Die Beschaffungslogistik plant, gestaltet, steuert und kontrolliert alle logistischen Aufgaben hinsichtlich Material- sowie dem dafür notwendigen Informationsfluss von Waren und Material für die Fertigung. Ziel ist die bedarfsgerechte Versorgung der Fertigung durch die notwendigen Lieferanten. Diese Versorgung beinhaltet den

Wareneingang, die Lagerung und den Transport der für die Fertigung relevanten Waren und Materialien. In der Beschaffungslogistik sind nicht nur interne Aspekte einzubeziehen, sondern ebenfalls jene der Lieferanten und Spediteure, um Vorgaben bezüglich Umfang und Zeitpunkt der Beschaffung beziehungsweise Bereitstellung in zufriedenstellendem Maße umsetzen zu können. (vgl.Martin, 2011, S. 6)

Materialdisposition

Um einen Einblick in die Thematik bezüglich der Planung von Mengen und Terminen für die Materialbereitstellung zu bekommen, werden im Folgenden die beiden Hauptarten, der Bedarfsplanung erläutert, die deterministische und die stochastische Bedarfsplanung. Abhängig sind diese beiden Planungsstrategien von der Vorhersehbarkeit zukünftiger Bedarfe. Hierfür ist eine gängige Einteilung die XYZ-Gruppierung (siehe 2.5.2), welche Bedarfe von konstant und regelmäßig bis hin zu prinzipiell unvorhersehbar gliedert.(vgl.Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 41)

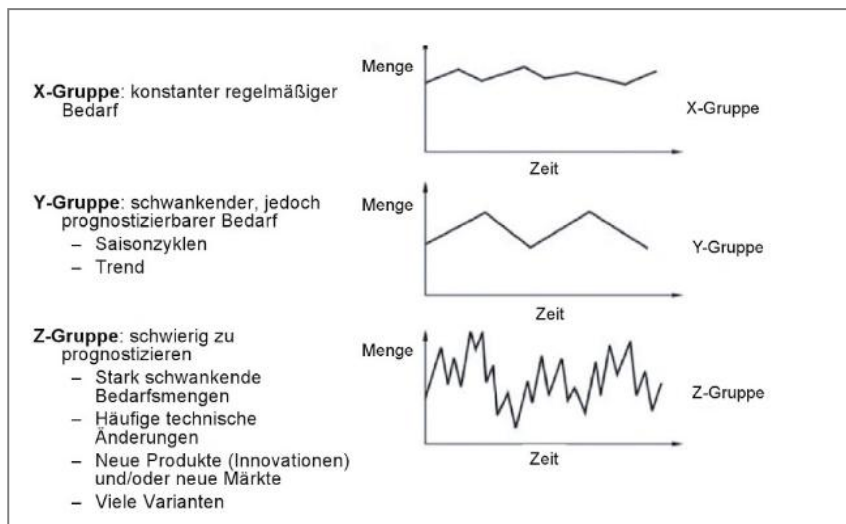


Abbildung 30: Bedarfsenteilung nach XYZ-Systematik (Koether, 2014, S. 24)

1. Deterministische Bedarfsplanung

Die Materialdisposition mittels programmorientierter, oder auch deterministischer, Bedarfsplanung basiert auf einem Produktionsplan, welcher für sich wieder aus einem Absatzplan abgeleitet wird. Nun ist es für eine gelungene deterministische Materialdisposition von essentieller Bedeutung den Absatzplan möglichst realistisch zu gestalten. Als entscheidende Variable dient dabei der Primärbedarf, welcher definiert ist, als voraussichtlicher Bedarf des Absatzmarktes an Enderzeugnissen. Die Genauigkeit der Primärbedarfsermittlung ist unter anderem abhängig von der Wahrscheinlichkeit der folgenden Aufträge und der Länge des Planungshorizontes (Durchlaufzeit des Endproduktes, Wiederbeschaffungszeit fremdbezogener Einsatzprodukte). (vgl. Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 41ff)

Produkte, welche der Erzeugung des Primärbedarfes dienen, werden Sekundärbedarf genannt. Sie werden in der Produktdokumentation, beispielsweise Stücklisten, erfasst, wo auch alle relevanten Angaben beigefügt sind. Dabei können einzelne Stücklistenpositionen nicht einzeln disponiert werden, da diese von der Technologie des Endprodukts sowie Montageplänen abhängen, also deterministisch sind. Um nun den Sekundärbedarf zu ermitteln, bedarf es einer Auflösung solcher Produktdokumentationen. (vgl. Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 41-45)

In Stücklisten wird des Weiteren unterschieden bezüglich (vgl. Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 41-45):

- Eigengefertigten Materialien (Hausteile)
- Fremdgefertigten Materialien (Kaufteile)
- Einzelteilen
- Baugruppen,

wobei für die Materialdisposition nur eine Differenzierung zwischen Hausteilen und Kaufteilen von Bedeutung ist.

2. Stochastische Bedarfsplanung

Im Gegensatz zu Stücklistenpositionen, welche deterministisch disponiert werden können, muss der Bedarf von Produkten, die nicht in Stücklisten angeführt sind, geschätzt werden. Dies gilt in erster Linie für Betriebsstoffe. Dabei wurden viele Methoden entwickelt, welche sich als brauchbar für die Prognostik erwiesen haben, beispielsweise das vom Amerikaner Brown in den 1950ern entwickelte Konzept der „Exponentiellen Glättung“ (vgl. Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 46-53).

Die Grundform der exponentiellen Glättung lautet (Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 46):

$$\text{Neue Vorhersage} = \text{Alte Vorhersage} + (\text{Faktor} * \text{Prognosefehler})$$

Neue Vorhersage..... Vorhersage der vermutlich benötigten Materialien

Alte Vorhersage..... Vorhersage der vermutlich benötigten Materialien der letzten Periode

Faktor..... auch Alphafaktor; eine Art Reaktionsparameter, liegt zwischen 0 und 1

Prognosefehler..... Differenz zwischen alter Vorhersage und effektivem Materialverbrauch

(Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 46)

Die stochastische Bedarfsplanung bedarf ebenfalls einer Bestellstrategie, welche abhängig ist von der gewünschten Bestellmenge und dem gewünschtem Bestellzeitpunkt der lagergeführten Materialien. Dabei haben sich zwei grundlegende Bestellstrategien etabliert, nämlich jene der konstanten Bestellzeiten und jene der konstanten Bestellmengen. Dabei hat die Bestellstrategie mit konstanten Bestellzeiten dem Meldebestandsverfahren gegenüber den Vorteil, dass (vgl. Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 46-53):

- Langsamdreher und Lagerhüter rasch und sicher erkannt
- verschiedene Produkte vom gleichen Lieferanten gebündelt
- logistische Aufgaben leichter erfüllt werden können

Steuergrößen, die den Termin und die Menge der Bestellung festlegen, können über einen längeren Zeitraum konstant gehalten oder in Verbindung mit einem Fortschreibungsverfahren wie der exponentiellen Glättung der aktuellen Bedarfsentwicklung angepasst werden. Solche *adaptiven Systeme* erweisen sich besonders dann als nützlich, wenn die Zeitreihe des Materialverbrauchs stärkeren Schwankungen unterliegt. (vgl. Arnolds, Heege, Röh, & Tussing, 2012, S. 46-53)

Produktionslogistik

Als Teil der Intralogistik eines Unternehmens befasst sich die Produktionslogistik mit dem Materialfluss, welcher zur Erfüllung der Fertigungstätigkeiten notwendig ist. Ein Bestandteil der Produktionslogistik ist, neben dem operativen Materialfluss, auch der zugehörige Informationsfluss. Ziel ist es die Bereitstellung vom Material (vgl. Martin, 2011, S. 6)

- Termingerech,
- Ortsgerecht,
- In richtiger Menge/Zusammensetzung, sowie
- Kostengünstig

zu realisieren.

Die Produktionslogistik plant, gestaltet, steuert, kontrolliert und verbessert den Waren- und Informationsfluss durch die verschiedenen Fertigungsstufen bis zur Ankunft im Distributionslager. Auch die meist notwendige Zwischenlagerung der bereitzustellenden Materialien ist Bestandteil der Produktionslogistik. (vgl. Martin, 2011, S. 6)

Wie diese ausgeführt sind, liegt an den definierten Zielen bzw. Strategien, welche für die Produktion und Logistik definiert wurden. Gängige Logistikstrategien sind (vgl. Martin, 2011, S. 11):

1. JIT: Just-in-Time Strategie
2. JIS: Just in Sequence Strategie
3. Push-/ Pull Strategien
4. KANBAN Strategie
5. FIFO: First in – First out Strategie

1. Just in Time -Strategie

Dabei handelt es sich um eine bedarfssynchrone Bereitstellung von Material. Das heißt, dass in der Fertigung benötigtes Material erst kurz vor dem tatsächlichen Bedarf bereitgestellt wird. Diese Strategie hat zur Folge, dass ein zentrales Lager alleine meist nicht ausreicht, sondern dezentrale Anlieferstellen mit eigener Kommissionierung sinnvoll werden. Die großen Vorteile der JIT Strategie sind verringerte Lagerbestände und –flächen, Verkürzung der Lieferzeiten und somit eine erhöhte Flexibilität bezüglich Kundenanforderungen. Auch Unternehmenskennzahlen, wie der ROI (Return of Investment) können damit verbessert werden. Abhängig ist die JIT-Strategie jedoch von einer dazu angepassten Struktur der Produktion (z.B. schnelle und flexible

Verfügbarkeit von Betriebsmitteln) sowie der Produktionsplanung (z.B. transparente Informations- und Materialflüsse). (vgl. Gerberich, 2011, S. 126-127)

2. JIS: Just-in-Sequence

Das Konzept von Just-in-Sequence ergeht aus einer Weiterentwicklung der Just-in-Time Strategie. Kennzeichnend des JIS ist eine reihenfolgesynchrone Bereitstellung von Waren oder Material. Das bedeutet Materialien werden in derjenigen Reihenfolge der Fertigung zur Verfügung gestellt, in welcher sie benötigt werden. Dies soll eine Verkürzung der Durchlaufzeit, schnellere Reaktionsfähigkeit auf Kundenanforderungen sowie ebenfalls eine Minimierung der Lieferzeiten ermöglichen. Ebenso wie die JIT Strategie müssen die notwendigen Strukturen im Umfeld der Fertigung für die IT Strategie angepasst werden. (vgl. Gerberich, 2011, S. 128)

3. Push-/Pull Strategien

Hierbei handelt es sich um grundlegende Steuerungsmuster in der Logistik. Beim Pullprinzip (auch Holprinzip) werden logistische Prozesse erst nach Auftragseingang (intern oder extern) gestartet, was Risiken in der Planung ausschließen soll. Eine der bekanntesten Anwendungen welche das Pullprinzip beinhalten, ist die KANBAN Strategie. Im Gegensatz dazu werden beim Pushprinzip (auch Bringprinzip) logistische Prozesse bereits vor einem bestehenden Bedarf in Gang gesetzt und beispielsweise Pufferlager befüllt. Dies wird vor allem dann eingesetzt, wenn Mengeneffekte effektiv genutzt werden sollen und Lieferzeiten gering zu halten sind. (vgl. Bretzke, 2015, S. 435)

Eine Mischform aus Push- und Pullprinzip ist die sogenannte CONWIP-Steuerung. CONWIP steht für „Constant-Work-In-Progress“ und kommt zum Einsatz, wenn ein Pullprinzip, meist die KANBAN Strategie, an ihre Grenzen stößt. Da bei der KANBAN Strategie in jeder Fertigungsstufe ein logistischer Bedarfsprozess gestartet wird, kann es vorkommen, dass dabei Bestände zu hoch werden und die Fertigung überlastet wird. Um dies zu vermeiden startet die CONWIP-Steuerung lediglich einen einzigen Bedarfsprozess. (vgl. Vahrenkamp, 2008, S. 320)

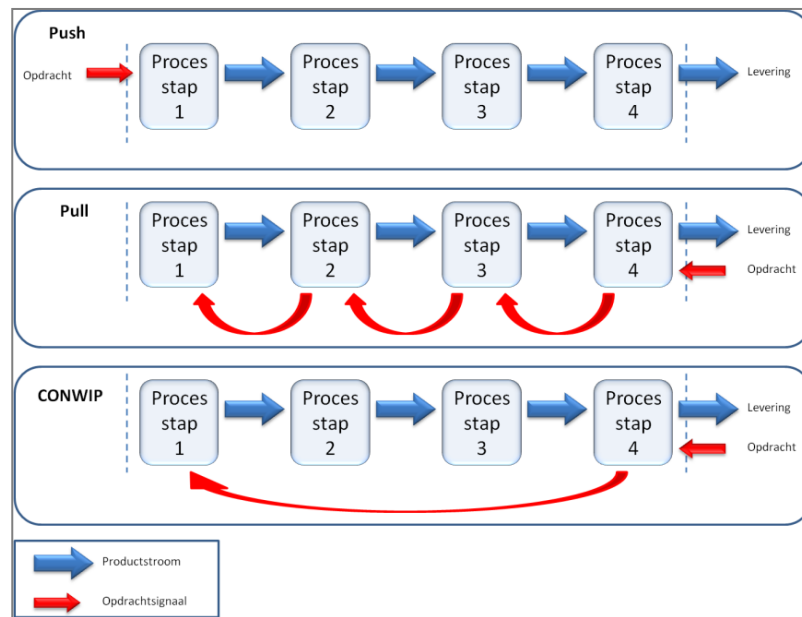


Abbildung 31: Grundlegende Steuerungsmuster in der Logistik (vgl.Vahrenkamp, 2008, S. 321)

4. KANBAN

KANBAN ist eine Beschaffungsstrategie nach dem Pull-Prinzip und kennzeichnet sich durch einen selbstregulierenden Kontrollprozess. Dabei werden auf Abruf gelagerte Zwischenprodukte, meist aus einem sogenannten Supermarkt direkt (ohne Zwischenlagerung) an den Fertigungsort geliefert. Das Ziel der KANBAN-Strategie ist es, eine Reduzierung der Zyklus-, Liefer- und Durchlaufzeiten zu erhalten, sowie eine hohe Flexibilität hinsichtlich des Produktionsprogrammes zu erreichen. Des Weiteren ist sie eine Möglichkeit zur Steuerung des Just in Time Prinzips und eine Variante um ein First-in-First-out Prinzip (FIFO) zu gewährleisten. (vgl.Gerberich, 2011, S. 128-130)

KANBAN steht für einen japanischen Begriff, welcher „Anzeigekarte“ bedeutet. Diese Anzeigekarte identifiziert den Bedarf einer bestimmten Ware/Warengruppe. Eine nachstehende Fertigungsstufe (Fertigungsband, Kunde) kann mithilfe einer KANBAN-Karte der vorgehenden Fertigungsstufe (Lieferant/Supermarkt) einen Bedarf signalisieren, welcher dadurch den Prozess anstoßen kann, um diesen Bedarf zu decken. Eine KANBAN-Karte ist somit eine Bestellkarte und kann in einer stark digitalisierten Fertigung nicht die Form einer physischen Karte besitzen sondern ebenfalls beispielsweise über RFID Bedarfe kommunizieren um Lieferzeiten und Personalbedarf zu minimieren. (vgl.Gerberich, 2011, S. 128-130)

Inhalt einer KANBAN-Karte können unter anderem die folgenden Informationen sein (vgl. Gerberich, 2011, S. 128-130):

- Materialnummer
- Losgröße
- Herkunft der Ware
- Bestimmungsort der Ware

5. FIFO (First In, First Out)

Das FIFO-Prinzip ist eine sogenannte Bewegungsstrategie. Bewegungsstrategien definieren, in welcher Abfolge, das Ein-, Aus- sowie Umlagern umgesetzt werden soll. Ziel von Bewegungsstrategien ist eine möglichst hohe Durchlauf-, Einlager- oder Auslagerleistung. (vgl. Gudehus, 2012, S. 646-650)

Dabei wird zumeist der Auslagerstrategie eine erhöhte Aufmerksamkeit zuteil. Darin enthalten ist das nun erwähnte FIFO-Prinzip, welches man in ein strenges und ein schwaches FIFO-Prinzip unterteilen kann. Dabei werden beim strengen FIFO-Prinzip die als erstes eingelagerten einzelnen Lagereinheiten zwingend als erstes ausgelagert, was eine räumlich getrennte Einzelein- bzw. -auslagerung erforderlich macht. Das schwache FIFO-Prinzip unterscheidet hingegen nicht die einzelnen Ladeinheiten, sondern die jeweilige Einlagercharge. Dabei muss nun nur mehr darauf geachtet werden, dass eine Lagereinheit der jeweils ältesten Einlagercharge als erstes ausgelagert wird. (vgl. Gudehus, 2012, S. 646-648)

Als Gegenpart zum FIFO Gedanken wird das sogenannte LIFO-Prinzip (Last-In, First-Out) definiert. Dies wird meist notgezwungen angewandt, wenn Lagerplätze nur einseitig zugänglich sind und daher ein FIFO-Prinzip nicht anwendbar wäre. Als Beispiel sei hier die Baustoffindustrie erwähnt, wo etwa Ziegel übereinander gestapelt werden und das Entnehmen des als erstes eingelagerten Ziegels nicht ohne weiteres möglich ist. (vgl. Gudehus, 2012, S. 648-650)

2.6.4 Entscheidungsfindung

Um aus allen Möglichkeiten in der Fabrikplanung ein Konzept erstellen zu können, müssen für ein Konzept vorhandene Alternativen bewertet werden, wozu es unzählige Möglichkeiten gibt, bei der Fabrikplanung meist jedoch die Nutzwertanalyse herangezogen wird. (vgl. Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 479)

Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse dient der Gegenüberstellung und Bewertung mehrerer Alternativen. Darunter versteht man oftmals komplexe Alternativen, welche eine Vielzahl von wesentlichen Eigenschaften besitzen, die aber nur sehr schwer untereinander quantifizierbar sind. Nun stellt die Nutzwertanalyse eine Möglichkeit dar, die unterschiedlichen Kriterien ins Verhältnis zu setzen und mit Zahlenwerten darzustellen. Dabei handelt es sich um eine dimensionslose Größe, welche jedoch zur Bewertung und zur treffenden Entscheidung beitragen soll. Dieser dimensionslose Zahlenwert wird „Nutzwert“ genannt (vgl. Hübner & Jahnes, 1998, S. 245ff).

Um eine Nutzwertanalyse durchführen zu können, ist es notwendig folgende Schritte zu befolgen (vgl. Hübner & Jahnes, 1998, S. 245ff):

- Die in Betracht kommenden Kriterien/Teilziele sind zu formulieren und je nach Bedarf in einer Ziel-Hierarchie zu gliedern (z_1, z_2, \dots)
- Die einzelnen Kriterien/Teilziele sind in ihrer Wertigkeit zueinander zu gewichten (g_1, g_2, \dots)
- Bewertungskriterien für die jeweiligen Teilziele sind zu bestimmen und eine Begründung bezüglich des Zielerfüllungsgrades wird festgelegt. Diese soll dem Betrachter helfen die Bewertung nachzuvollziehen und inhaltlich abzusichern
- Jedem Kriterium/Teilziel einer Alternative wird ein Zielerfüllungsgrad zugewiesen, welcher basierend auf den zuvor festgelegten Bewertungskriterien entsteht (e_{11}, e_{12}, \dots)
- Das Produkt aus Gewichtung und Zielerfüllungsgrad gibt nun den Teilnutzwert eines Kriteriums/Teilzieles (n_{11}, n_{12}, \dots) an
- Die Summe der Teilnutzwerte einer Alternative zeigt den Gesamtnutzwert einer Alternative (N_1, N_2, \dots)
- Die Alternative mit höchstem Nutzwert ist nun diejenige Alternative die eingangs festgelegte Kriterien am bestmöglichsten erfüllt

| Teilziele | Gewichte | Projektalternativen | | | | | |
|--|----------------|--|------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|
| | | A ₁ | | | A ₂ | | |
| | | Ziel- ertrag | Zieler- füllungs- grad | Teilnutzwert | Ziel- ertrag | Zieler- füllungs- grad | Teilnutzwert |
| Z ₁ | g ₁ | w ₁₁ | e ₁₁ | $n_{11} = g_1 \times e_{11}$ | w ₁₂ | e ₁₂ | $n_{12} = g_1 \times e_{12}$ |
| Z ₂ | g ₂ | w ₂₁ | e ₂₁ | $n_{21} = g_2 \times e_{21}$ | w ₂₂ | e ₂₂ | $n_{22} = g_2 \times e_{22}$ |
| Z ₃ | g ₃ | w ₃₁ | e ₃₁ | $n_{31} = g_3 \times e_{31}$ | w ₃₂ | e ₃₂ | $n_{32} = g_3 \times e_{32}$ |
| Summe der gewich- teten Teil- nutzwerte | 1 | Nutzwert von A ₁ : N ₁ | | | Nutzwert von A ₂ : N ₂ | | |

Abbildung 32: Schema Nutzwertanalyse(Hübner & Jahnes, 1998, S. 247)

Die Nutzwertanalyse basiert auf dem Rationalitätsprinzip, welches folgendermaßen formuliert werden kann:

Wähle aus der Menge der zur Wahl stehenden Alternativen diejenige, deren Konsequenz vergleichsweise am höchsten zu bewerten ist.(Hübner & Jahnes, 1998, S. 246)

Des Weiteren charakterisieren die Nutzwertanalyse folgende Grenzen (vgl.Hübner & Jahnes, 1998, S. 250):

- Eine prävalente Alternative ist nicht vorhanden
- Die Nutzwertanalyse reiht die festgelegten Alternativen, sagt jedoch nichts über die Stellung dieser eingangs festgelegten Alternativen zu einer theoretisch denkbaren idealen Alternative
- Eine formal-logische Entscheidungsfindung ist kein Ausgleich für mangelnde beziehungsweise falsche Informationen
- Wertedimensionen können (zu) vielfältig sein
- Die Wahl und Gewichtung der Zielkriterien ist stets von den subjektiven Präferenzen des/der Entscheidungsträger(s) abhängig

2.7 Detailplanung

Die Detailplanung beinhaltet eine Festlegung der Betriebseinrichtungen für Fertigung, Montage sowie Logistik und eine Feinlayout-Planung. Wobei Restriktionen seitens Produktion oder Gebäudeattribute Berücksichtigung finden. Die Detailplanung stellt auch den eigentlichen Abschluss der Planungsphase dar. Es ist ein Feinlayout inklusive genau lokalisierten Betriebseinrichtungen vorhanden, Kosten wurden nach DIN 276 berechnet, eine Machbarkeits- und Kostenabsicherung sowie ein Feinterminplan erstellt(vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 431).

2.8 Realisierungsphase

Die Realisierungsphase beinhaltet die Umsetzung der Planungsphase bis hin zur abgesicherten Produktion.

Realisierungsvorbereitung

In der Realisierungsvorbereitung werden vorhandene Betriebseinrichtungen angepasst und die Vergabe von neuen Einrichtungen vorbereitet. Ein Schwerpunkt liegt hier auf der Objektplanung, der Fabrikplaner begleitet den Prozess. Dabei werden Kostenanschläge nach DIN 276 mit Ausschreibungen der Teilgewerke erstellt, sowie ein detaillierter Terminplan erstellt(vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 431).

Realisierungsüberwachung

Die Realisierungsüberwachung dient der Kontrolle des Fortschritts, wobei Abnahmen von Leistungen und Baufortschritten und eine ständige Kostenfeststellung die größte Aufmerksamkeit zukommt. Zuletzt wird eine Abschlussdokumentation erstellt und die Fabrik ist danach bezugsfertig (vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 431).

Hochlaufbetreuung

Der Schwerpunkt dieser Phase liegt in der Betreuung des Anlaufes einer Produktion. Den Abschluss stellt die Erreichung der vereinbarten Produktionsleistung eines oder mehrerer Produkte dar, die Fabrik ist demnach vollständig in Betrieb. Um die Fabrikplanung als vollständig abgeschlossen zu sehen, wird eine Abschlussdokumentation erstellt und das gesamte Projekt hinsichtlich der Zielerreichung bewertet (vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 432ff).

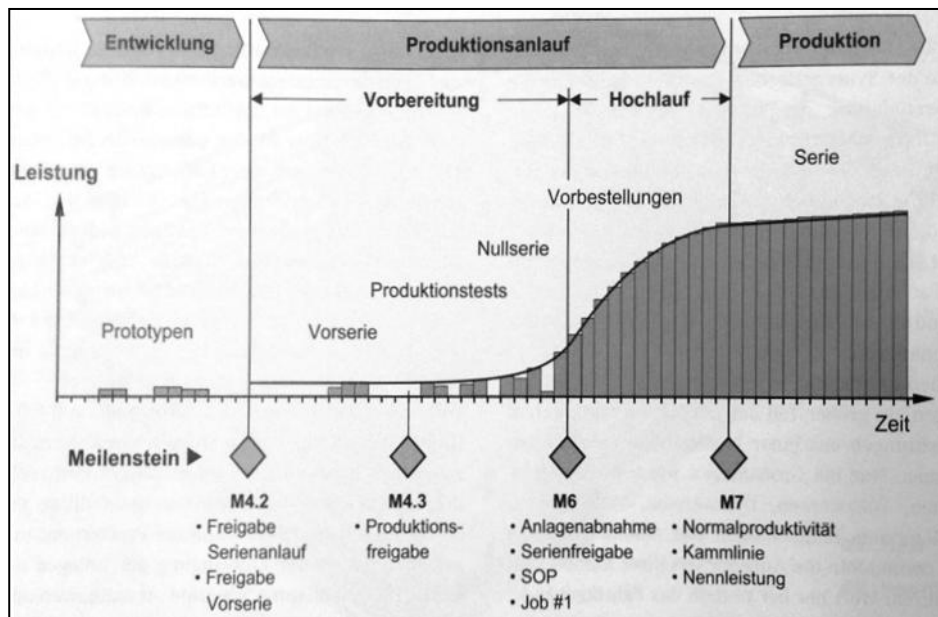


Abbildung 33: Realisierungsphase, Anlaufkurve einer Produktion (Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 488)

3 Instandhaltung von Fahrwerken im Schienenfahrzeugbau

Die Aufgabe der Instandhaltung ist es,

ein technisches System in einem uneingeschränkt gebrauchsfähigen Zustand zu erhalten, oder es nach Ausfall oder Beschädigung wieder in diesen Zustand zu versetzen. (Neumann & Aline, 2010, S. 12)

Zur Instandhaltung nach EN 13306, sowie DIN 31051 zählt man alle, zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustands sowie zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands eines technischen Systems, notwendigen Maßnahmen. Der Gesetzgeber bietet den Betrieben, die von den Aufsichtsbehörden für die Instandhaltung von Schienenfahrzeugen zugelassen sind, einen breiten Spielraum, gesetzliche Rahmenbedingungen müssen jedoch eingehalten werden. Ein Beispiel im Schienenfahrzeugbau zeigt § 32 Abs. (2) bis (4) - Abnahme und Untersuchung von Fahrzeugen - der deutschen Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung (EBO), wo folgendes gefordert wird (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15):

- Die Fahrzeuge sind planmäßig wiederkehrend zu untersuchen.
- Eine Untersuchung ist mindestens alle sechs Jahre durchzuführen, die Frist zwischen zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungen darf jedoch mehrmals bis zu einem Jahr auf höchstens acht Jahre verlängert werden, wenn festgestellt wurde, dass der Zustand des Fahrzeugs dies zulässt.
- Über die Untersuchungen sind Nachweise zu führen.

Dies zeigt, dass die Art und der Umfang einer Untersuchung demnach nicht fest vorgeschrieben sind. Das Instandhaltungsunternehmen hat die Untersuchung jedoch so durchzuführen, dass die Betriebssicherheit uneingeschränkt gewährleistet wird. Schon aus dieser Sicht ist die Instandhaltung von Schienenfahrzeugen in hohem Maße vorbeugender Art, wobei jedoch dieser Anteil bei Fahrzeugen des Schienenpersonenverkehrs wesentlich höher ist als bei den nicht angetriebenen Fahrzeugen des Güterverkehrs. (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15)

3.1 Unterteilungen der Instandhaltung

Die Abläufe, Richtlinien und Strukturen in der Instandhaltung von Fahrwerken im Schienenverkehr unterscheiden sich unter Berücksichtigung mehrerer Faktoren. So sind nun Unterschiede je nach Art des Instandhaltungsprozesses

- Präventive, oder
- Korrektive Instandhaltung

festzustellen und im Folgenden genauer dargestellt. (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15)

Instandhaltungsprozesse umfassen alle Prozesstypen,

welche ein technisches System in einem uneingeschränkt gebrauchsfähigen Zustand erhalten, oder es nach Ausfall bzw. Beschädigung wieder in diesen Zustand versetzen. (Neumann & Aline, 2010, S. 13)

| Instandhaltung | | | |
|---|---|--|--|
| Präventive Instandhaltung | | Korrektive Instandhaltung | |
| „Bewahrung des Sollzustandes“ | | „Feststellung und Beurteilung des Zustandes“ | „Wiederherstellung des Sollzustandes“ |
| Reinigung z. B. Innenreinigung, Außenreinigung, Toilettenreinigung, Kesselreinigung | Wartung v. a. Austausch von Betriebsmitteln, aber auch von Verschleißteilen | Inspektion z. B. Nachschau, Laufwerkskontrolle, Bremsprüfung | Instandsetzungen Reparaturen, Austausch von schadhaften Teilen |

Abbildung 34: Elemente der Instandhaltung (Neumann & Aline, 2010, S. 14)

3.1.1 Präventive Instandhaltung

Nach der Intensität der vorgenommenen Prüfung bzw. Aufwand der Maßnahmen gliedert sich die präventive Instandhaltung in

- Reinigung
- Wartung
- Inspektion

Reinigung

Die auch als leichte Instandhaltung bezeichnete Reinigung beinhaltet Maßnahmen der täglichen bis jährlichen Reinigung und Wartung sowie kleinere Reparaturen. Diese Tätigkeiten dienen der Wahrung eines sauberen und technisch einwandfreien Zustands des Fahrzeugs für den täglichen Betrieb. (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15)

Wartung

Die Wartung dient der Bewahrung des Sollzustandes. Sie erstreckt sich vor allem auf den Bereich der gleitend oder reibend beanspruchten Bauteile. Insofern geht es hier um das Entsorgen, die Wiederzugabe oder das Ergänzen von Betriebsmitteln, wie Ölen, Fetten, Sand und Wasser. Zur Wartung zählt auch die Pflege solcher Baugruppen, bei denen durch Verschmutzung oder Korrosion Störungen oder Schäden beim Fahrzeugeinsatz auftreten können. Die Innen- und Außenreinigung der Fahrzeuge wird der Wartung im erweiterten Sinne zugerechnet. (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15)

Inspektion

Zur Inspektion zählen alle Maßnahmen, die zur Feststellung und Beurteilung des Zustandes eines technischen Systems notwendig sind. Insofern beschränkt sich die Inspektion nicht nur auf die Besichtigung eines Fahrzeuges und seiner Bauteile. Vielmehr werden auch Messungen und Prüfungen durchgeführt, um verdeckte Fehler und Mängel aufzuspüren und um die Einhaltung von Grenzmaßen zu kontrollieren. Besonderen Wert muss bei einer Inspektion auf die Dokumentation und Auswertung der Ergebnisse gelegt werden, um der Nachweispflicht zu genügen und um sichere Schlussfolgerungen ziehen zu können. (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15)

3.1.2 Korrektive Instandhaltung

Unter Instandsetzung sind alle Maßnahmen zu verstehen, die der Wiederherstellung eines definierten Sollzustandes dienen. Bei der Instandsetzung werden Schäden und Mängel am Fahrzeug selbst oder an dessen Komponenten beseitigt. Auslösender Moment für eine Instandsetzungsmaßnahme ist entweder der negative Befund einer

Inspektion oder ein Mangel (Schaden oder Fehler), der beim Einsatz des Fahrzeugs aufgetreten ist oder entdeckt wurde. Unter Instandsetzung fallen auch Fahrzeugmodernisierungen. (vgl. Neumann & Aline, 2010, S. 12-15)

3.2 Instandhaltungsstrategien

Aus den unter 3.1 dargelegten Möglichkeiten lassen sich nun drei Strategien zur Instandhaltung ableiten (vgl. Aha, 2013, S. 19ff):

- Ausfallbedingte Instandhaltung
- planmäßig vorbeugende Instandhaltung
- zustandsbedingte Instandhaltung

Diese sind in Tabelle 1 genauer beschrieben.

| Basis | Kriterium | Strategie |
|---------------------------------|--|--|
| Warn- und Fehlermeldungen | Funktionsfähigkeit | Ausfallbedingte Strategie |
| Störungs- und Schadensstatistik | Ausfallwahrscheinlichkeit | Planmäßig vorbeugende Strategie |
| Inspektionen und Kontrollen | Zeitlich diskrete Zustandsabschätzung | Planmäßig vorbeugende Strategie mit Kontrollen |
| Messtechnische Überwachung | Zeitlich kontinuierliche Zustandsüberwachung | Zustandsbedingte Strategie |

Tabelle 1: Instandhaltungsstrategien (vgl. Aha, 2013, S. 20)

3.3 Präventive Instandhaltung an Fahrwerken im Schienenfahrzeugbau

Die präventive Instandhaltung von Fahrwerken im Schienenfahrzeugbau basiert hauptsächlich auf planmäßig vorbeugende Strategien mit Kontrollen und beinhaltet unterschiedlich tiefgreifende Untersuchungen, welche vom Hersteller vorgegeben werden und in vorab definierten Zyklen durchgeführt werden müssen. Die Strategie der zustandsbedingten Instandhaltung war meist aufgrund fehlender Sensoren und Datenermittlungssystemen an Fahrwerken nicht möglich, aktuell findet man am Fahrwerksmarkt jedoch durchaus schon zustandsorientierte Lösungen um die Life Cycle Costs für den Betreiber zu minimieren und lediglich Material zu tauschen,

welches die Anzeichen vermittelt, die gestellten Anforderungen bald nicht mehr erfüllen zu können. Der Wille Life Cycle Costs von Fahrwerken zu minimieren, ist getrieben durch die Erkenntnis, dass ein Fahrwerk ca. 15% der Investitionskosten eines Fahrzeuges ausmacht, jedoch ca. 40% der Life Cycle Costs (Siemens intern, 2015).

Inspektionen

Fahrwerke werden regelmäßig inspiziert, dabei sind bei fristenorientierten Instandhaltungsstrategien meist zwei Fristen angegeben, die Erreichung einer gewissen Laufleistung sowie eine zeitliche Frist. Sobald eine der beiden Fristen erreicht ist, wird die zugehörige Tätigkeit notwendig.

Eine inhaltliche sowie fristenorientierte Einteilung am Beispiel einer Straßenbahn mit einem Rahmen in H-Form, Einzelradantrieb, Schraubenfedern (Sekundärfederung) sowie Schichtfedern im Gummi-Metall-Design (Primärfederung) gibt Tabelle 2.

| Inspektionsfrist | Inspektionsumfang |
|-----------------------------------|---|
| Täglich vor Inbetriebnahme | Sichtkontrolle (Beschädigungen, fehlende, lose Komponenten, Korrosion/-sschutz) |
| 5 Wochen/6700km | Sichtkontrolle (Beschädigungen, fehlende, lose Komponenten, Korrosion/-sschutz) |
| 15 Wochen/20.000km | Radreifenkontrolle, Einstellung der Spurkranzschmierung, Kontrolle Primärfedern, Rohre und Schlauchleitungen |
| 30 Wochen/40.000km | Vertiefte Sichtkontrolle, Kontrolle Sekundärfeder, Funktionsprüfung der Spurkranzschmierung, Genaue Begutachtung der Erdungskabel |
| 60 Wochen/80.000km | Kontrolle Primärfederung, Radschutzkasten, Vertiefte Sichtkontrolle auf Beschädigung und Korrosion des Fahrwerkrahmens, Verschleiß der Schleifkohlen (Erdungskontakt) |

Tabelle 2: Inspektionsumfang am Beispiel Straßenbahn

Inspektionen sind notwendig um die Einsatzfähigkeit eines Fahrwerkes hinsichtlich Beschädigungen bestmöglich zu gewährleisten und eine Planbarkeit für den Tausch von Verschleißkomponenten (beispielsweise Radreifen) zu erreichen.

Wartung

Die Wartung eines Fahrwerkes erfolgt ebenso wie die Inspektionen nach der jeweils zuerst eintretenden Erreichung einer Laufleistung oder zeitlichen Frist. Eine inhaltliche sowie fristenorientierte Einteilung am Beispiel einer Straßenbahn mit einem Rahmen in H-Form, Einzelradantrieb, Schraubenfedern (Sekundärfederung) sowie Schichtfedern im Gummi-Metall-Design (Primärfederung) gibt folgende Tabelle.

| Wartungsfrist | Wartungsumfang |
|---------------------------------|---|
| <p>8 Jahre/560.000km</p> | <p>Überholung aller Baugruppen, Austausch sämtlicher Gummiteile (Primärfedern, , Schlauchleitungen usw.), Austausch der Losradlager (eventuelle Überarbeitung, Austausch der Lamellenringe.</p> <p>Fahrwerkrahmen:</p> <p>Ausbinden, Reinigen, Entlacken, Genaue Begutachtung des Fahrwerksrahmens auf Anzeichen von Korrosion und auf Beschädigungen. Bei Verdacht auf Beschädigungen (Verformungen, Risse, etc.) muss der Fahrwerksrahmen gemäß Messplan neu vermessen werden bzw. mit Hilfe einer anerkannten Methode zur Rissprüfung (Farbeindringprüfung, Magnetpulverprüfung, Durchstrahlungsprüfung, Ultraschallprüfung, etc.) genau begutachtet werden.</p> <p>Losradachse (Portalachse):</p> <p>MEGI-Puffer erneuern, Lamellendichtringe erneuern, Reinigung und Begutachtung der Losradlager, (Austausch spätestens bei jeder 2. Revision) Reinigung, Inspektion und Lagertausch des Erdungskontaktes, Prüfung der Portalachse - Bei allen Portalachsen ist eine Oberflächenrissprüfung (betrifft alle Schweißnaht- und Gussbereiche) durchzuführen Prüfung der Radnabe, Intensive Kontrolle und Sichtkontrolle der Einzelteile</p> |

Tabelle 3: Wartungsumfang am Beispiel Straßenbahn

4 Praxisbericht: Optimierung des Fahrwerksservice am Siemens-Standort Graz Eggenberg

Im Praxisbericht werden die zuvor dargestellten Schritte und Methoden zur Fabrikplanung angewandt um für den Fahrwerksservice am Standort in Graz Eggenberg der Siemens AG Österreich mögliche Optimierungskonzepte zu erarbeiten. Der Serviceprozess betrachtet alle Vorgänge, welche während einem Durchlauf eines gemäß 3.3 präventiv zu wartenden Fahrwerks abgehandelt werden. Beginnend von der Anlieferung am Standort, bis hin zur Übergabe an den Versand, welcher die Rücklieferung an den Betreiber durchführt.

4.1 Abgrenzung des Untersuchungsbereiches

Zum Starttermin dieser Arbeit wurden drei laufende Serviceprojekte definiert:

- Augsburg
- Mittelrheinbahn
- Karlsruhe

Auf Basis dieser Projekte, wurden die in dieser Arbeit dargestellten IST – Analysen durchgeführt und folglich neue Konzepte ausgearbeitet.

Um einen Einblick in die Abwicklung von Projekten im Fahrwerksservice zu bekommen, sind folgend die einzelnen Teilschritte, welche ein Fahrwerk eines Projektes zu durchlaufen hat, dargestellt. Dazu wurden die jeweilig fachlich zu unterscheidenden und involvierten Abteilungen dargestellt.

4.1.1 Projekt „Mittelrheinbahn“



Abbildung 35: Darstellung Fahrwerk „Mittelrheinbahn“ (Zugriff am 26.06.2015, Siemens, S. 62)

Fahrwerkstyp: Triebzug

Stückzahl / Lose: 106 / 17

Serviceumfang: ○ Rahmensanierung
 ○ Radsatzsanierung

Externe Radsatzwartung

Das Projekt Mittelrheinbahn umfasst 106 Stück Fahrwerke zu 17 Losen. Dabei besteht jedes Los aus vier Triebfahrwerken und zwei Lauffahrwerken. Es sollen sowohl der Rahmen, als auch die Radsätze saniert werden. Aufgrund der ursprünglichen Fremdfertigung der Radsätze, werden Teile davon bei einem Subunternehmer saniert.

4.1.2 Projekt „Karlsruhe“



Abbildung 36; Prinzip Darstellung Fahrwerk Metro (Zugriff am 26.06.2015, Siemens, S. 37)

Fahrwerkstyp: Metro

Stückzahl / Lose: 142 / 71

Serviceumfang: Rahmensanierung

Das Projekt Karlsruhe umfasst 142 Stück Fahrwerke zu 71 Losen. Dabei besteht jedes Los aus zwei Rahmen mit diversen Anbauteilen, die fehlenden Radsätze werden nicht saniert, jedoch vom Kunden bei der Anlieferung des folgenden Loses mitgeliefert. Damit kann dem Kunden das komplette Fahrwerk retourniert werden, welchem es sofort einsatzbereit zur Verfügung steht.

4.1.3 Projekt „Augsburg“



Abbildung 37: Darstellung Fahrwerk Augsburg (Zugriff am 26.06.2015, Siemens, S. 22)

Fahrwerkstyp: Straßenbahn

Stückzahl / Lose: 76 / 19

Serviceumfang:

- Rahmensanierung
- Radsatzsanierung
 - Radreifentausch (opt)
 - Externer Radnabenservice (opt)

Das Projekt Augsburg umfasst 76 Stück Fahrwerke zu 19 Losen. Dabei besteht jedes Los aus drei Triebfahrwerken und einem Lauffahrwerk. Bei diesem Objekt sollen sowohl der Rahmen als auch die Losradachsen saniert werden. Des Weiteren hat der Kunde vor jeder Anlieferung eines Loses die Wahl, einen Radreifenwechsel vornehmen zu lassen. Je nach Verschleiß der Radnaben kann es notwendig sein, die Radnaben bei einem Subunternehmer sanieren zu lassen.

Ebenfalls zu erwähnen ist, dass jenes bei dieser Arbeit betrachtete Los, aufgrund eines nicht näher bekannten Unfalls, ein beschädigtes Lauffahrwerk beinhaltet hat. Da bei der Ist – Darstellung des Wertstromes jeweils nur das zuerst in der Fertigung servicierte Triebfahrwerk betrachtet wurde, wird dieser Umstand keinen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

4.2 Grunddatensammlung

Wenn nun Fahrwerke der Siemens AG einem Service unterzogen werden, gibt es abhängig von der jeweiligen Instandhaltungsstrategie des Betreibers verschiedene Tätigkeiten, welche durchzuführen sind, und somit auch einen unterschiedlichen Materialfluss. In Abbildung 39 soll nun der Fall dargestellt werden, in welchem alle Komponenten eines Fahrwerks einem Service unterzogen werden, also der maximale Umfang einer Serviceabwicklung. Um die Zuordnung bei der späteren Darstellung von Teilprozessen nicht zu verlieren, wurde eine farbliche Unterteilung getroffen. Sowie daraus Produktfamilien gebildet, welche jeweils den Umfang und die Zugehörigkeit zur Baugruppe und den jeweiligen Prozessschritten darstellen soll.

Die farbliche Unterteilung wurde folgend festgelegt:



Abbildung 38: Farbliche Unterteilungen der Produktfamilien im Service Prozess

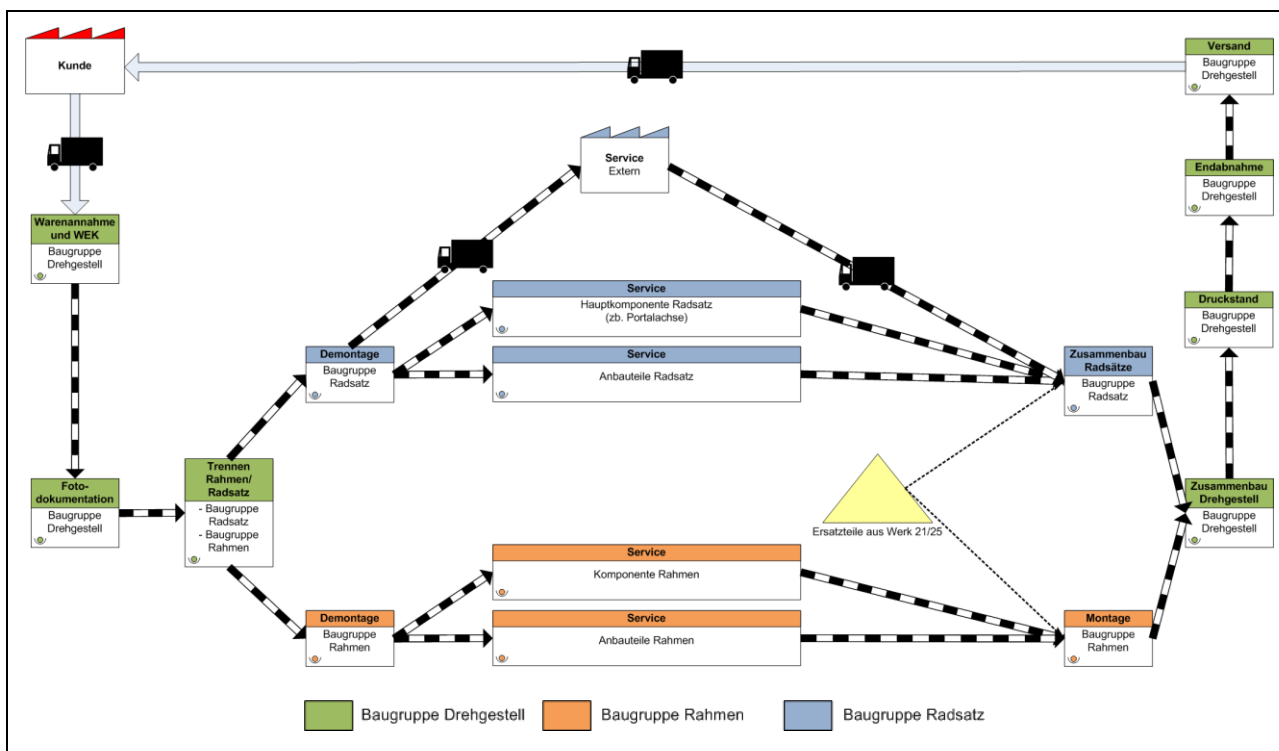


Abbildung 39: Grobdarstellung möglicher Prozessschritte im Fahrwerksservice

Um die Abläufe und Strukturen von Fahrwerksservice, welche im Zuge dieser Arbeit hinterfragt werden sollen, in Aufgabengebiete aufzuteilen, wurden von Beginn an zwei getrennt zu betrachtende Gebiete festgelegt. Einerseits der Wertstrom eines Fahrwerks, welcher von der Anlieferung am Standort bis zum Rückversand an den

Betreiber betrachtet werden sollte, sowie die zugehörige tagesfeine Fertigungsteuerung und andererseits das Gebiet der Beschaffungs- und Produktionslogistik, welches von der Beschaffung notwendiger Ersatzmaterialien über die Lagerung solcher Ersatzteile bis hin zur Art der Materialbereitstellung am Arbeitsplatz untersucht werden soll.

4.2.1 Materialfluss

Um eine Vorauswahl des mittels Wertstromanalyse untersuchten Projektes treffen zu können wurden alle der definierten Projekte hinsichtlich ihres Materialflusses untersucht. Dabei wurde vorerst mittels Swimlane-Diagrammen der Materialfluss zwischen den unterschiedlichen fachlichen Abteilungen dargestellt, und schließlich auch der geografische Materialfluss am Standort für das für die Wertstrombetrachtung relevanteste Projekt Augsburg visualisiert.

Mittelrheinbahn

Die Abfolge der Prozessschritte wird in Abbildung 40 dargestellt.

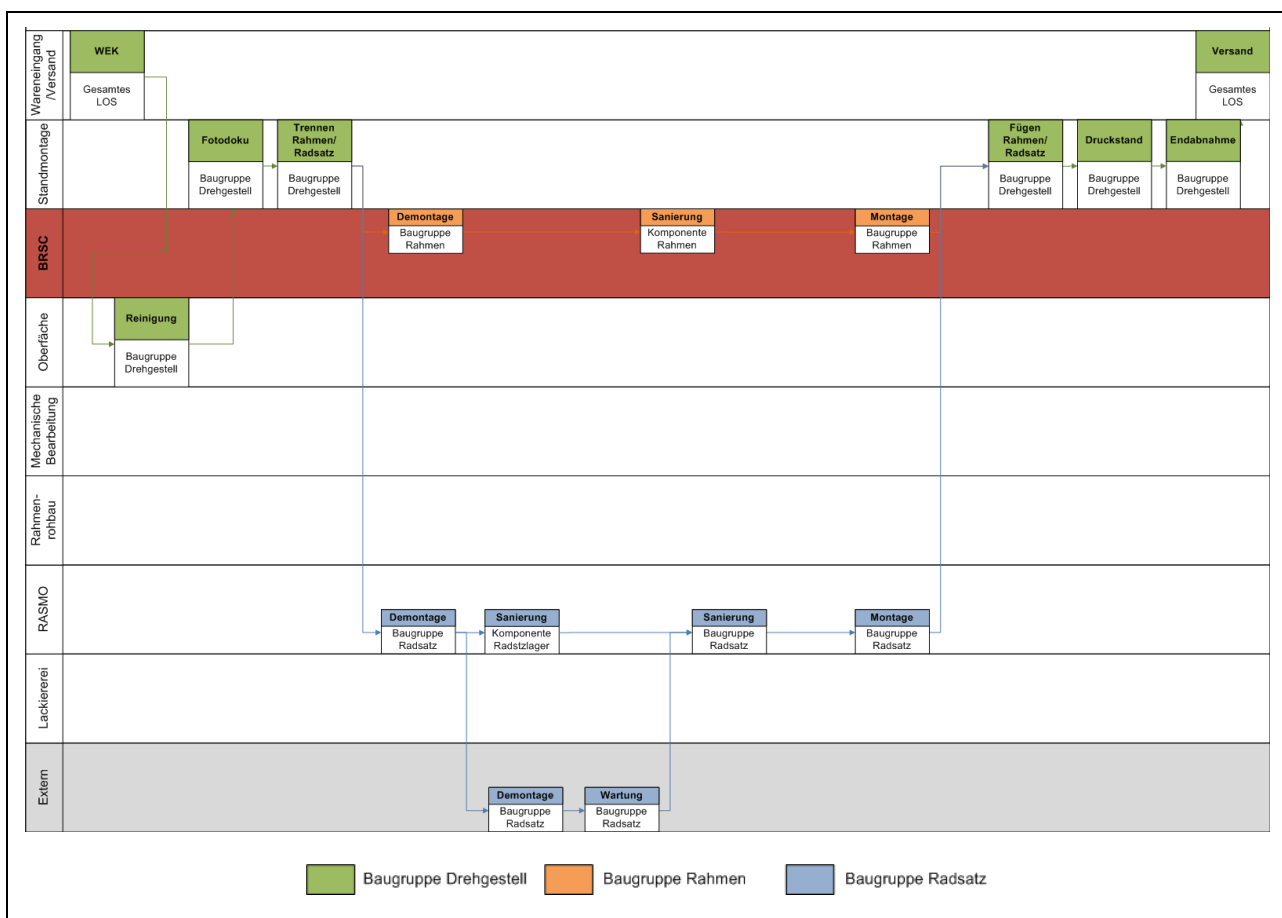


Abbildung 40: Prozessschritte mittels Swimlane-Folgeplan Projekt „Mittelrheinbahn“

Jedes Fahrwerk wird in komplettem Zustand angeliefert und direkt nach der Annahme, am Standort gereinigt, fotodokumentiert und von den Radsätzen getrennt. Während der Rahmen sein komplettes Sanierungsprogramm im Bogie Repair and Service Center durchläuft, wird der Radsatz an die Abteilung Radsatzmontage (RASMO) weitergeleitet. Dort werden die Radsatzlager abgepresst und vor Ort saniert, der restliche Radsatz wird an einen Subunternehmer weitergegeben und dort saniert. Nach Rücksendung der extern sanierten Baugruppen werden die Radsatzlager wieder in der Radsatzmontage aufgepresst. Nachdem beide Radsätze eines Fahrwerkes zum Wiederverbau bereit sind, werden sie wieder ins Bogie Repair and Service Center gesandt, um dort mit dem sanierten Rahmen verbunden zu werden. Nach einer Prüfung des Fahrwerkes am Druckstand (Simulation des Wagenkastengewichtes hinsichtlich Lastverteilung und Feinjustierung des Fahrwerkes), sowie einer Endabnahme durch den Projektleiter können die sanierten Fahrwerksrahmen wieder an den Kunden zurück gesandt werden.

Karlsruhe

Die Abfolge der Prozessschritte wird in Abbildung 41 dargestellt.

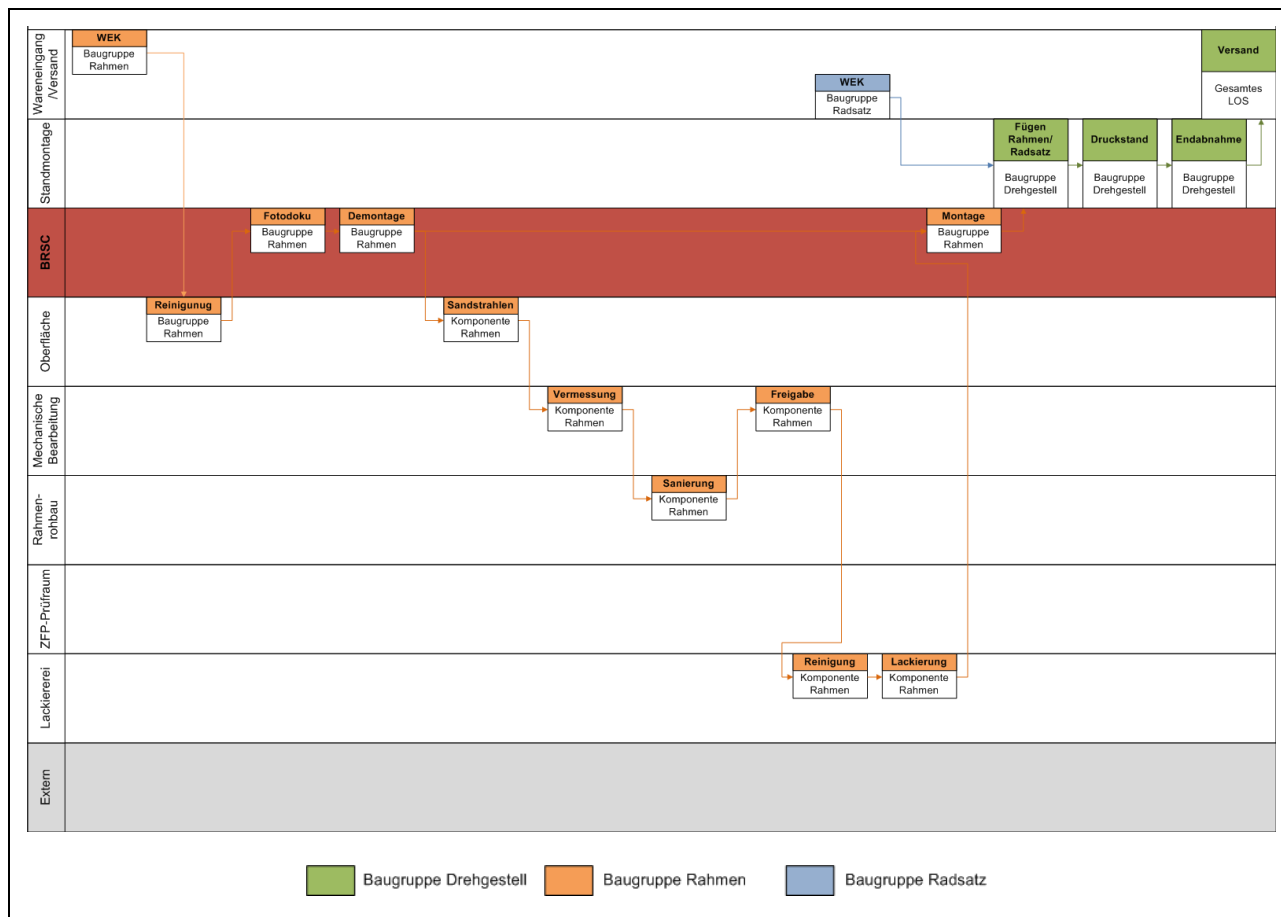


Abbildung 41: Prozessschritte mittels Swimlane-Folgeplan Projekt „Karlsruhe“

Beim Projekt Karlsruhe erfolgt keine Anlieferung der kompletten Fahrwerke sondern es wird nur der Rahmen mit diversen Anbauteilen vom Kunden geliefert. Die Baugruppe „Rahmen“ wird in der Abteilung Oberfläche grundgereinigt und danach im Bogie Repair and Service Center in die einzelnen Komponenten zerlegt. Die diversen Anbauteile verbleiben im Bogie Repair and Service Center und werden dort befundet und für den Wiedereinbau bereitgestellt.

Die Komponente „Rahmen“ durchläuft mehrere Abteilungen und wird dabei partiell sandgestrahlt, vermessen, gegebenenfalls saniert, ein weiteres Mal vermessen und schlussendlich nochmals gereinigt und partiell lackiert.

Der nun sanierte Rahmen kommt zurück ins Bogie Repair and Service Center, wo die befundenen Anbauteile wieder montiert werden. Im Laufe des Sanierungsvorgangs sendet der Kunde die zu den Rahmen gehörenden Radsätze nach, damit das Aufsetzen des Rahmens auf die Radsätze bei uns am Standort durchgeführt werden kann und der Kunde somit ein vollständiges Los an Fahrwerken retourniert bekommt.

Augsburg

Die Abfolge der Prozessschritte wird in Abbildung 42 dargestellt.

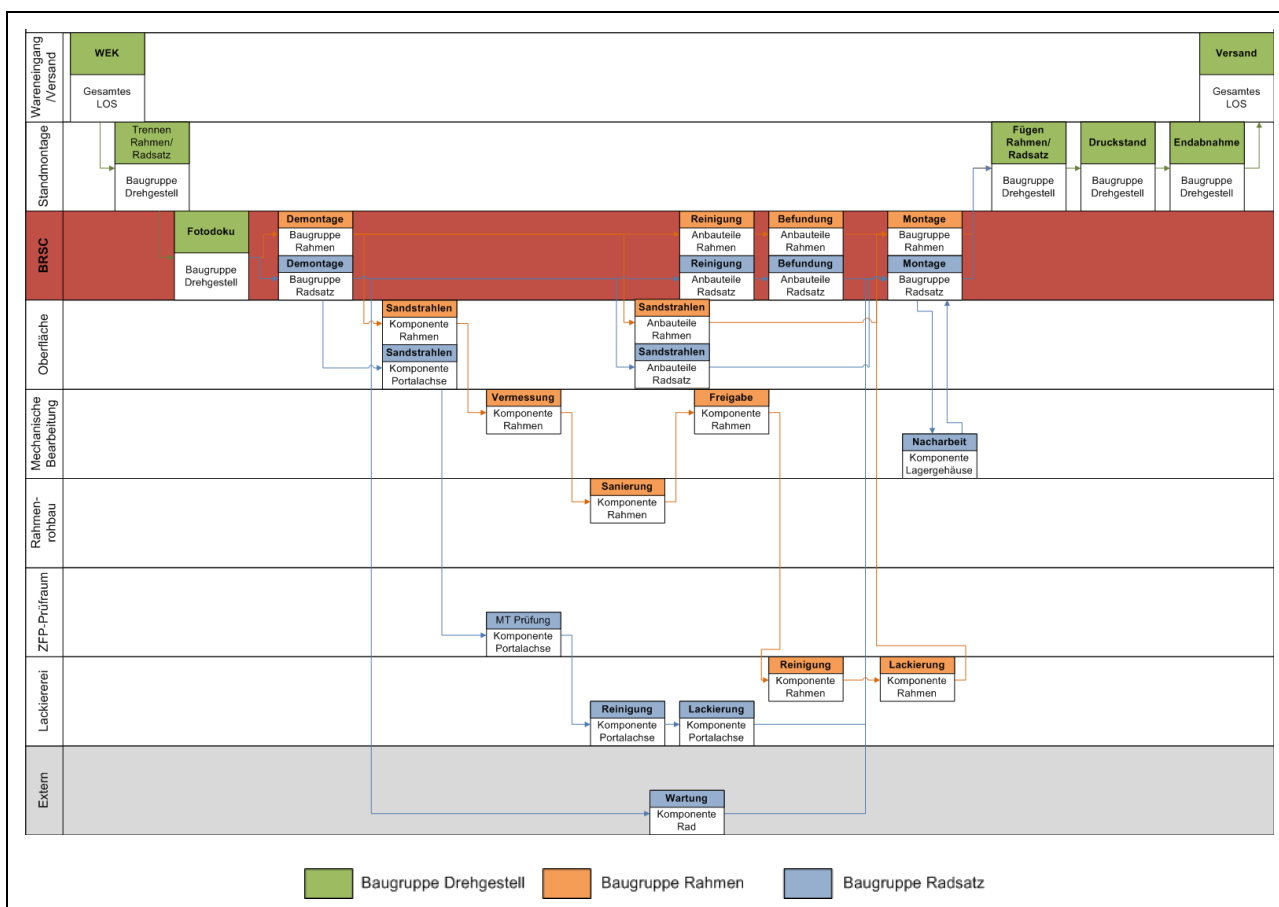


Abbildung 42: Prozessschritte mittels Swimlane-Folgeplan Augsburg

Das Projekt Augsburg ist das derzeit umfangreichste und komplexeste Projekt, welches am Standort Graz Eggenberg abgehandelt wird. Deshalb wurde es am detailliertesten untersucht und als Musterprojekt für Analyse und Konzepterarbeitung herangezogen.

Jedes Fahrwerk wird vollständig angeliefert und ohne Reinigung direkt ans „Bogie Repair and Service Center“ übergeben. Dort werden die Losradachsen vom Rahmen getrennt und ein Rahmen bzw. ein Losradachsenpaar an einen eigens errichteten Arbeitsplatz gehoben, wo anschließend die Baugruppen in ihre Einzelteile zerlegt werden.

Die Hauptkomponenten Rahmen und Losradachsen durchlaufen getrennt voneinander verschiedene Abteilungen am Standort. Dabei wird der Rahmen sandgestrahlt, vermessen, gegebenenfalls saniert, einer Magnetpulverprüfung (MT) und visuellen Prüfung (VT) unterzogen und nochmals vermessen, um schlussendlich gereinigt und vollständig neu lackiert zu werden. Die Portalachse wird parallel dazu ebenfalls sandgestrahlt, darauf einer MT- und VT-Prüfung unterzogen und ebenfalls gereinigt und vollständig neu lackiert.

Neben den Hauptkomponenten durchlaufen die jeweiligen Anbauteile - abhängig von Bauteil und Zustand - unterschiedliche Prozesse. Diese gehen von einer Grundreinigung mit anschließender VT-Prüfung, je nach Größe und Anzahl der Bauteile im Bogie Repair and Service Center oder in der Produktionshalle „Objekt 470“ (siehe Abbildung 43, Materialflusspunkt 3c), über eine komplette Sandstrahlung mit anschließender Lackierung in der Abteilung Oberfläche (siehe Abbildung 33, Materialflusspunkt 3b), bis hin zu einer externen Wartung bei einem Subunternehmer (siehe Abbildung 43, Materialflusspunkt 4e).

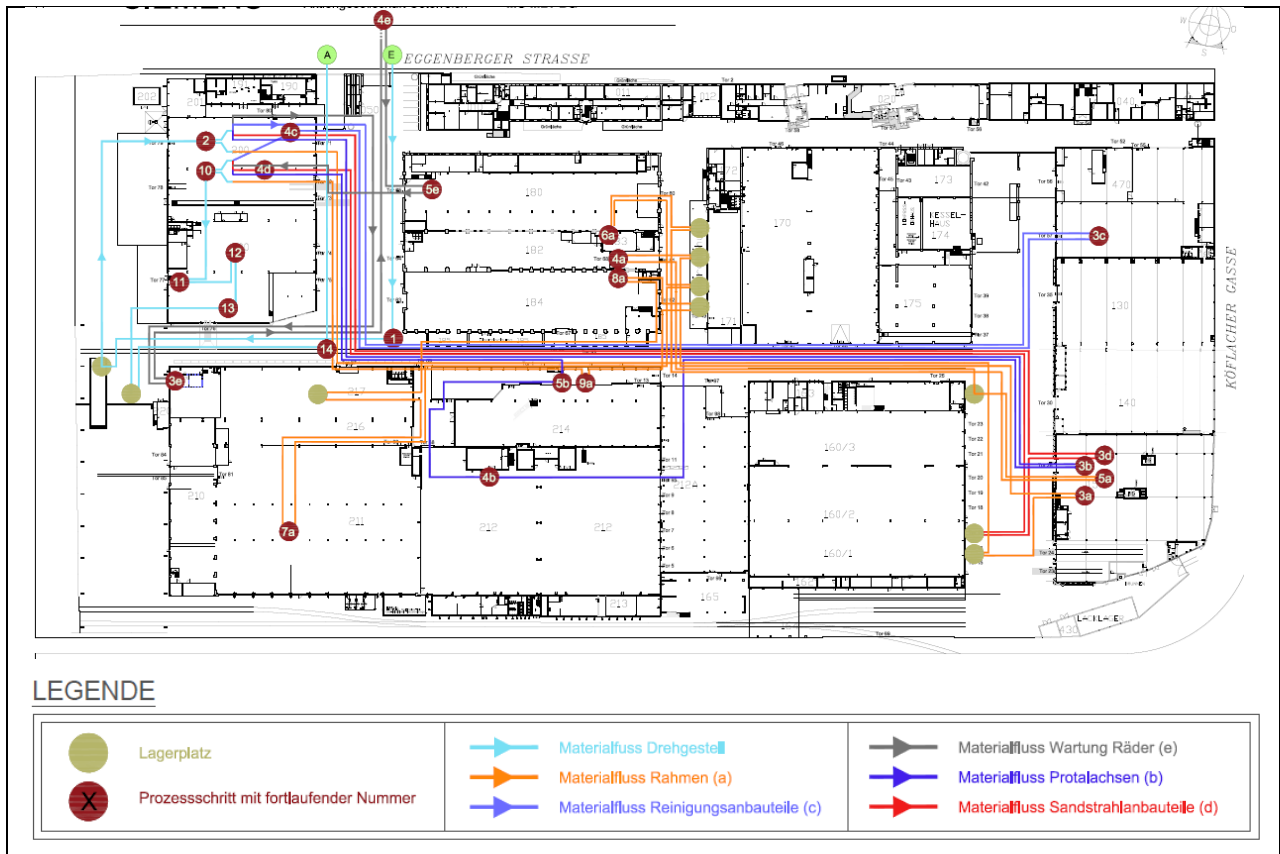


Abbildung 43: Materialflussdarstellung Werklayout Graz Eggenberg - Projekt Augsburg

Wenn nun alle Komponenten wieder für die Montage am Fahrwerk bereit sind, oder entsprechende Ersatzteile zur Verfügung gestellt wurden, werden die beiden Hauptkomponenten wieder zusammengesetzt, um danach wieder zu einem kompletten Fahrwerk verbunden zu werden. Während dem Zusammenbau der Baugruppe Portalachse, ist es, zusätzlich nochmals notwendig, Komponenten des Lagergehäuses in der Abteilung „Mechanische Bearbeitung“ nacharbeiten zu lassen. Ist nun das Fahrwerk komplett, durchläuft es wie jedes „neu“ gebaute Fahrwerk einen Druckstand und wird bei einer Endabnahme vom Projektleiter einer Endkontrolle unterzogen und zur Rücksendung an den Kunden freigegeben.

4.2.2 Wertstrombetrachtung Projekt Augsburg

Um nun den Wertstrom durch den ganzen Standort darstellen zu können, wurde von der Werksleitung Graz Eggenberg die Entscheidung getroffen, den Durchlauf des Projektes „Augsburg“ vor Ort zu verfolgen und einer Wertstromanalyse zu unterziehen. Dabei ist jeweils eine Wertstrombetrachtung für die drei unter 4.2 bestimmten Produktfamilien Fahrwerk, Rahmen und Portalachse dargestellt.

4.2.3 Wertstrombetrachtung Fahrwerk

Der betrachtete Wertstrom, stellt den Fluss des ersten Fahrwerks des Loses vom Projekt Augsburg dar. Dabei werden nur jene Schritte dargestellt, in denen alle Komponenten des Fahrwerks einen gemeinsamen Prozess durchlaufen, wie in Abbildung 44 dargestellt.

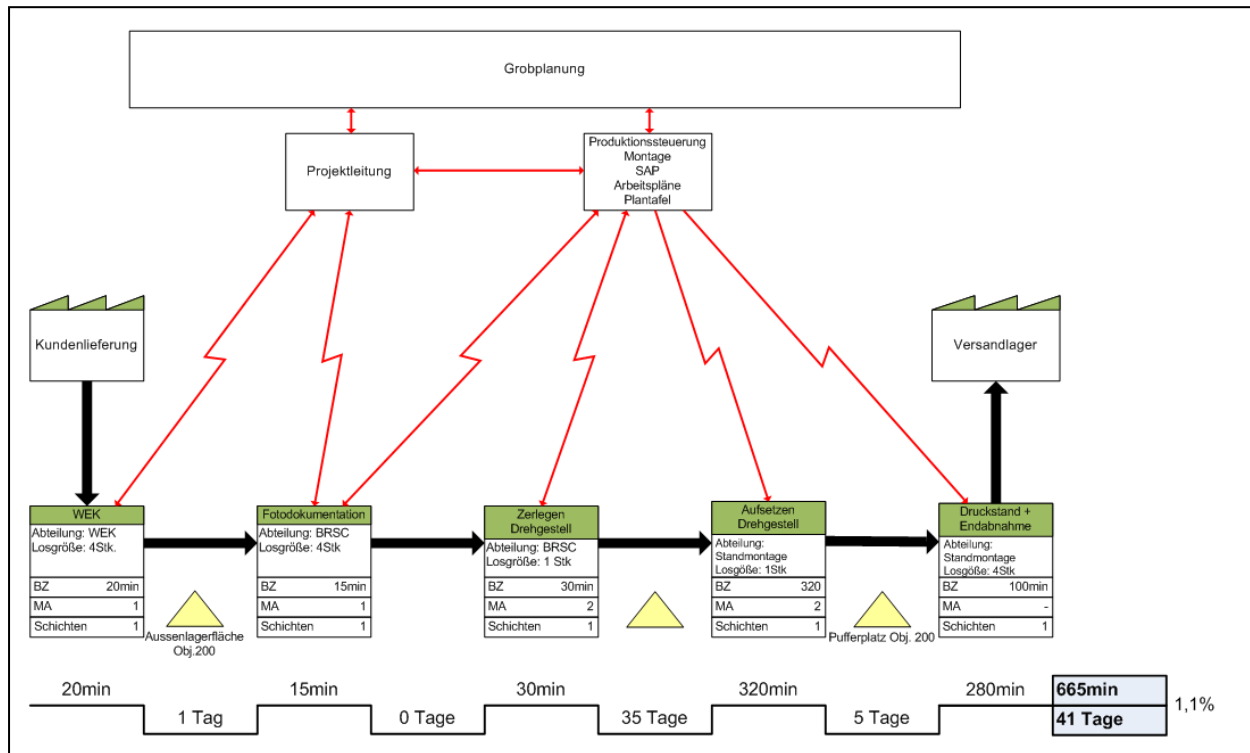


Abbildung 44: Wertstrombetrachtung Augsburg - Produktfamilie „Fahrwerk“

Materialfluss Fahrwerk

Abteilungen, welche ein Service Fahrwerk als Ganzes bearbeiten, arbeiten grundsätzlich im Einschichtbetrieb. Daraus ergeben sich zwangsläufig Stillstandzeiten. Im gegebenen Fall dauert es circa einen Arbeitstag (In Abbildung 44 Tage genannt), bis das Fahrwerk nach seiner Ankunft am Standort in seine zwei Hauptbaugruppen Rahmen und Losradachsenpaar zerlegt worden ist. Anschließend wurde der Service an den Einzelkomponenten in 35 Arbeitstagen durchgeführt. Erst dann wurde der fertig sanierte Rahmen wieder auf die ebenfalls fertigen Losradachsen gesetzt. Nach weiteren fünf Arbeitstagen wurde die Endabnahme vom Projektleiter vorgenommen und der Rahmen war wieder bereit, um an den Kunden retourniert zu werden. Auffällig dabei ist, die bei eigentlich vereinbarten 30 Arbeitstagen Durchlaufzeit hohe Dauer der Servicetätigkeiten an den Einzelkomponenten. Ebenfalls zu erwähnen sind die 5 Arbeitstage Stillstand zwischen Druckstand und Endabnahme durch den Projektleiter. Dass während diesen fünf Schritten das Fahrwerk zweimal zwischengelagert wurde, geht mit der hohen Stillstandszeit einher.

4.2.4 Wertstrombetrachtung Rahmen

Der hier betrachtete Wertstrom soll den Durchlauf der Hauptkomponente Rahmen darstellen. Betrachtet werden also jene Prozessschritte, welche der Rahmen getrennt von der Baugruppe Portalachse durchläuft, wie in Abbildung 45 dargestellt.

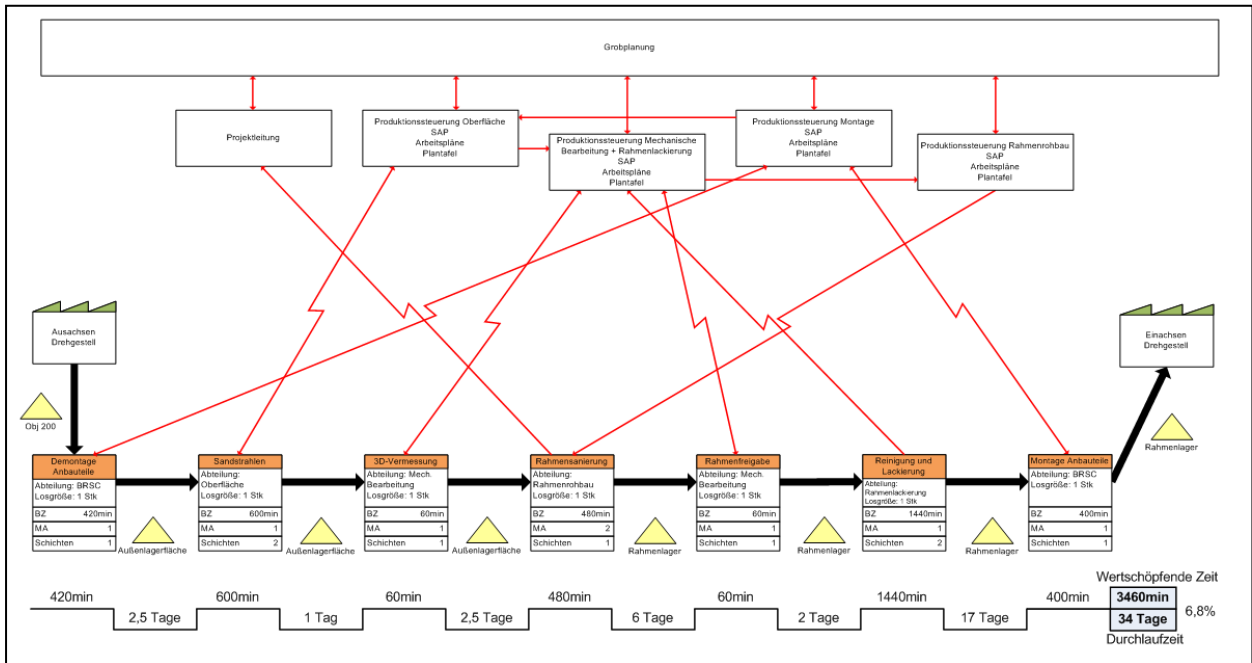


Abbildung 45: Wertstrombetrachtung Augsburg; Produktfamilie "Rahmen"

Der Rahmen durchlief hier die zuvor beschriebenen Prozessschritte. Dabei waren mehrere Punkte mit Diskussionsbedarf auffallend.

Materialfluss Rahmen

Zwischen jedem Schritt wurde der Rahmen auf Lager gelegt und wartete zwischen einem und 17 Arbeitstagen bis der nächste Schritt gestartet wurde. Vor allem die Stillstandszeit von 17 Arbeitstagen vom dem Zeitpunkt als der Rahmen zum Wiederverbau bereit war, bis zu jenem Tag an dem tatsächlich mit der Montage der zur Baugruppe Rahmen gehörenden Anbauteile gestartet wurde, birgt hohes Potential.

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Produktionssteuerungen findet nicht kontinuierlich statt. Es gibt eigentlich keine Produktionssteuerung, welche den Gesamtfortschritt eines Serviceablaufes für einen Rahmen steuert. Die einzige Möglichkeit den gesamten Ablauf bzw. den Fortschritt eines Rahmens zu betrachten, erfolgt über die Einsicht in den Fertigungsauftrag des SAP-Systems. Ein abgeschlossener Prozessschritt im System muss rückgemeldet werden, aber nicht zeitnah.

4.2.5 Wertstrombetrachtung Portalachse

Der hier betrachtete Wertstrom soll den Durchlauf der Hauptkomponente Portalachse darstellen. Betrachtet werden also jene Prozessschritte, welche die Portalachse getrennt von der Baugruppe Rahmen durchläuft, wie in Abbildung 46 dargestellt.

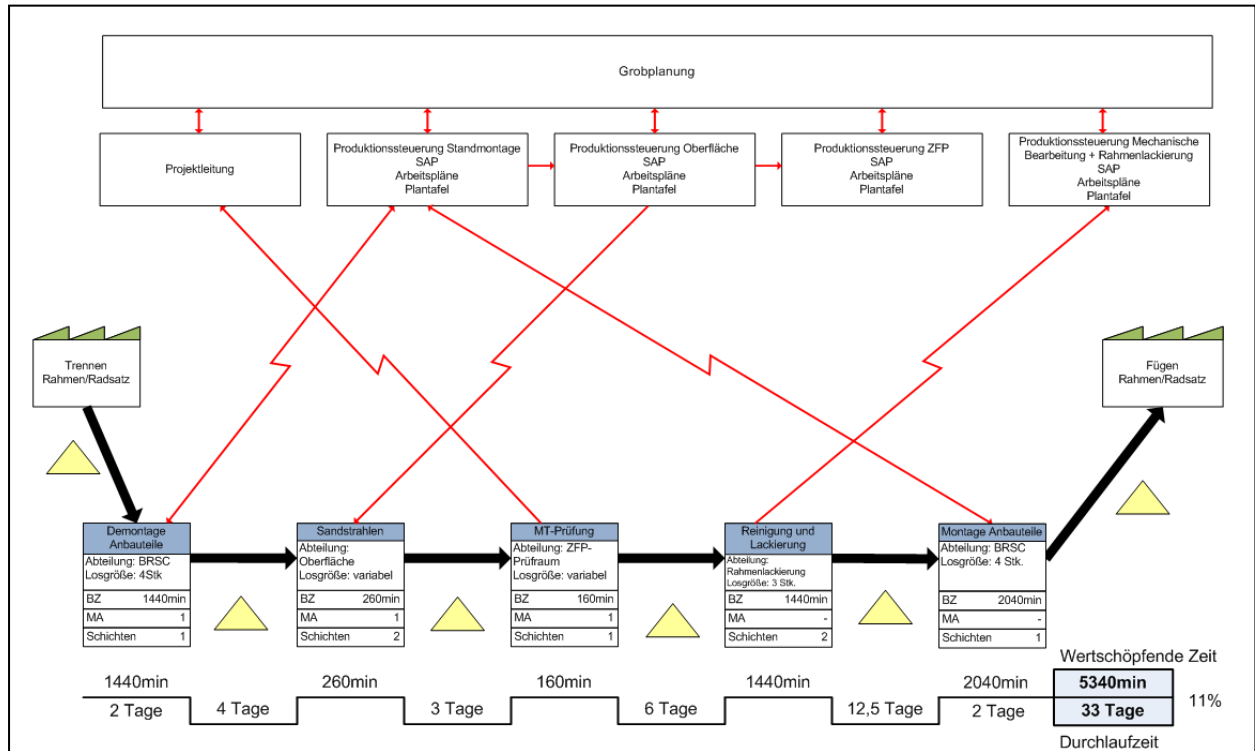


Abbildung 46: Wertstrombetrachtung Augsburg; Produktfamilie "Portalachse"

Die Losradachsen durchliefen hier die zuvor beschriebenen Prozessschritte. Dabei waren mehrere Punkte mit Diskussionsbedarf auffallend.

Materialfluss Portalachse

Zwischen jedem Schritt wurden die Losradachsen auf Lager gelegt und warteten zwischen einem und 12 Arbeitstagen bis der nächste Schritt gestartet wurde. Vor allem die Stillstandszeit von 12,5 Arbeitstagen vom dem Zeitpunkt als ein Losradachsenpaar zum Wiederverbau bereit war, bis zu jenem Tag an dem tatsächlich mit der Montage der zur Baugruppe Portalachse gehörenden Anbauteile gestartet wurde, birgt hohes Potential.

Die Losgrößen der Losradachsen ändern sich während dem Durchlauf stetig und unterliegen keiner grundlegenden Einteilung. Weder in der Zuordnung von Teilung in Losgrößen, welche immer ganzen Fahrwerksbezügen entsprechen (zwei Losradachsen für ein Fahrwerk), noch in einer Zuordnung von zwei serialisierungspflichtigen Losradachsen zu der gemäß Konfigurationsliste zugehörigen Fahrwerksseriennummer.

Informationsfluss Portalachse

Ebenfalls erwähnenswert sei die Kommunikation zwischen den einzelnen Produktionssteuerungen. Es gibt eigentlich keine Produktionssteuerung welche den Gesamtfortschritt eines Serviceablaufes für Losradachsen steuert. Die einzige Möglichkeit den gesamten Ablauf bzw. den Fortschritt einer Portalachse zu betrachten, erfolgt über die Einsicht in den Fertigungsauftrag des SAP-Systems. Dabei muss aber erwähnt werden, dass ein abgeschlossener Prozessschritt im System rückgemeldet werden muss, dies aber nicht zwingend zeitnah passiert.

4.2.6 Beschaffungslogistik im Fahrwerkservice

Im nun folgenden Kapitel der Arbeit werden Teilbereiche der Beschaffungslogistik durchleuchtet um darzustellen, wer welche Materialien bestellt, sowie wo und mit welcher Strategie Material gelagert wird.

Um einen Einblick in den Umfang der benötigten Ersatzmaterialien zu bekommen, wurden alle Ersatzteile, welche an einem beispielhaften Fahrwerk verbaut wurden, bezüglich ihrer Materialart sowie ihrer Bedarfsart (XYZ-Komponenten) nach Kapitel 2.5.2 dargestellt. Dabei wurden fünf Lieferlose, somit zehn Fahrwerksrahmen, des Projektes Karlsruhe betrachtet und hinsichtlich der benötigten Ersatzteile untersucht.

| Verbrauchsgruppe | Kriterium |
|------------------|---|
| X | Stetiger Verbrauch |
| Y | Bedarf bei mehr als 50% der Fahrwerkrahmen |
| Z | Bedarf bei weniger als 50% der Fahrwerkrahmen |

Tabelle 4: Klassifizierung der Verbrauchsgruppen

Dadurch ergibt sich für das Projekt „Karlsruhe“ die in Tabelle 5 dargestellte Aufteilung.

| | X [Stk] | Y [Stk] | Z [Stk] |
|--------------------|---------|---------|---------|
| Sonderpalettenware | - | - | - |
| Europalettenware | 16 | - | 3 |
| Schüttgut | 114 | 2 | 11 |

Tabelle 5: Materialaufschlüsselung Projekt Karlsruhe

Materialdisposition

Bei der Materialbeschaffung ist im Segment Graz Plant, welches für die Durchführung von Fahrwerkservice verantwortlich ist, die Abteilung Material Logistics zuständig. Dies gilt aber nur bedingt für Fahrwerkservice Projekte. Der Prozess der Materialbeschaffung ist im Fahrwerkservice nicht eindeutig festgelegt und lässt den handelnden Personen somit einigen Handlungsspielraum. Die folgenden Punkte sollen darstellen, welche Möglichkeiten zur Materialbeschaffung derzeit umgesetzt werden.

Ersatzmaterial laut Kundenauftrag

Ersatzmaterialen, welche mit dem Kunden vertraglich vereinbart sind und regelmäßig benötigt werden, sind schon mit Auftragsvergabe bekannt und können dementsprechend deterministisch geplant und beschafft werden. Bei den aktuellen Serviceprojekten ist dies aber nicht bei allen der Fall, wie folgende Darstellung zeigen soll.

| Projekt | <u>Augsburg</u> | <u>Karlsruhe</u> | <u>Mittelrheinbahn</u> |
|------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Bedarfsplanung | Deterministisch | Deterministisch | Stochastisch |
| Durchführendes Segment | Manufactoring Graz | Manufactoring Graz | Costumer Service |

Tabelle 6: Ersatzmaterialbeschaffung Kundenauftrag

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich, werden langfristig feststehende Materialbedarfe teilweise stochastisch von einem anderen Segment beschafft. Die stochastische Bedarfsplanung basiert, wie die Bedarfsplanung der übrigen Projekte, nicht aus einer Materialstückliste und einer automatischen Bestellauslösung, sondern muss regelmäßig manuell durchgeführt werden und ebenfalls manuell in jeden einzelnen Fertigungsauftrag eingepflegt werden.

Ersatzmaterial laut Befundungsprotokoll

Ersatzmaterialien welche nicht mit dem Kunden vertraglich vereinbart wurden, jedoch aufgrund des festgestellten Zustandes, bei der Befundung der einzelnen Bauteile, getauscht werden müssen, werden immer vom Costumer Service beschafft. Deren Bedarfe werden stochastisch ermittelt und jene Materialien, welche tatsächlich benötigt werden, nach Abklärung mit dem Kunden zum Tausch freigegeben.

| Projekt | <u>Augsburg</u> | <u>Karlsruhe</u> | <u>Mittelrheinbahn</u> |
|------------------------|------------------|------------------|------------------------|
| Bedarfsplanung | Stochastisch | Stochastisch | Stochastisch |
| Durchführendes Segment | Costumer Service | Costumer Service | Costumer Service |

Tabelle 7: Ersatzmaterialbeschaffung Befundungsprotokoll

4.2.6.1 Lagergestaltung im Fahrwerkservice

Nachdem die Materialbeschaffung betrachtet wurde, folgt nun die Darstellung der Lagersituation für Ersatzmaterialien sowie für alle Komponenten eines Fahrwerkes, welche nicht getauscht, sondern nur gewartet und wieder am Fahrwerk verbaut werden sollen.

Ersatzmaterial laut Kundenauftrag

Ersatzmaterial, bei welchem die Bedarfsplanung deterministisch von Graz Plant durchgeführt wird, ist auch vom Segment Graz Plant eingelagert, dabei gilt in Tabelle 8 dargestellte Systematik:

| | Lagerort | Lagertyp | Ladungsträger |
|--------------------|------------|---------------|-------------------|
| Sonderpalettenware | Hauptlager | Palettenlager | Sonderpaletten |
| Europalettenware | Hauptlager | Palettenlager | Europalette |
| Schüttgut | Hauptlager | Shuttle | Schüttgutbehälter |

Tabelle 8: Lagergestaltung Kundenauftrag Deterministisch

Ersatzmaterial, bei welchem die Bedarfsplanung stochastisch vom Customer Service durchgeführt wird, ist auch vom Segment Customer Service eingelagert, dabei gilt die in Tabelle 9 dargestellte Systematik:

| | Lagerort | Lagertyp | Ladungsträger |
|--------------------|-----------------|---------------|----------------|
| Sonderpalettenware | Ersatzteillager | Palettenlager | Sonderpaletten |
| Europalettenware | Ersatzteillager | Palettenlager | Europalette |
| Schüttgut | Ersatzteillager | Palettenlager | Europalette |

Tabelle 9: Lagergestaltung Kundenauftrag stochastisch

Ersatzmaterial etwaiger Mehrbedarf

Ersatzmaterial, bei welchem die Bedarfsplanung stochastisch von Customer Service durchgeführt wird, ist auch vom Segment Customer Service eingelagert, dabei gilt die in Tabelle 10 dargestellte Systematik:

| | Lagerort | Lagertyp | Ladungsträger |
|--------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Sonderpalettenware | Ersatzteillager | Palettenlager | Europalette |
| Europalettenware | Ersatzteillager | Palettenlager | Europalette |
| Schüttgut | Ersatzteillager | Palettenlager | Europalette |

Tabelle 10: Lagergestaltung Befundungsprotokoll stochastisch

Handling von Kundenmaterial

Kundenmaterial, also jenes Material, welches am Fahrwerk verbaut war und nach Wartungstätigkeiten wieder am Fahrwerk verbaut werden soll, wird direkt im Produktionsbereich vom Bogie Repair and Service Center gelagert. Es gibt keine ausgewiesenen Flächen für diese Materialien, sie verbleiben am Einzelarbeitsplatz und müssen auch nicht wieder bereitgestellt werden. Ebenfalls werden diese in keinem Lagerverwaltungssystem erfasst, da sie Fremdeigentum sind und ihnen unter anderem kein Wert aufgrund ihres Zustandes zugewiesen werden kann.

4.2.7 Produktionslogistik im Bogie Repair and Service Center

Die Betrachtung der Produktionslogistik beschränkt sich hier zum Einen auf die Bereitstellung von Ersatz- sowie Kundenmaterialien im Bogie Repair and Service Center, sowie die Einbindung des SAP – Systems auf den Bereitstellungsprozess und zum Anderen, auf eine Überprüfung der eingesetzten Ladungsträger im Fahrwerkservice.

Da aus vorangegangenen Punkten bekannt ist, dass Ersatzmaterial für Fahrwerkservice von zwei verschiedenen Segmenten bereitgestellt und gelagert wird, gibt es auch mehrere Systeme, wie nun das benötigte Ersatzmaterial vom Lager an jenen Arbeitsplatz gelangt, wo es schlussendlich benötigt wird.

Ersatzmaterial laut Kundenauftrag

Ersatzmaterial welches im Projektauftrag enthalten ist, wird unter folgenden Bedingungen an den Arbeitsplatz geliefert.

| Projekt | Erfassung im Fertigungsauftrag | Bereitstellendes Segment | Bereitstellungssystem |
|-----------------|--|--------------------------|-----------------------|
| Augsburg | Automatisch erfasst in der projektspezifischen Stückliste | Manufacturing Graz | Europaletten KANBAN |
| Karlsruhe | Automatisch erfasst in der projektspezifischen Stückliste | Manufacturing Graz | Europaletten KANBAN |
| Mittelrheinbahn | Keine automatische Systemerfassung (manuelle Eintragung notwendig) | Customer Service | Europaletten |

Tabelle 11: Ersatzmaterialbereitstellung Kundenauftrag

Aus Tabelle 11 ist ersichtlich, dass die Materialbereitstellung nicht nach einem einheitlichen System stattfindet, weder was die Systemintegration und den Auslöser der Materialanforderung angeht, noch was die dafür verwendeten Ladungsträger betrifft. Ebenfalls erwähnenswert ist der Umstand, dass alle Ersatzmaterialien eines Loses (bis zu sechs Fahrwerke) in einem Arbeitsschritt bereitgestellt werden. Das benötigte Ersatzmaterial liegt somit über den gesamten Montagevorgang des betrachteten Loses eines Projektes direkt am Arbeitsplatz.

Ersatzmaterial laut Befundungsprotokoll

Ersatzmaterial, welches nicht in der zu Projektstart erstellten Leistungsbeschreibung enthalten ist, jedoch bei der Befundung am Standort als für den Wiedereinbau notwendig erachtet wird, wird vom Customer Service unter folgenden Bedingungen an den Arbeitsplatz geliefert.

| Projekt | Erfassung im Fertigungsauftrag | Bereitstellendes Segment | Bereitstellungssystem |
|-----------------|---|--------------------------|-----------------------|
| Augsburg | In der Regel nicht im Fertigungsauftrag erfasst | Customer Service | Unterschiedlich |
| Karlsruhe | Manuelle Erweiterung des Fertigungsauftrages | Customer Service | Europaletten |
| Mittelrheinbahn | In der Regel kein weiteres Ersatzmaterial notwendig | Customer Service | - |

Tabelle 12: Ersatzmaterialbereitstellung Befundungsprotokoll

Aus Tabelle 12 ist ersichtlich, dass die Materialbereitstellung nicht nach einem einheitlichen System stattfindet, was die Systemintegration und auch die Bereitstellungssystematik betrifft. Dabei kann es vorkommen, dass Mitarbeiter des Bogie Repair and Service Centers, eigenständig in das Ersatzteillager des Segmentes CS gehen, um sich das benötigte Material zu besorgen. Dies ist zwar mit dem Projektleiter abgestimmt, logistische Tätigkeiten sollten aber nicht Aufgabe des Produktionsmitarbeiters sein. Ebenfalls erwähnenswert ist der Umstand, dass alle Ersatzmaterialien eines Loses (bis zu 6 Fahrwerke) in einem Arbeitsschritt bereitgestellt werden, d.h. das benötigte Ersatzmaterial liegt somit über den gesamten Montagevorgang des betrachteten Loses direkt am Arbeitsplatz. Da bei einem Projekt zwar das korrekte Ersatzmaterial laut Befundungsprotokoll am Arbeitsplatz bereitgestellt wird, jedoch diese Materialien nicht in einen mit dem Fahrwerk in Zusammenhang stehenden Fertigungsauftrag eingepflegt werden, verliert sich hier die Übersicht über die korrekte Zusammensetzung jener Ersatzmaterialien, welche tatsächlich getauscht wurden.

Lagerplatzbedarf Bogie Repair and Service Center

Aus dieser Materialbereitstellungssystematik und diversen für die jeweiligen Projekte notwendigen zusätzlichen Hilfsgüter resultiert in jenem Fall, in dem alle drei Projekte zeitgleich am Standort abgehandelt werden und sich gemeinsam im Bogie Repair and Service Center befinden, jener Flächenbedarf für Materialien, welcher in folgender Tabelle dargestellt ist.

| | Augsburg | Mittelrheinbahn | Karlsruhe |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Losgröße: | 4 Stk. | 6 Stk. | 2 Stk. |
| Kundenmaterial: | 94m ² | 110m ² | 37m ² |
| Ersatzteile: | 11m ² | 7m ² | 3m ² |
| Sonstiges: | 1m ² | 1m ² | 2m ² |
| Σ | 106m² | 118m² | 42m² |

Tabelle 13: Lagerplatzbedarf Bogie Repair and Service Center

Aus Tabelle 13 resultiert ein maximaler Flächenbedarf von 266m², welcher im Bogie Repair and Service Center derzeit nicht berücksichtigt wird. Dabei lagert der Großteil dieser Materialien auf Europaletten am Boden oder an Einzelarbeitsplätzen auf Montagetischen.


Kundenmaterialbereitstellung

Kundenmaterialien lagern direkt am Arbeitsplatz und müssen nicht bereitgestellt werden.

Ladungsträger der Hauptkomponenten im Fahrwerksservice

Als ich zur Datenerhebung für die Wertstrombetrachtung den Materialfluss durch den Standort verfolgt habe, protokollierte ich zusätzlich die für die Hauptkomponenten jeweils eingesetzten Ladungsträger. Dies war bei der Hauptkomponente Rahmen immer derselbe, nämlich eine Holzpalette, welche eigens für den internen Transport von Rahmen angefertigt wurde. Im Gegensatz dazu wurde der Ladungsträger für die Komponente Portalachse bei einem Durchlauf eines Bauteiles mehrmals gewechselt. Zusammen mit der eigens konstruierten Montagevorrichtung im Bogie Repair and

Service Center wurden bis zu vier verschiedene Ladungsträger verwendet, welche in der folgenden Tabelle dargestellt sind.



| Abteilung | Langpalette | Europaletten | Montagevorrichtung | Europalettenstapel |
|--------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>BRSC</i> | X | X | X | |
| <i>Oberfläche</i> | X | | | |
| <i>ZfP – Prüfraum</i> | | | | X |
| <i>Mech. Bearbeitung</i> | X | | | |

Tabelle 14: Verwendete Ladungsträger Portalachse

Grundsätzlich wäre die in Tabelle 14 dargestellte Langpalette für die Komponente Portalachse vorgesehen. Da nicht ausreichend Langpaletten vorhanden waren, mussten zwei Stück Europaletten als Notbehelf dienen. Diese lagerten dann mehrere Tage bis zu ihrer Weiterverarbeitung in der Produktionshalle. Da eine Langpalette nur an der breiten Seite durch einen Stapler transportiert werden kann, war es nicht möglich die Portalachse in den Prüfraum für Zerstörungsfreie Prüfung zu transportieren. Um nun durch die Eingangstüre zu passen, wurden jeweils zwei Losradachsen auf einem Europaletten-Stapel zum notwendigen Prüfen transportiert, um nach Vollendung der Prüftätigkeit wieder auf eine Portalachse je Langpalette zu wechseln.

4.2.9 Fertigungsstruktur im BRSC

Das aktuelle Fertigungssystem verfolgt die Strategie der Serienfertigung nach Werkstättenprinzip (Job-Shop). Dabei sind sowohl die Zusammenführende als auch die Zerlegende Fertigung gemäß 2.6.2 anzutreffen. Bestandteile der zu wartenden Produkte verbleiben über die Dauer der Servicetätigkeiten am Arbeitsplatz, Personal und Betriebsmittel stehen dabei abwechselnd den verschiedenen Arbeitsplätzen zur Verfügung. Ebenfalls muss an den verschiedenen Arbeitsplätzen sowohl Serienfertigung, als auch Einzelfertigung realisiert werden, da nicht nur Wartungsaufträge sondern auch Unfallinstandsetzungen abgewickelt werden. Hinsichtlich der Arbeitsplätze werden drei verschiedene Bereiche unterschieden:

- Bereich für Rahmen Typ1
- Bereich für Rahmen Typ2
- Bereich für Losradachsen

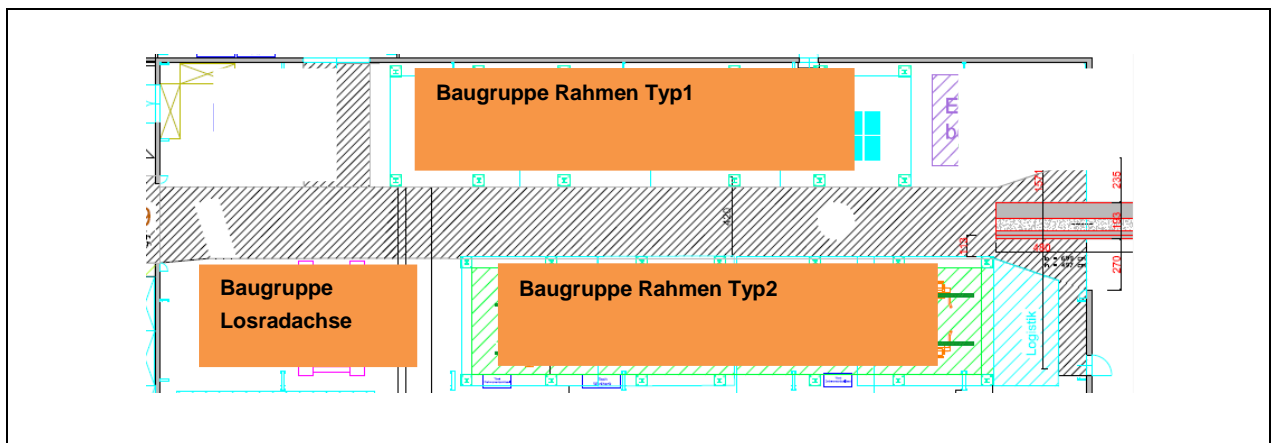


Abbildung 47: Grundriss Bogie Repair and Service Center Fertigungssystem

Der Aufbau der Arbeitsplätze ändert sich je nach Auftrag nur geringfügig. Auch sind die Bereiche der Fertigung sowie der Lagerflächen nicht klar getrennt, je nach Auftrag wird Material an vorhandenen Bodenflächen gelagert. Dadurch ist auch eine klare Unterteilung von Lagerflächen für Ersatzmaterial und Reparaturmaterial nicht realisierbar.

4.2.10 Arbeitsplatzgestaltung im BRSC

Als Bauteilaufnahme für Rahmen werden derzeit – zur Abdeckung aller Rahmentypen – zwei unterschiedliche Bauteilaufnahmen eingesetzt, dazu noch eine eigene Bauteilaufnahme für Losradachsenpaare (siehe Abbildung 48). Arbeitsplätze für Radsätze sind nicht vorgesehen, diese müssen eigens in der Fertigungshalle RASMO (Radsatzmontage) verarbeitet werden. Da je nach Auftragsituation nicht zu jeder Zeit alle Arbeitsplätze im Bogie Repair and Service Center benötigt werden, können diese, wie zuvor erwähnt, auch als Lagerfläche dienen.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>Montagetisch: Rahmen</p> | <p>Hebebühne: Rahmen</p> | <p>Montagetisch: Losradachsen</p> |

Abbildung 48: Bauteilaufnahmen Bogie Repair and Service Center

Der Grund für die verschiedenen Arbeitsplätze liegt an den Geometrien der verschiedenen Strukturbauteile. So können Losradachsen nur am eigens designten De-/Montagetisch für Losradachsen in ergonomisch annehmbaren Verhältnissen verarbeitet werden. Selbiges gilt für den Montagetisch Rahmen, welcher etwa bei Rahmen einer Straßenbahn zum Einsatz kommt. Die ebenfalls in Verwendung befindlichen Hebebühnen bieten hingegen den Vorteil, dass mehrere Rahmentypen, jedoch nur ab einer gewissen Größe, darauf verarbeitet werden können.

4.3 Analyse und Kritik der IST- Situation

Nachdem der Wertstrom des als Referenz dienenden Projektes Augsburg, sowie die allgemeine Fertigungsstruktur mit zugehöriger Logistik im Bogie Repair and Service Center erfasst wurden, werden diese nun analysiert und interpretiert, sowie Verschwendungen und die dahinterliegenden Potentiale dargelegt.

4.3.1 Analyse Wertstrom Augsburg hinsichtlich Materialfluss

Man sieht deutlich, dass das Bogie Repair and Service Center zwar am Anfang und Ende immer gewisse Teilschritte eines Service abhandelt, aber dazwischen bis zu sieben andere Abteilungen oder sogar Unternehmen mit teils eigenständiger

Fertigungssteuerung in den Serviceprozess integriert sind. Daraus resultiert die Erkenntnis, dass es für eine werthaltige Aussage nicht reicht das Bogie Repair and Service Center alleinig zu betrachten, sondern den Materialfluss und vor allem die jeweils benötigten Durchlaufzeiten aller integrierten Parteien zu durchleuchten.

Die drei zuvor betrachteten Wertströme wurde daher in eine Darstellung (siehe Abbildung 50) zusammengefasst um daraus die kritischen Stellen besser sichtbar zu machen und die weitere Vorgehensweise zu begründen. Dabei wurden die in den zuvor betrachteten Wertströmen nicht klar wiedergespiegelten Anbauteile der Hauptbaugruppen ebenfalls beigefügt und zusätzlich folgender Farbenkennzeichnung unterstellt:



Abbildung 49: Farbliche Zuteilung Anbauteile

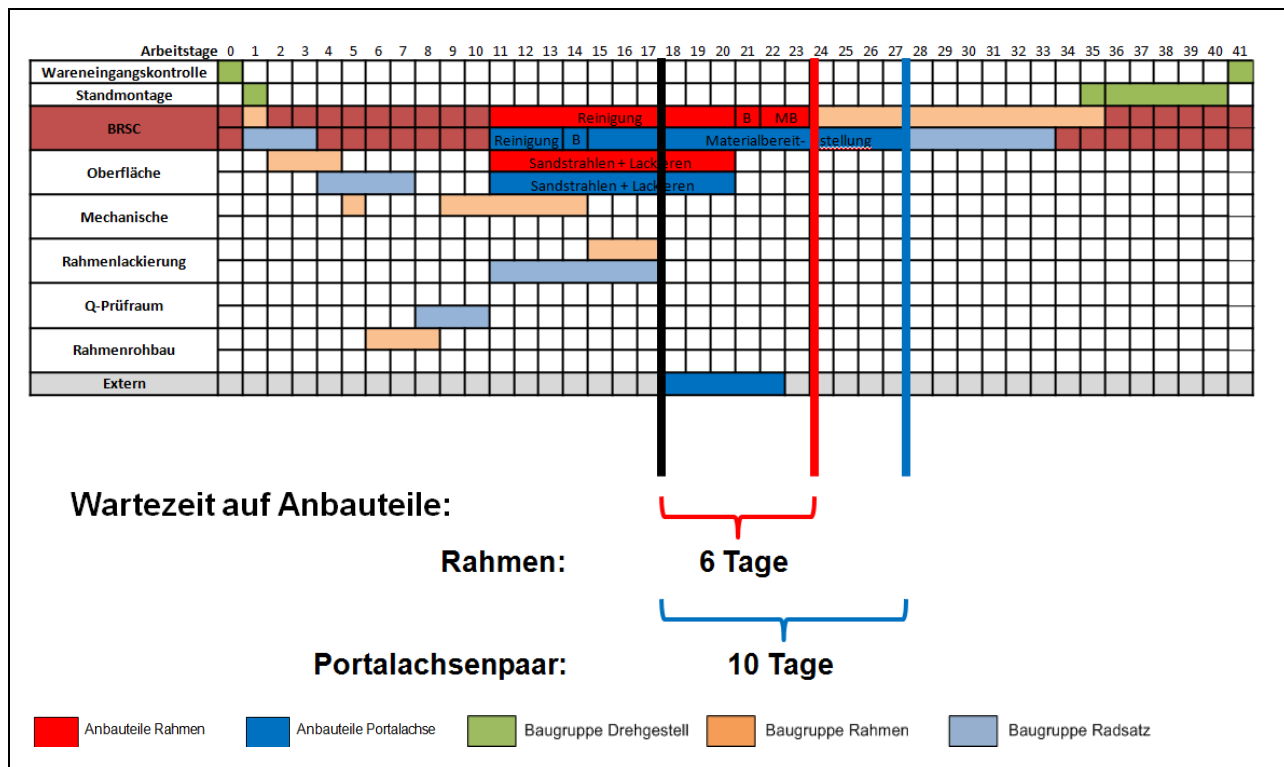


Abbildung 50: Durchlaufzeiten der einzelnen Baugruppen "Augsburg"

Die gesamte Durchlaufzeit ist hier mit 41 Arbeitstagen eindeutig zu hoch und wäre grundsätzlich klar im pönalisierten Bereich, da aber dieses Los über Weihnachten und somit in einen Zeitraum mit sehr vielen Feiertagen und Tagen verringerter Produktivität (Wartungsarbeiten) fiel, wurde vom Projektleiter mit dem Kunden eine tolerantere Durchlaufzeit vereinbart. Diese lag bei 36 Arbeitstagen und konnte aufgrund von

Krankheitsfällen wichtiger Mitarbeiter dennoch nicht gehalten werden, weshalb mit dem Kunden der dargestellte Abliefertermin nach 41 Arbeitstagen vereinbart wurde, welcher auch gehalten werden konnte.

Die wichtigste Erkenntnis, welche uns das vorher dargestellte Diagramm geben soll, ist jener Bereich, welcher in den Wertstrombetrachtungen den längsten Stillstand aufgezeigt hat, nämlich jener zwischen Fertigstellung der Hauptkomponenten (Prozessschritt „Reinigung und Lackierung“) und dem Beginn der Montage der zugehörigen Anbauteile (Prozessschritt „Montage Anbauteile“). Hier ist klar ersichtlich, dass jene Anbauteile, welche während einem Durchlauf auf verschiedene Arten für den Wiedereinbau vorbereitet werden, den Grund für diese langen Liegezeiten darstellen. Zum Einen jene Anbauteile, welche im Bogie Repair and Service Center verbleiben, dort gereinigt und befundet werden, und zum Anderen jene Teile, welche das Bogie Repair and Service Center verlassen und in anderen Abteilungen für den Wiederverbau vorbereitet werden. Jeder dieser Prozesse würde für sich den Startzeitpunkt für den Prozessschritt „Montage Anbauteile“ nach hinten verzögern, so beträgt die Liegedauer, aufgrund des kritischen Pfades für die Hauptbaugruppe Rahmen, zehn Arbeitstage und bei der Hauptbaugruppe Portalachse sechs Arbeitstage. Zurückzuführen ist dies auf das Fertigungssystem und die begrenzte Personalsituation im Bogie Repair and Service Center, da auf Einzelarbeitsplätzen zuerst alle Fahrwerke zerlegt werden müssen (um danach alle Anbauteile dieser Fahrwerke ihren weiteren Prozessschritten zuzuführen), können die Anbauteile des ersten – hier von uns betrachtetem – Fahrwerks erst weitergehen wenn alle anderen Fahrwerke ebenfalls zerlegt sind. Bei anderer Vorgehensweise würde sich der Startzeitpunkt für das letzte Fahrwerk sehr weit nach hinten verschieben und das Risiko auf weitere Wartezeiten würde sich nochmals erhöhen.

Auch fehlte ein Priorisieren kritischer Bauteile, beispielsweise musste die Komponente „Radreifen“ bei einem Subunternehmer bearbeitet werden. Die Durchlaufzeit beim Subunternehmer kann nur bedingt beeinflusst werden, weshalb man hier hohe Priorität auf eine möglichst rasche Abwicklung legen sollte, um die Durchlaufzeit der eigenen Produktion nicht unnötig zu gefährden. Die Radreifen wurden jedoch mit Losgröße 16 Stück (das gesamte 11. Lieferlos) an jenem Tag zum Kunden gesandt, als die Hauptkomponente Portalachse vom ersten Fahrwerk bereits zum Wiederverbau bereit war.

Fertigungssteuerer, der Fertigungstermin festgelegt und somit aktiv gesteuert wird, wird im Fahrwerksservice im Großen und Ganzen nur der Fertigstellungstermin vom Projektleiter eines Serviceprojektes erfragt und in der Feinplanung dokumentiert. Es werden somit Wartungs- und Instandhaltungsaufträge nicht strukturiert gesteuert und im Vorhinein in eine wochenfeine Planung mit einbezogen.

Werkstattplanung

Das Tagesgeschäft im Fahrwerksservice wird über mehrere Funktionen geplant, diese sollen für die aktuellen Projekte in der folgenden Abbildung dargestellt werden.

| | FA (PV10) mit Arbeitsplan mit Stückliste <i>Pro Drehgestell</i> | FA (PV10) mit Arbeitsplan ohne Stückliste <i>Pro Drehgestell</i> | FA (PV15) Ohne AP <i>Pro Projekt/Los</i> | Q- Meldungen <i>Pro Drehgestell</i> | Zusatz- dokumentation <i>Je Projekt</i> |
|------------------|---|--|--|---|---|
| Augsburg | 1 x 1 Drehgestell Dem. 1 x 1 Rahmen San. 2 x 1 Radsatzsanierung 1 x 1 Drehgestell Mon. $\Sigma 5$ | - | 1 x Projekt (Anbauteile- Oberfläche) $\Sigma 1$ | 1 x 1 Rahmen 2 x 1 Portalachse $\Sigma 3$ | Vorhanden 60% befüllt |
| Karlsruhe | 1 x 1 Drehgestell 1 x 1 Rahmen (San.) 1 x 1 Rahmen (mech.) $\Sigma 3$ | - | - | 1 x 1 Rahmen $\Sigma 1$ | Vorhanden 70% befüllt |
| MRB | 1 x 4 Radsätze 4 x 1 Radsatz $\Sigma 5$ | 1 x 1 Drehgestell (Rahmen) $\Sigma 1$ | Nach Bedarf je Los | 2 x 1 Radsatz 1 x 1 Rahmen $\Sigma 3$ | Vorhanden 10% befüllt |

Abbildung 52: Angewandte Methoden zur tagesfeinen Planung

Aus diesen verschiedenen Methoden zur tagesfeinen Planung lassen sich nun mehrere allgemeine Aussagen hinsichtlich Verschwendung ableiten.

- Keine einheitliche Vorgehensweise sowohl bezüglich der verwendeten Erfassungssysteme als auch im Umfang der verwendeten Tools
- Unterschiedliche Verfasser der Fertigungsaufträge, PV10 wird durch Disposition MF-GRZ eröffnet, PV15 wird vom Projektleiter CS eröffnet, was heißt dass ein Mitarbeiter des Segmentes CS die Fertigung im Segment MF-GRZ einsteuert.
- Kein Einsatz der Servicemeldung (PV07), aufgrund fehlender systemtechnischer Voraussetzungen für Fahrwerksservice
- Q-Meldungen für Kapazitätsplanung nicht verwendbar, da sie keinen Eingriff in den Fertigungsauftrag bezüglich der Durchlaufzeit vornehmen
- Keine gesammelte Erfassung projektspezifischer Daten, welche den Fortschritt oder Verlauf aktueller Projekte darstellt

Die verwendeten Methoden werden nun im Folgenden nochmals für sich analysiert.

Fertigungsaufträge

Die aktuell verwendeten Fertigungsaufträge unterscheiden sich grundsätzlich von Projekt zu Projekt, dabei führen jedoch alle zu folgenden Erkenntnissen:

- PV10 ist ein Fertigungsauftrag mit Arbeitsplan und Stückliste für Neufertigung, PV07 wäre ein eigens möglicher Reparatur-Fertigungsauftrag (Servicemeldung)
- Die Grundstruktur der Arbeitspläne ist teilweise zu grob/falsch (Augsburg: Arbeitsschritt „Demontage“ beinhaltet Reinigen sowie Befunden der Einzelkomponenten)
- Keine direkt ersichtliche Verbindung zwischen mehreren Fertigungsaufträgen eines Fahrwerkes
- Terminierung nicht immer korrekt möglich, da teilweise falsche Durchlaufzeiten im Arbeitsplan festgelegt wurden (Splittung, Überlappung, etc.)
- Da kein zeitnahes Rückmelden stattfindet, ist keine Ist-Stand-Kontrolle zur Kapazitätsberücksichtigung möglich
- Alle Fertigungsaufträge eines Loses starten zum selben Zeitpunkt und sollen demnach ihren Serviceprozess parallel durchlaufen. Das ist bei bis zu 6 Fahrwerken auf Grund der gegebenen Kapazitäten nicht möglich.
- Bei einem Fertigungsauftrag vom Typ „PV15“ ist kein Rückschluss auf ein einzelnes Fahrwerk(Bauteil) möglich, da diese immer mehrere Komponenten, bis hin zu ganzen Aufträgen enthalten

Q-Meldungen

Q-Meldungen werden grundsätzlich bei jedem Projekt verwendet um eine Schnittstelle zwischen den zu einer Problembehebung benötigten Parteien (Engineering, Graz Plant, Customer Service) zu schaffen. Dabei stößt man auf folgende Erkenntnisse:

- Q-Meldungen haben im Allgemeinen keinen direkten Zusammenhang zum Basis – Fertigungsauftrag
- Die Q-Meldungstypen W2/W3 sind grundsätzlich nicht für Serviceabwickelungen vorgesehen
- Die Erstellung von Q-Meldungen im Bogie Service führt zu Falschwerten in der Auswertung von Qualitätssicherungsdaten (Nullfehlerfahrwerke)

Zusatzdokumentation

Die eigens für Fahrwerksservice ins Leben gerufenen Zusatzdokumentationen werden für jedes Projekt angewandt. Sie sollen die der Fertigung eine Unterstützung bieten um übersichtlich die jeweiligen Fortschritte jedoch nur spärlich befüllt und im Allgemeinen nicht zur Fertigungssteuerung verwendet. Die Kommunikation, wann welches Bauteil an welchem Ort ist oder sein soll, wird hauptsächlich über persönliche Kommunikation (Zuruf, Telefon, email) durchgeführt.

| Bezeichnung | for. Hl. Nr. | Matr.Nr. | SN | VE-FW | WEK | Zerlegen FW | Zerlegen Portal | Stadtrahmen Rahmen und MT | 1 Messung | Sanierung Rahmen Rahmenbau | Vormessen FW Rahmen | Indizieren opt | Portal stadtrahmen | Portal MT | Portal stadtrahmen und Indizieren | Zusammen bau Portal | Zusammen bau FW | Montage FW Spätes incl. Druckstad | Endabnahme | Auslieferungstermin |
|--------------------|--------------|----------|-------|------------|-----|-------------|-----------------|---------------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------|--------------------|------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|------------|---------------------|
| 4 Triebdrehgestell | 13 | 2251199 | 96684 | 06.12.2013 | | 10.12.2013 | 11.12.2013 | 12.12.2013 | 13.12.2013 | Gemeldung | 21.01.2014 | 12.12.2013 | | 21.01.2014 | 21.01.2014 | 22.01.2014 | | | | 17.01.2014 |
| 4 Triebdrehgestell | 14 | 2251721 | 96683 | 06.12.2013 | | 12.12.2013 | 13.12.2013 | 17.12.2013 | 18.12.2013 | erf | 10.01.2014 | 18.12.2013 | | 16.01.2014 | 28.01.2014 | 29.01.2014 | | | | 17.01.2014 |
| 4 Triebdrehgestell | 15 | 2251722 | 96685 | 06.12.2013 | | 12.12.2013 | 13.12.2013 | 17.12.2013 | 18.12.2013 | erf | 10.01.2014 | 17.12.2013 | | 10.01.2014 | 23.01.2014 | 24.01.2014 | | | | 17.01.2014 |
| 4 Laubdrehgestell | 16 | 2251723 | 96686 | 06.12.2013 | | 10.12.2013 | 11.12.2013 | 12.12.2013 | 13.12.2013 | erf | 17.01.2014 | 12.12.2013 | | 16.01.2014 | 24.01.2014 | 27.01.2014 | | | | 17.01.2014 |

Abbildung 53: Analyse von Excellisten zur tagesfeinen Planung

Eine Analyse der Excel-Liste ergibt zusätzlich folgende Erkenntnisse:

- Das Vorhandensein der Listen ist nicht allen Beteiligten bekannt (zb.: ZfP-Labor)
- Verantwortlichkeit nicht immer definiert oder nicht aktuell
- Rückzumeldende Vorgängsblöcke sind nicht immer geschickt gewählt
- Listen schlecht, bis gar nicht gepflegt
 - Fehlwerte
 - Falschwerte – Datum: Wochenende, Heiliger Abend, etc
 - Falschwerte – Zelleninhalt: „Erledigt“ → gibt keinen konkreten Rückschluss auf Abschlusszeitpunkt
- Serialisierung beim Befüllen teilweise ignoriert → FIFO nicht mehr möglich

Zusammenfassung der Analyse

Aus den einzelnen Wertstrombetrachtungen, der vereinten Betrachtung eines Fahrwerkes, sowie der Eindrücke und Erfahrungen bei der Aufnahme der Daten, lassen sich nun folgende Gründe für die hohen Durchlaufzeiten im Fahrwerksservice ableiten:

- Gleichzeitigkeit der Projekte
- Geringe Auslastung/MA-Zahl BRSC (Wirtschaftlichkeit)
- Zu wenig qualifiziertes Personal (Krankheit von MA führt zu Stillständen)
- Kein Priorisieren kritischer Bauteile
- Terminierungsstruktur SAP
- Schwierige Kapazitätsplanung aufgrund fehlender Kontinuität
- Wartezeit aufgrund von Mindestlosgrößen

- Wartezeiten aufgrund von zu später Kommunikation
- Wartezeiten aufgrund eines falschen Fertigungssystems im Bogie Repair and Service Center

Die tagesfeine Produktionsplanung erfolgt im Fahrwerksservice im Allgemeinen über Zuruf, dabei bereitet man sich aufgrund von Erfahrungswerten auf ein Fahrwerksservice vor. Die analysierten Tools wie Fertigungsaufträge und Excel-Tabellen werden nicht zur Planung/Steuerung verwendet, sondern zur Dokumentation.

Aus Kapitel 4.3 lassen sich die folgenden Punkte ableiten, welche das Potential beinhalten, mit neuen Konzepten optimierte Ergebnisse erreichen zu können. Diese Punkte wurden für sich nochmals gruppiert, um aufzuzeigen, welche Bereiche des Fahrwerksservice durch das Erstellen von Konzepten beeinflusst werden können.

Fahrwerk-Service allgemein

- Struktur der Kapazitätsplanung bzw. Mitberücksichtigung Service
- Kommunikationsmethodik
- Art der Kommunikation (SAP-FA; SAP-Q-Meldungen, Excel, „Servicemeldung“)
- Struktur der Kommunikation (v.a. SAP FA)
- Zeitnahes Rückmelden
- FIFO-Prinzip
- Aktualitätskontrolle der Ablaufstruktur (Verantwortlichkeit, ...)
- Aktualitätskontrolle des Materialbedarfs (Verantwortlichkeit, ...)

Bogie Repair and Service – Center

- Ablauf der Tätigkeiten
- Parallelisieren, 2. Schicht
- Priorisieren kritischer Teile (externe Wartung)
- Tauschen statt Reinigen
- Losgrößen
- Ladungsträger optimieren (Kisten, Materialwagen,)
- Materialbereitstellung vereinheitlichen (YZ-Teile offiziell regeln)
- Fertigungsbeeinflussende Prozesse
- Losgrößen

- Ladungsträger Portalachse(n)
- FIFO- Prinzip
- Allgemeine Ablaufänderungen (Serie + Service)
- Rahmenwendevorrichtung Sandstrahlanlage

4.4 Konzeptplanung

Da nun die aktuellen Abläufe und Tätigkeiten im Bereich Fahrwerkservice bekannt sind, wurden, in Übereinstimmung mit den Segmenten MF-GRZ und Costumer Service der SAGÖ und der TU Graz, mehrere der zuvor erfassten Punkte ausgewählt, um neue Konzepte dafür zu erarbeiten. Diese sind folgend angeführt:

- Struktur der Kapazitätsplanung
 - Art der Kommunikationsmethode
 - Struktur der Kommunikation
- Aktualitätskontrolle der Ablaufstruktur und des Materialbedarfs
- Beschaffungslogistik vereinheitlichen
- Ladungsträger Losradachsen optimieren
- Bogie Repair and Service Center
 - Ablauf der Tätigkeiten
 - Losgrößen
 - Ladungsträger optimieren
 - Materialbereitstellung vereinheitlichen

Diese Punkte wurden nun ausgearbeitet und in den nächsten Kapiteln vorgestellt. Dabei kann man die Konzepte im Groben in vier Teilbereiche unterteilen

- IT-Integration und Prozessdefinition von Fahrwerkservice
- Produktionsplanung
- Beschaffungslogistik im Fahrwerkservice
- Bogie Repair and Service Center

4.4.1 Produktionsplanung

Die Produktionsplanung wird in ihrer Grobplanung nicht verändert, sehr wohl jedoch in der Feinplanung. Vor allem die tagesfeine Produktionsplanung soll hier neu dargestellt werden. Durch die erfolgte Standardisierung der Struktur von Fertigungsaufträgen, wird nun der Schritt möglich, Fertigungsaufträge direkt als Tool zur Produktionsplanung zu

verwenden. Um dies jedoch umsetzen zu können, sind noch die folgenden Punkte notwendig.

Anpassung der Terminierung im Arbeitsplan/Fertigungsauftrag

Es soll ein gestaffelter Start der Fertigungsaufträge stattfinden, sodass die einzelnen Fahrwerke eines Loses unter Berücksichtigung der Kapazitäten starten. Außerdem soll der Terminplan im Arbeitsplan/Fertigungsauftrag an die vorgegebene Durchlaufzeit angepasst werden und zwar unter jener Bedingung, dass das letzte Fahrwerk eines Loses nach ca. 90% der geforderten Durchlaufzeit fertig sein soll. Am Beispiel Augsburg bedeutet dies, bei einer pönalisierten Durchlaufzeit von 30 Arbeitstagen, sollen alle Fahrwerke eines Loses nach 27 Arbeitstagen zur Rücksendung an den Kunden bereit sein.

Zeitnahe Information der Beteiligten bezüglich der Eröffnung von Fertigungsaufträgen

Es wird festgelegt, dass alle benötigten Fertigungsaufträge eines Loses, erst nach dem vom Projektleiter bestätigten Anliefertermin eröffnet wird. Um der Fertigungsteuerung noch genügend Zeit zum Einplanen der Lose zu geben, müssen diese jedoch spätestens fünf Arbeitstage vor Anlieferung eröffnet werden.

Nachdem die Fertigungsaufträge eröffnet wurden, wird ein Email an alle beteiligten Abteilungen von einem Mitarbeiter der Materialdisposition versandt, in dem folgende Punkte enthalten sein müssen:

- Fixierter Anliefertermin des kommenden Loses inkl. den zugehörigen FA – Nummern
- Geplantes Anlieferdatum der folgenden zwei Lose
- Zusatzinformationen (bereits bekannter Mehraufwand)

Somit soll sichergestellt werden, dass alle Beteiligten informiert sind und durch die bereits eine Woche vor Anlieferung bekannten Fertigungsauftragsnummern und dem tatsächlichen Terminplan des Serviceprojektes am Standort, ist es jedem Beteiligten möglich, den Startpunkt seiner Tätigkeiten einzusehen und somit einzuplanen. Da auch schon die geplanten Anliefertermine der folgenden zwei Lose einzusehen sind, ist es auch jedem möglich diese grob einzuplanen, ohne dabei die „Rollierende Monatsplanung“ heranziehen zu müssen.

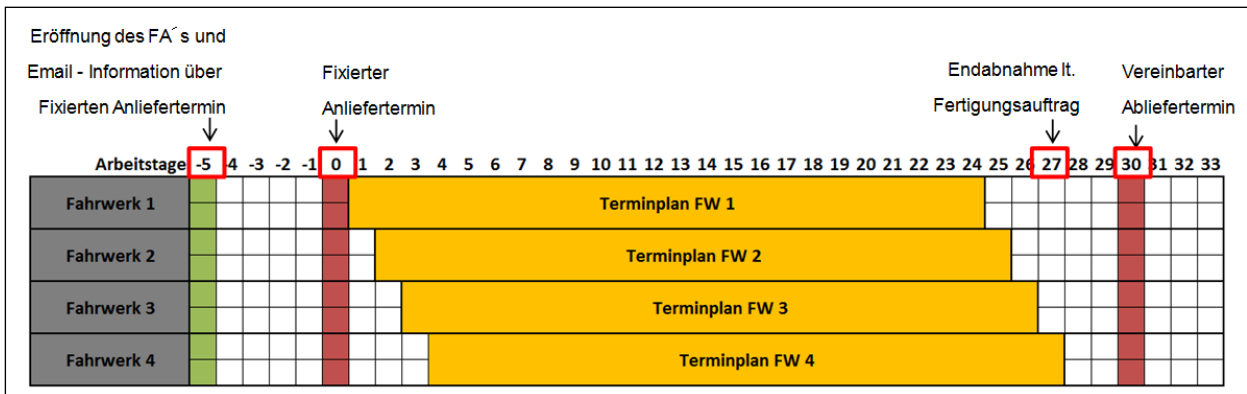


Abbildung 54: Struktur des internen Terminplans eines Loses am Beispiel Augsburg

4.4.2 Prozessdarstellung und Dokumentation

Die Integration in ein IT-System ist eines jener Punkte, welchem allen voran die Einheitlichkeit und die Vollständigkeit fehlten. Dabei wurden Konzepte entwickelt, welche sowohl eine einheitliche und durchgehende Erfassung projektspezifischer Daten gewährleisten, als auch eine kurzfristige Produktionsplanung zu ermöglichen. Für die Punkte Fertigungsaufträge und Materialbedarf wurden folgend einheitliche Strukturen entwickelt und in Mikroprozessen dargestellt.

Neustrukturierung Fertigungsaufträge

Um Fertigungsaufträge in eine einheitliche Form, bei ständig unterschiedlichen Umfängen, zu bringen, wurde folgende Einteilung getroffen:

1. In den Hauptfertigungsaufträgen sind alle getätigten Vorgänge, sowie alle dafür benötigten Materialien enthalten, also der Inhalt der Leistungsbeschreibung, als auch alle ungeplanten Mehraufwände
2. Es gibt für jedes Servicefahrwerk maximal 2 Hauptfertigungsaufträge
 - a. Baugruppe Fahrwerk/Rahmen
 - b. Baugruppe Portalachse/Radsatz

Ad 2.a.

Wird ein Fahrwerk als Ganzes angeliefert, umfasst der Fertigungsauftrag Fahrwerk/Rahmen, die Tätigkeiten von der Anlieferung bis zum Trennen der Hauptbaugruppen und vom Fügen der Hauptbaugruppen bis zur Endabnahme. Kommt das Fahrwerk in seine Hauptbaugruppen getrennt, umfasst der Fertigungsauftrag nur die Hauptbaugruppe Rahmen.

Ad 2.b.

Der Fertigungsauftrag Baugruppe Portalachse/Radsatz wird nur benötigt wenn an Portalachse/Radsatz ein Service vorgenommen wird und daher zusätzlich zum ersten Fertigungsauftrag erstellt.

Neustrukturierung Arbeitspläne

Um nicht nur den Umfang, sondern auch die Struktur des Inhaltes von Vorgängen in Fertigungsaufträgen in ein einheitliches Bild zu bekommen, wurden für Fahrwerksservice Standardarbeitspläne entworfen, welche als

- Basis für die Erstellung von projektspezifischen Arbeitsplänen, sowie als
- Basis für die Befüllung von – neuen und später näher erklärten – Mehraufwandsprotokollen

dienen sollen.

Erstellt wurde nun, je ein Standardarbeitsplan für die zuvor definierten zwei Möglichkeiten der Hauptfertigungsaufträge, welche sowohl durch MF-GRZ, als auch durch CS mittels einer Arbeitsanweisung schriftlich abgesegnet wurden. Die Vorlagen dieser Arbeitspläne sind im Anhang ersichtlich.

Inhalte dieser Arbeitspläne sind alle theoretisch möglichen Vorgänge zur Abhandlung eines Serviceauftrags hier am Standort mit den folgenden Informationen:

- Vorgangsposition
- Arbeitsplatznummern
- Steuerschlüssel
- Beschreibung des Vorgangs Unterteilt werden diese Vorgänge nun in zwei Kategorien:
- Verpflichtend auszuführende Vorgänge
- Projektspezifisch optionale Vorgänge

Ziel der neuen Prozessstruktur

Ein Mitarbeiter soll, die ihn betreffenden Vorgänge betreffend Fahrwerksservice, sofort aufgrund der standardisierten Strukturen identifizieren können, wodurch ein schnelleres und fehlerminimierendes System geschaffen werden soll.

BEISPIEL: Der Fertigungssteurer der Abteilung Oberfläche sieht einen Fertigungsauftrag für ein Fahrwerk im Fahrwerksservice ein, dabei können seine Abteilung nur die Positionen 100 – 120 betreffen, sind diese vorhanden, werden sie eingeplant, andernfalls braucht er nicht länger nach anderen zu suchen.

Dabei werden Standardarbeitspläne stetig aktualisiert, um langfristig eine Basis zu schaffen, auf die der Arbeitsvorbereiter, gleich wie jeder Mitarbeiter, für etwaigen Mehraufwand, zurückgreifen kann.

Mehraufwandsprotokoll

Um nun Tätigkeiten, welche nicht in der Leistungsbeschreibung vorhanden sind, ebenfalls im zuvor definierten Hauptfertigungsauftrag zu erfassen, wurde ein Mehraufwandsprotokoll eingeführt, welches, bei jedem Teamleiter einer Abteilung aufliegt. Befüllt wird dieses Template vom jeweiligen Teamleiter, wenn ein Mehraufwand notwendig ist, und vom Projektleiter genehmigt wurde. Dieses Mehraufwandsprotokoll wird dann unterschrieben und über den internen Postweg zum zuständigen Arbeitsvorbereiter geleitet, welcher den ungeplanten Mehraufwand im Hauptfertigungsauftrag um entsprechende Vorgänge oder Zeiten erweitert (siehe Abbildung 44). Das Mehraufwandsprotokoll ist im Anhang ersichtlich.

Inhalt des Mehraufwandstemplates:

- Interne Name des Projektes
- Projektnummer
- Fertigungsauftragsnummer
- Arbeitsplatznummer
- Zeitaufwand der Zusatztätigkeit
- Beschreibung des notwendigen Mehraufwandes
- Datum
- Unterschrift Teamleiter

Hiermit soll sichergestellt werden, dass jeder Mehraufwand auch tatsächlich in einem Hauptfertigungsauftrag aufscheint. Als Basis für die Befüllung, soll auch hier der eingeführte Standardarbeitsplan dienen, damit sich auch bei Mehraufwänden ein Lerneffekt einstellen kann, welcher die Bearbeitungs-, sowie Auffassungszeit im Fahrwerksservice langfristig verkürzen soll.

Befundungsprotokoll

Bei Tätigkeiten im Bereich des Fahrwerksservice ist es eine Kernkompetenz des Segmentes Customer Service, die zu wartenden Materialien zu befunden. Im Zuge dieser Masterarbeit hat man sich darauf geeinigt, ein einheitliches Befundungsprotokoll für das Erfassen des Istzustandes und das Ableiten von Strategien zu erstellen.

Für das Erstellen eines einheitlichen Protokolles wurde die Fachgruppe LS (Lifecycle Service) bestimmt, welche die optische Gestaltung des neuen einheitlichen Protokolles umsetzen soll. Folgender Inhalt wurde dabei vorab festgelegt:

- Auftragsnummer
- Fahrwerksmaterialnummer
- Seriennummern des Fahrwerkes/ der serialisierungspflichtigen Komponenten
- Befundungsdatum
- Name des Gutachter
- Befundete Materialien inkl. detaillierter Baugruppenzeichnungen
- Befundungsergebnis
- Anzuwendende/Vorgeschlagene Maßnahme
- Durchgeführte Maßnahmen
- Etwaige Meldungsnummer (Q-Meldung)
- Aufwand der jeweiligen Maßnahmen
- Zusatzbemerkungen

| SIEMENS | | Befundungsbericht | | Fahrwerksnummer bogge serial no. |
|--|-----------------------|---|---|-------------------------------------|
| AG Österreich | | | | 98131 |
| Siemens Projektnummer: Siemens project number: | | L-2210194767 | | |
| Siemens Projektname: Siemens project name: | | HU SF30 Combino Augsburg Los 2 und 3 | | |
| Siemens | | | | |
| Fahrwerksnummer: bogge serial number | 98131 | Mat. Nummer material no. | | |
| Seriennummer portal serial number | 54 | 49 | Mat. Nummer material no. | |
| Siemens Typ Siemens Auftragsnummer Siemens order number | 103415 | 103415 | 20765 | |
| Befundungsdatum appraisal date: | 04.11.2014 | Gutachter: appraiser: | Raudner | |
| Kunde | | | | |
| Name: name: | | | | |
| Datum: date: | | | | |
| Unterschrift: signature: | | | | |
| Mit der Unterschrift vom STAWA wird bestätigt, dass die Materialien und Reparaturen, welche unter der Spalte "Ersatzteil einbauen" bzw. "Reparatur durchführen" von Siemens auf Kosten des vom STAWA zu ausgetauscht bzw. durchgeführt werden. | | | | |
| Begutachtungskriterien | | | | |
| Die Fahrwerksrahmen sind auf: | | | | |
| - Vollständigkeit | | | | |
| - Offensichtliche Beschädigungen | | | | |
| - und auf Fehlteile zu prüfen | | | | |
| Ausfällhilfe | | | | |
| Allgemein: | | | | |
| Gelb markierte Felder sind durch Siemens zu befüllen | | Türkis markierte Felder sind vom Kunden zu befüllen | | |
| Grün markierte Felder werden kostenlos beigestellt | | | | |
| Nachfolgende Blätter: | | | | |
| In den Spalten "In Ordnung" und "nicht in Ordnung" ist die entsprechende Stückzahl vom Gutachter einzutragen | | | | |
| In der Spalte "Ersatzteil einbauen" trägt der Kunde die Stückzahl ein, die er gewechselt haben möchte. | | | | |
| Wenn kein Austausch der beanstandeten Teile erwünscht wird, so ist das mit einem Strich zu markieren. | | | | |
| Wenn im Zuge der Begutachtung in der Spalte "nicht in Ordnung" eine Stückzahl angeführt ist. | | | | |
| Doc. Nr. / Art. / Rev. | Änderungsbeschreibung | Erstellt von / Abt. | geprüft und freigegeben checked and approved | Seite page |
| AD000004109884 | - | H. Raudner / BG GM | H. Mair / CG BG | 1 von 23 |

Abbildung 55: Titelblatt Befundungsprotokoll

Steuerung und Dokumentation von Vorgängen im Fertigungsauftrag

Abbildung 56 zeigt die Prozessdarstellung als Folgeplan kombiniert mit einer DEMI Darstellung (allgemein beschrieben unter 2.5.3 Prozessdarstellung), wie in Zukunft Vorgänge im Fahrwerksservice erfasst werden.

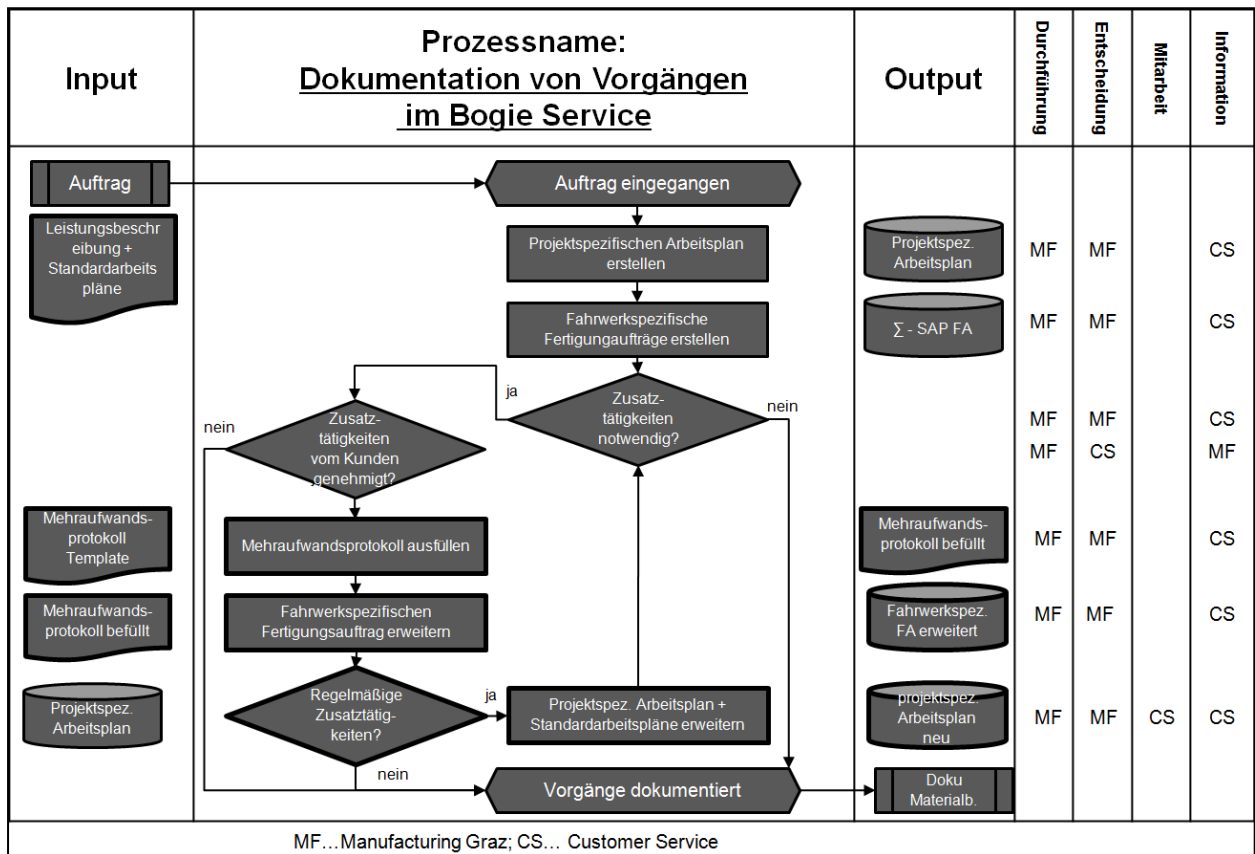


Abbildung 56: Prozessdarstellung Fahrwerksservice - Dokumentation von Vorgängen im Fahrwerksservice

Daraus ersichtlich ist nun ein klar geregelter Prozess, indem alle, bei einem Service Projekt notwendigen, Vorgänge korrekt und strukturiert erfasst werden. Auch zu sehen ist, dass das Segment CS, insbesondere der Projektleiter des jeweiligen Projektes nun nicht mehr etwaige Mehraufwände selbst einsteuern muss, sondern diese Vorgänge aus dem Hauptfertigungsauftrag ersichtlich sind. Generell ist die Verantwortung über die Erstellung und Bearbeitung von Vorgängen in Fertigungsaufträgen zur Gänze an MF-GRZ übertragen. Damit ist auch ein besserer Überblick über die einzelnen Projekte gewährleistet.

Steuerung und Dokumentation von Materialbedarf im Fertigungsauftrag

Auch für den Materialbedarf im Fahrwerksservice soll ein System geschaffen werden, in dem Ersatzmaterialien vor allem vollständig erfasst werden und nach gleicher Vorgehensweise integriert werden.

Abbildung 57 zeigt die Prozessdarstellung als Folgeplan kombiniert mit einer DEMI Darstellung (allgemein beschrieben unter 2.5.3 Prozessdarstellung), wie die Dokumentation von Materialbedarfen im Fahrwerksservice standardisiert wird.

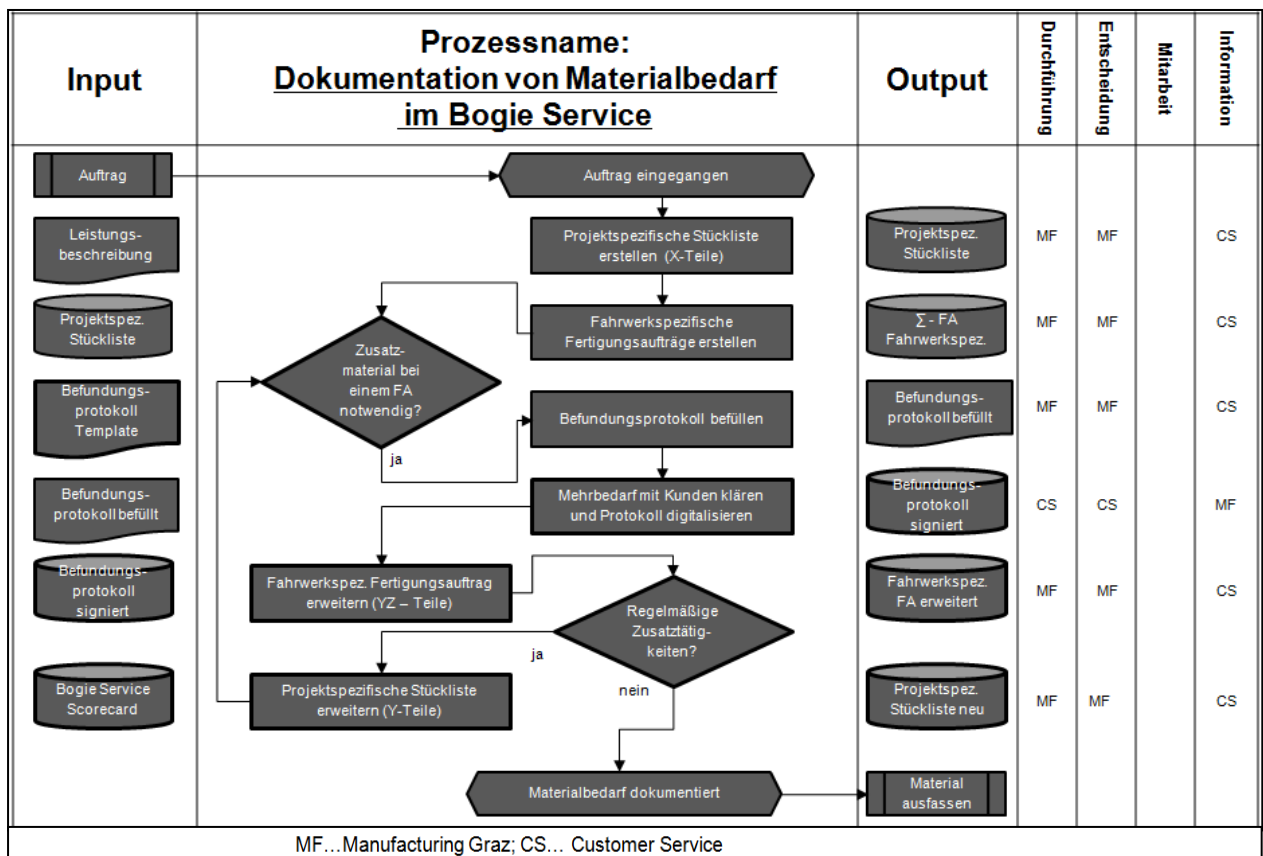


Abbildung 57: Prozessdarstellung Fahrwerksservice - Dokumentation von Materialbedarfen im Fahrwerksservice

Daraus ersichtlich ist nun ein klar geregelter Prozess, in dem alle bei einem Service Projekt notwendigen Materialbedarfe, korrekt und strukturiert erfasst werden. Auch zu sehen ist, dass das Segment CS, insbesondere der Projektleiter des jeweiligen Projektes, nun nicht mehr den Materialbedarf laut Befundungsprotokoll persönlich an die Fertigung beistellt, sondern diese Vorgänge nun aus dem Hauptfertigungsauftrag abgerufen werden können und müssen. Generell ist nun die Verantwortung über die Erstellung und Bearbeitung von Vorgängen in Fertigungsaufträgen zur Gänze an MF-GRZ übertragen. Damit soll auch ein besserer Überblick über Fahrwerksservice Projekte gewährleistet werden.

4.4.3 Beschaffungslogistik

Der gefundene Standard für Teilbereiche der Beschaffungslogistik, definiert die Verantwortlichkeiten zwischen den beiden Segmenten MF-GRZ und CS in Bezug auf die Materialbeschaffung und beinhaltet eine zu den anderen Konzepten aus 4.4.1 – 4.4.3 passende Lagergestaltung.

Beschaffungsprozess

Mikroprozesse die Strukturen und Abläufe der Materialbeschaffung beinhalten, werden nun als Prozess dargestellt und interpretiert. Dabei wird eine Differenzierung zwischen einem Materialbedarf laut Leistungsbeschreibung (X-Teile) und einem etwaigem ungeplanten Mehrbedarf (YZ-Teile) getroffen.

Ersatzmaterial laut Leistungsbeschreibung

Ist ein Materialbedarf in der Leistungsbeschreibung enthalten, so soll die Materialbeschaffung wie in Abbildung 58 dargestellten standardisierten Prozess abgewickelt werden.

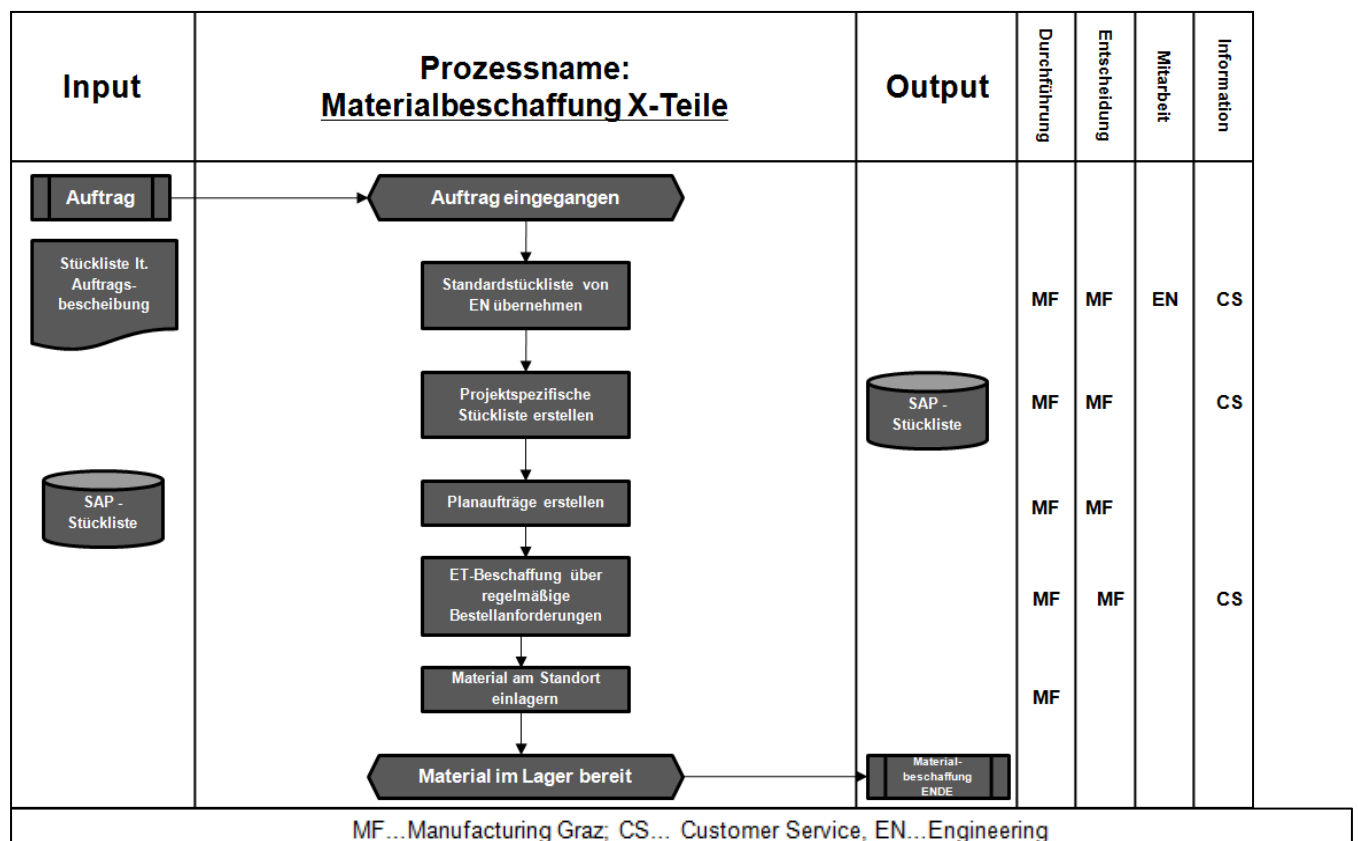


Abbildung 58: Prozessdarstellung Fahrwerksservice - Materialbedarf laut Leistungsbeschreibung

Die Entscheidung, wie Material aus der Leistungsbeschreibung beschafft wird, zur Gänze in der Verantwortung von MF-GRZ liegt, der Projektleiter des Segmentes CS wird hierbei nur informiert und muss nicht aktiv in den Bestellvorgang eingreifen.

Ersatzmaterial etwaiger Mehrbedarf

Mehrbedarf an Material (YZ-Teile), welcher nicht eingeplant, jedoch mitberücksichtigt werden muss, wird über den in Abbildung 59 dargestellten standardisierten Mikroprozess abgehandelt.

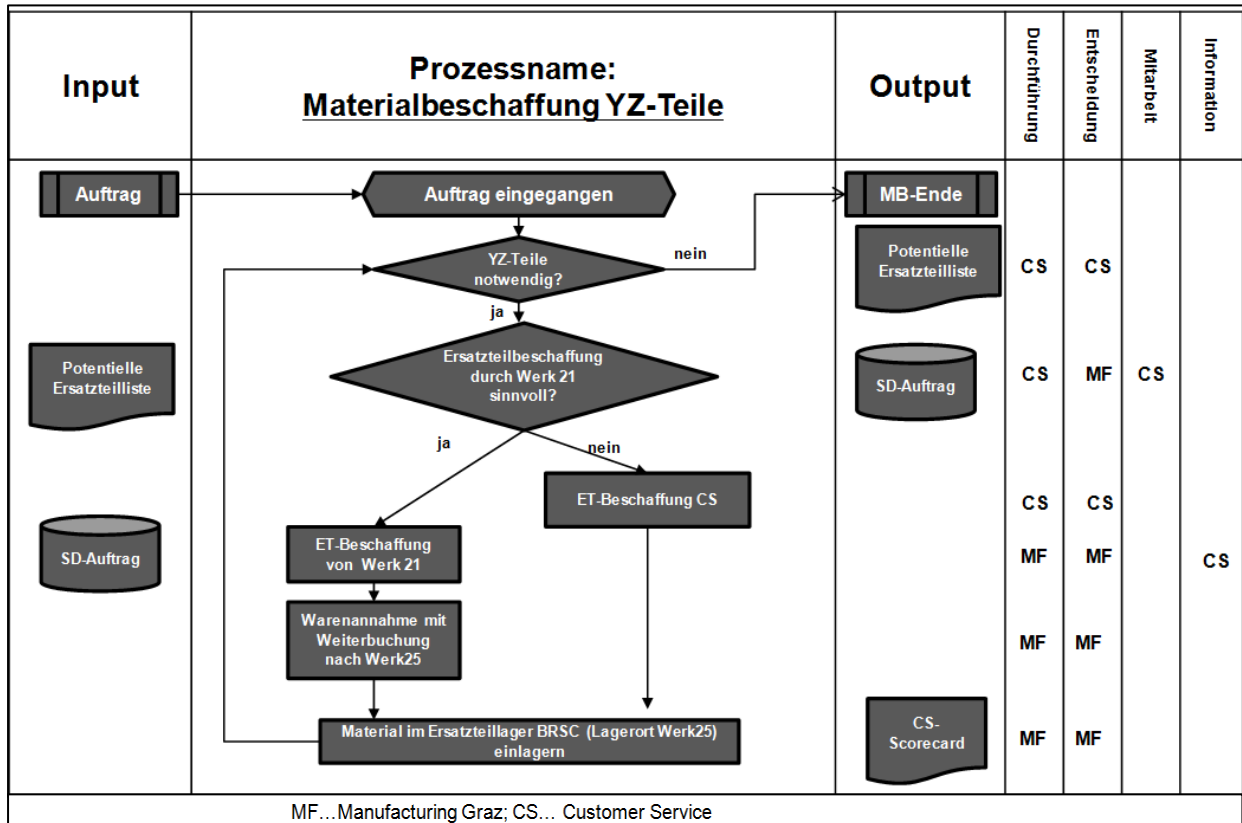


Abbildung 59: Prozessdarstellung Fahrwerksservice - ungeplanter Mehrbedarf

Der Customer Service ermittelt den etwaigen Mehrbedarf an Material (YZ-Teile) stochastisch und es liegt auch in seiner Zuständigkeit, dieses Material zu beschaffen. Dabei kann das Segment MF-GRZ immer mit einbezogen werden, falls dieses einen bestehenden Rahmenvertrag über Materialnummern besitzt, für welche nun auch Materialbedarfe im Fahrwerksservice bestehen. Material wird über einen SAP-Verkaufsauftrag (SD-Auftrag) bestellt. Egal über welche Methode YZ-Teile bestellt werden, eingelagert werden sie nicht mehr im Ersatzteillager des Segmentes CS, sondern an einem eigens neu geschaffenen Lagerort, mit Zugang zum Bogie Repair and Service Center. Wird Material beschafft, so wird dieses in eine, neu geschaffene und in Punkt 4.4.6 erläuterte Fahrwerksservice Scorecard eingepflegt, um zukünftig die Bedarfe an einzelnen Fahrwerken festhalten zu können

4.4.4 Produktionslogistik

Um eine einheitliche Produktionslogistik gewährleisten zu können, wurde die Lagergestaltung, sowie die Materialbereitstellung an den jeweiligen Fertigungsplätzen neu strukturiert.

Lagergestaltung

Die Lagergestaltung für Ersatzmaterial im Fahrwerksservice wurde, auch beeinflusst durch den Zubau einer Lagerhalle (Objekt 203) am Standort, komplett neu strukturiert. Dabei ist folgende grundlegende Einteilung getroffen worden.

| | Ersatzmaterial | | | Alteile |
|---------------------------|----------------|------------|------------|------------|
| | X - Teile | Y - Teile | Z - Teile | |
| Sonderpalettenware | Objekt 203 | Objekt 203 | Objekt 203 | Objekt 203 |
| Europalettenware | Objekt 203 | Objekt 203 | Objekt 203 | Objekt 203 |
| Schüttgut | KANBAN | BRSC | BRSC | Objekt 203 |

Tabelle 15: Einteilung der Lagerorte Fahrwerksservice – future state

Man erkennt hier, dass alle A – bzw. B – Teile im Objekt 203 gelagert werden. Für C – Teile gibt es mehrere Möglichkeiten, wobei alle so getroffen wurden, damit sie für Fahrwerksservice am zweckdienlichsten waren.

In der, zur Zeit dieser Masterarbeit, in Bau befindlichen Lagerhalle (Objekt 203) wird ein Hochregallager, für Europaletten, Langgüter sowie Großkomponenten (z.B. Fahrwerksrahmen) errichtet. Im Nördlichen Teil der Lagerhalle wird nun ein Lagerort für Fahrwerksservice entstehen, welcher alle Ersatzmaterialien außer Schüttgut, sowie das gesamte zwischengelagerte Kundenmaterial aufnehmen kann.

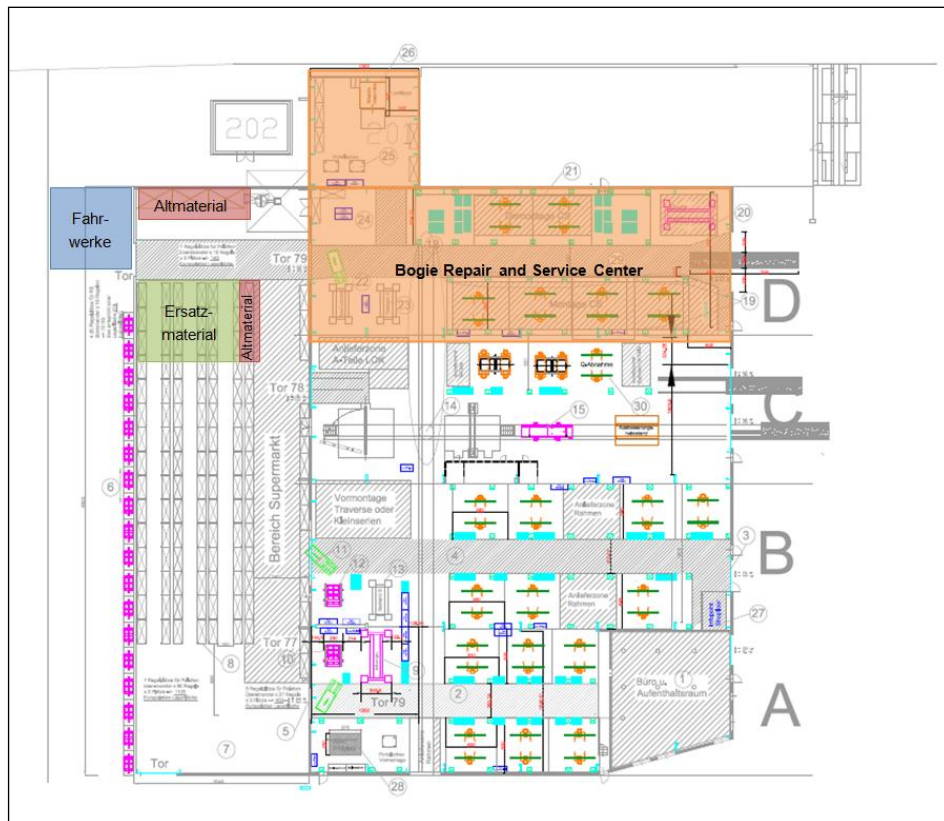


Abbildung 60: Werkslayout BRSC inkl. Lagerflächen für Bogie Repair and Service

Außenbereich

Der in Abbildung 60 dargestellte blaue Bereich, ist ein überdachter Außenbereich mit direktem Zugang zur Lagerhalle und weiterführend zum Bogie Repair and Service Center. Dieser Außenbereich wird als gesammelter Lagerort für Fahrwerke im Fahrwerksservice verwendet. Und zwar zum Einen für neuangekommene unbearbeitete Fahrwerke, sowie zum Anderen auch für aufgearbeitete Fahrwerke, welche zur Endabnahme bereit stehen.

Innenbereich Hochregal Europaletten

Der in Abbildung 60 dargestellte grüne/rote Bereich beinhaltet ein Hochregallager, welches der folgenden Aufteilung unterliegt.

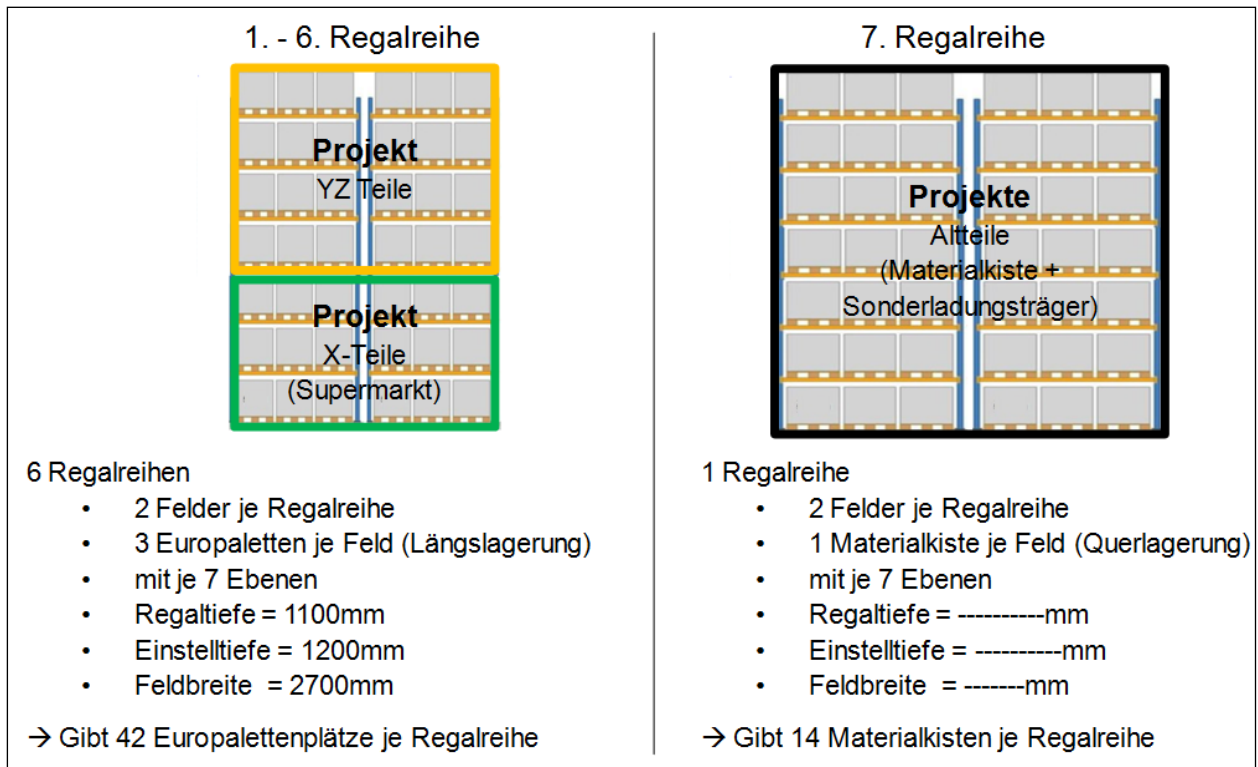


Abbildung 61: Hochregal Aufteilung der Regalfelder Bogie Repair and Service Center

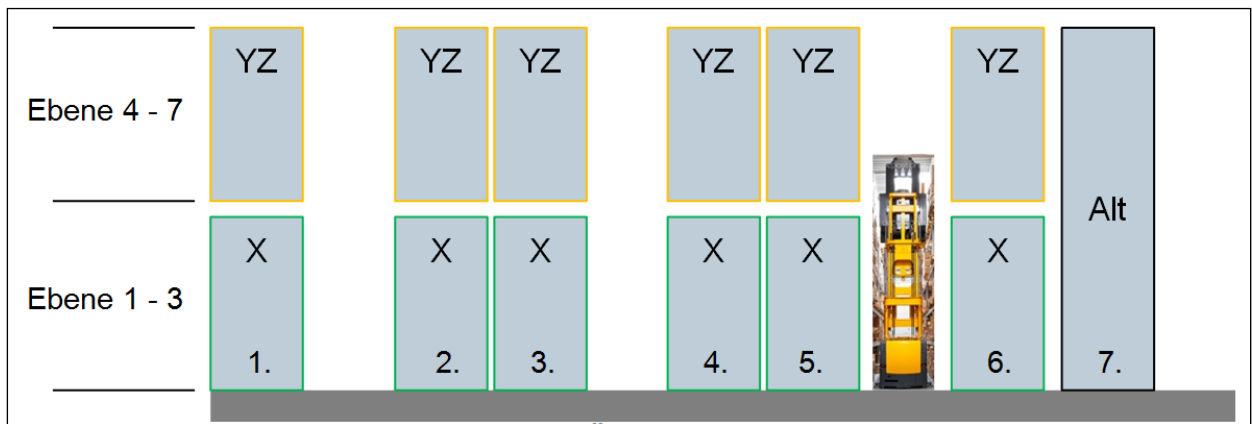


Abbildung 62: Lagergestaltung Hochregal Bogie Repair and Service

Alle A- und B- Materialien, welche für Fahrwerksservice benötigt werden, werden an einem gemeinsamen Lagerort gelagert und eine einheitliche Materialbereitstellung gewährleistet. Die Aufteilung im Hochregallager wurde wie folgt definiert:

- **Regalreihen 1 – 6:** Lagerung von Ersatzmaterialien

Alle Materialien laut Leistungsbeschreibung werden in den unteren drei Ebenen gelagert, um für Materialausfassung leicht zugänglich zu sein. In den höheren Ebenen 4 – 7 sollen alle Z-Materialien gelagert werden, welche unregelmäßig und in geringer Stückzahl benötigt werden. Dabei werden die XYZ - Materialien projektweise gebündelt

gelagert, um ein rasche Materialausfassung zu ermöglichen. Gelagert wird auf Europaletten.

- **Regalreihen 7:** Lagerung von Kundenmaterial

Die Regalreihe 7 ist, wie in Abbildung 61 angeführt, mit größerer Stellfläche ausgeführt und die einzige Regalreihe mit ausreichend breitem Gangbereich. Dieser wird benötigt, um das Regal mit eigens angefertigten Holzkisten zu beschicken. In diesen Holzkisten befindet sich Kundenmaterial, welches zum Wiederverbau bereit, also gereinigt und befundet, ist. Bestückt wird die Kiste mit Fahrwerksbezogenen C-, B- und A- Teilen, welche risikofrei darin gelagert werden können. Zu große A-Teile, beispielsweise Motor- oder Antriebseinheiten, welche auf Europaletten passen, werden im selben Regal separat gelagert.



Abbildung 63: Ladungsträger Kundenmaterial Lager Bogie Repair and Service Center – future state

Innenbereich Hochregal Sonderpaletten

Der in Abbildung 60 dargestellte rote Bereich betrifft die unter anderem die Zone vor der Wand am nördlichen Hallenende und diese beinhaltet ein Hochregallager mit großen Feldern, welche zur Lagerung von sperrigem A-Material, wie Rahmen oder Losradachsenpaaren dienen sollen. Gelagert wird auf Rahmenpaletten.

Materialbereitstellung

Durch klares Regeln des Beschaffungsprozesses, sowie der Entscheidung, Ersatz sowie Kundenmaterialien nicht mehr in der Fertigung zu lagern, wurde es auch notwendig, für die Bereitstellung von Material für Fahrwerkservice am Arbeitsplatz, eine klare Struktur zu definieren.

Ersatzmaterial

Durch die Eingliederung aller Ersatzmaterialien in die zugehörigen Fertigungsaufträge, können Ersatzteile nun durch Fertigungsaufträge abgefasst und in die Bereitstellungsstrategie durch Supermärkte und Just-In-Time Anlieferung der Serienfertigung integriert werden.

X/Y - Komponenten

Komponenten, welche auf Europaletten oder Sonderladungsträgern gelagert sind, werden aus dem Fertigungsauftrag direkt abgerufen und bereitgestellt. Dabei wird das Material vorab kommissioniert und kann bedarfsgerecht (Just in Time) bereitgestellt werden.

Die Bereitstellung von Schüttgut wird, wie in dargestellt, mittels KANBAN umgesetzt und direkt am Bedarfsplatz gelagert. Es kann somit vom Produktionsmitarbeiter selbst abgefasst werden.

Z-Komponenten

Ersatzmaterial für ungeplanten Mehrbedarf wird grundsätzlich durch dieselbe neue Strategie bereitgestellt, wie der planbare Ersatzteilbedarf. Einzig die Kommissionierung muss vom Lagerarbeiter für jeden Fertigungsauftrag eigens durchgeführt werden, da diese nicht im Vorhinein möglich sind. Selbiges gilt für Schüttgut, welches direkt am Fertigungsplatz gelagert wird. Diese Materialien sind jedoch nicht direkt in das KANBAN-System integriert, sondern die bereitgestellten Mengen werden über den zuständigen Projektleiter festgelegt, überwacht und gegebenenfalls angepasst.

Kundenmaterial

Da es sich bei Kundematerial um Anbaukomponenten/-baugruppen handelt, welche sich nicht in Firmeneigentum befinden, ist dieses nicht im Lagerverwaltungssystem erfasst und kann aktuell nicht aus einem Fertigungsauftrag bereitgestellt werden. Die jedoch im Konzept der Lagergestaltung definierten Ladungsträger „Ersatzmaterialkiste“ (siehe Abbildung 63) für Kundematerial werden auch zur Bereitstellung für den Wiedereinbau verwendet. Dabei ist nun sichergestellt, dass alle einem Fahrwerk zugeordneten Kundenmaterialien, wieder vollständig an das jeweils zugeordnete Fahrwerk bereitgestellt werden. Die Bedarfsauslösung für das Kundematerial bzw. den LadungsträgerKundenmaterial muss vom Produktionsmitarbeiter durchgeführt werden.

4.4.5 Fertigungsstruktur „Bogie Repair and Service Centers“

Als Hauptaussage der Wertstrombetrachtung wurde festgehalten, dass die größten Verzögerungen bei Fahrwerksservice im BRSC entstehen, weshalb nun dieses einer Neugestaltung unterzogen wurde. Ziel der Neugestaltung war die Erreichung einer erhöhten Flexibilität, geringeren Stehzeiten, sowie der Abschaffung von Lagerflächen direkt am Arbeitsplatz. Durch die Neudefinition der Beschaffungs- und Produktionslogistik ist dies bereits zum Teil gelungen (siehe Tabelle 15).

Konzept Fertigungssystem

Als Grundsatzentscheidung ist in dieser Arbeit die Umstellung des Fertigungssystems im Bogie Repair and Service Center – von der Werkstattfertigung zum Fließprinzip – aufgegriffen worden und dient als Basis für das folgende Konzept.

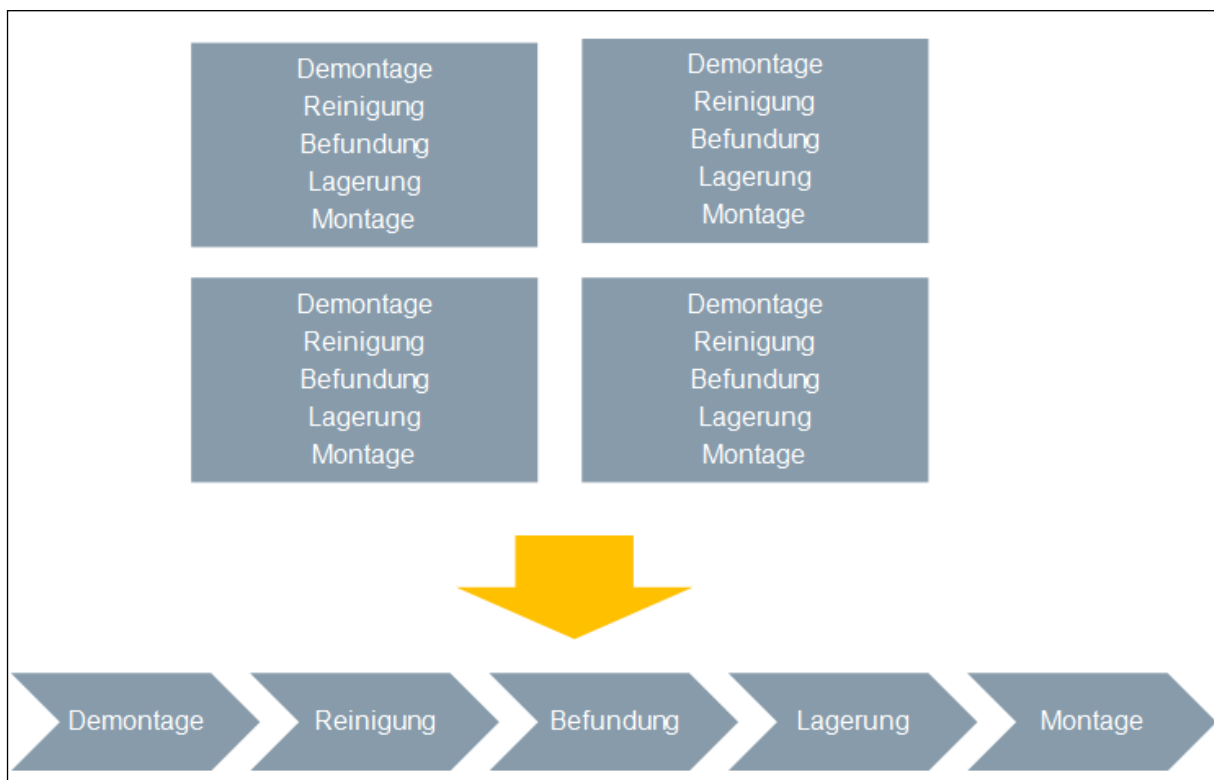


Abbildung 64: Änderung des Fertigungssystems im Bogie Repair and Service Center

Abbildung 64 stellt die aufeinander folgenden Arbeitsgänge von Fahrwerksservice im Bogie Repair and Service Center an örtlich speziell dafür eingerichteten Arbeitsplätzen dar.

Eine zu bearbeitende Komponente im Fahrwerksservice durchläuft dabei, ohne starre Verknüpfung, alle oder nur Teile dieser Arbeitsgänge. Aus Abbildung 64 sowie Tabelle 15 ergeben sich folgende positive Effekte.

- Keine Lagerung von Altteilen mehr am Arbeitsplatz (100% Reduktion des Lagerbedarfs)
- Eine klare Strukturierung der Arbeitsplätze
- Die Losgröße ist auf eine Einheit je Arbeitsplatz fixiert (siehe Anhang 10.4)
- Die Flexibilität in Bezug auf Personalkapazitäten und Fertigungssteuerung sowie Minimierung der Einarbeitungszeit von „Springern“ wird erhöht
- Eine klare Visualisierung des Fertigungsstatus findet statt

Eingliederung des Losradachsenarbeitsplatzes

Um die Fließfertigung für die Abhandlung aller Tätigkeiten im Bogie Repair and Service Center zu erschließen, musste eine Möglichkeit gefunden werden, Rahmen sowie auch Losradachsen in gleichem Maße in dieser Reihe an Arbeitsplätzen verarbeiten zu können. Dies hat den großen Vorteil den gesamten Arbeitsplatz für Losradachsen mit einer Fläche von 55m² einzusparen und erhöht auch zusätzlich die Flexibilität in Bezug auf Integration von Losradachsen im Fahrwerksservice. Um die Eingliederung durchführen zu können, bedurfte es einer Neudefinition der Bauteilaufnahmen im Bogie Repair and Service Center für die Prozessschritte „Montage bzw. Demontage der Anbauteile“.

Nutzwertanalyse Bauteilaufnahme De-/Montagearbeitsplatz

Wie in Kapitel 4.2.10 dargestellt, gibt es drei verschiedene Typen der Bauteilaufnahme, diese galt es aus Platz- und Flexibilitätsgründen zu minimieren. Dabei wurden die bereits verwendeten Typen der Bauteilaufnahme für Rahmen zusammen mit einer neuen Möglichkeit zur Bauteilaufnahme gegenübergestellt und mittels Nutzwertanalyse auf ihre Tauglichkeit zur Integration von Losradachsen geprüft. Diese basierte auf den folgenden Kriterien:

- Ergonomie bezüglich Arbeitshöhe
- Zugänglichkeit der Bauteile
- Möglichkeiten der Bauteilan/-ablieferung
- Istbestand oder Neuanschaffung
- Gewichtseinschränkungen

- Größeneinschränkungen
- Integration von Abtropfbecken
- Komplexität des Ladungsträgers für Losradachsen

Um die Wichtigkeit der einzelnen Kriterien zu klassifizieren wurde die in Tabelle 16 dargestellte Gewichtungsstruktur definiert.

| Gewichtung | Bedeutung |
|------------|-----------------|
| 10 | wichtig |
| 20 | Moderat wichtig |
| 30 | Äußerst wichtig |

Tabelle 16: Nutzwertanalyse - Gewichtungsstruktur

Die für die Entscheidung einer Variante notwendigen Kriterien wurden, wie in Tabelle 17 dargestellt, gemeinsam durch die Abteilungsleitung Montage, sowie dem am Standort zuständigen Mitarbeiter für Lean Production gewichtet.

| Kriterium | Gewichtung |
|--|------------|
| Zugänglichkeit der Bauteile | 30 |
| Möglichkeiten der Bauteil An/-ablieferung | 10 |
| Istbestand oder Neuanschaffung | 10 |
| Gewichtseinschränkung | 20 |
| Größeneinschränkung | 10 |
| Integration Abtropfbecken | 20 |
| Ergonomische Arbeitshöhe | 10 |
| Komplexität Ladungsträger Portalachse | 30 |

Tabelle 17: Nutzwertanalyse - Gewichtung der Kriterien

Danach wurden ebenfalls gemeinsam durch die Abteilungsleitung Montage, sowie dem am Standort zuständigen Mitarbeiter für Lean Production, die einzelnen Kriterien hinsichtlich des Erfüllungsgrades definiert. Die Bedeutung der Erfüllungsgrade ist in Tabelle 18 dargestellt.

| | | Bedeutung des Erfüllungsgrades | | |
|-----------|---------------------------------------|--|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Kriterien | Ergonomische Arbeitshöhe | Nicht regelbar | In Stufen verstellbar | Stufenlos verstellbar |
| | Zugänglichkeit der Bauteile | Bauteil sehr schwer zugänglich | nur seitlich zugänglich | Bauteil für alle Arbeitsschritte zugänglich |
| | Bauteilan/ablieferung | Kran (oben) | Kran (oben) und Stapler (Seiten eingeschränkt) | Kran (oben) und Stapler (alle Seiten) |
| | Istbestand der Vorrichtung | komplette Neuanschaffung (teuer) | teilweiser Bestand vorhanden | keine Neuanschaffung notwendig |
| | Gewichtseinschränkung | bis 1 t | bis 3t | bis 5t |
| | Größeneinschränkung | Rahmen eingeschränkt aufnehmbar Losradachsen eingeschränkt aufnehmbar | Rahmen eingeschränkt aufnehmbar alle Losradachsen aufnehmbar | alle Rahmen aufnehmbar alle Losradachsen aufnehmbar |
| | mit Abtropfbecken kombinierbar | nicht kombinierbar | eingeschränkt kombinierbar | kombinierbar |
| | Komplexität LT Portal | sehr einfach | mittel | kompliziert |

Tabelle 18: Nutzwertanalyse Bauteilaufnahme- Bedeutung der Erfüllungsgrade

Die drei zur Wahl stehenden Varianten wurden in Kooperation mit den Abteilungsleitern der Abteilungen Montage und Production Engineering auf ihren Erfüllungsgrad bewertet und in Kombination mit den gewichteten Kriterien als Ergebnis in Tabelle 19 dargestellt.




| | | |  | |  | |  | |
|---------------|--|------------|--|--------------|---|--------------|---|--------------|
| | | | Eigenbautisch | | Hubtisch | | 2 Stk Hebeböcke | |
| Nr | Kriterium | Gewichtung | Erfüllung | G*E | Erfüllung | G*E | Erfüllung | G*E |
| 1 | Ergonomische Arbeitshöhe | 30 | 1 | 30 | 3 | 90 | 3 | 90 |
| 2 | Zugänglichkeit der Bauteile | 30 | 2 | 60 | 2 | 60 | 1 | 30 |
| 3 | Möglichkeiten der Bauteilan-/ablieferung | 10 | 3 | 30 | 3 | 30 | 1 | 10 |
| 4 | Istbestand der Bauteilaufnahme | 10 | 3 | 30 | 1 | 10 | 3 | 30 |
| 5 | Gewichtseinschränkung | 20 | 3 | 60 | 3 | 60 | 3 | 60 |
| 6 | Größeneinschränkung | 10 | 3 | 30 | 3 | 30 | 3 | 30 |
| 7 | mit Abtropfbecken kombinierbar | 20 | 3 | 60 | 3 | 60 | 1 | 20 |
| 8 | Komplexität des notwendigen Ladungsträgers für Losradachsen | 10 | 2 | 20 | 2 | 20 | 1 | 10 |
| Total: | | | | 320,0 | | 360,0 | | 280,0 |

Tabelle 19: Nutzwertanalyse Bauteilaufnahme - Ergebnisse

Daraus geht hervor, dass sich die Bauteilaufnahme mittels Hubtisch am besten eignet um gleichzeitig Rahmen vom Typ 1 (siehe Abbildung 47) und Losradachsen aufzunehmen. Der Hubtisch kombiniert ideal die Vorzüge der beiden Alternativen. Somit können die Arbeitsbereiche von drei auf zwei reduziert werden. Rahmen vom Typ 2 bedarf aufgrund ihrer Massen und Geometrien weiterhin einer eigenen Bauteilaufnahme. So ist die Arbeitsweise ergonomisch für Rahmen sowie Losradachsen möglich und bleibt dabei rundum leicht zugänglich.

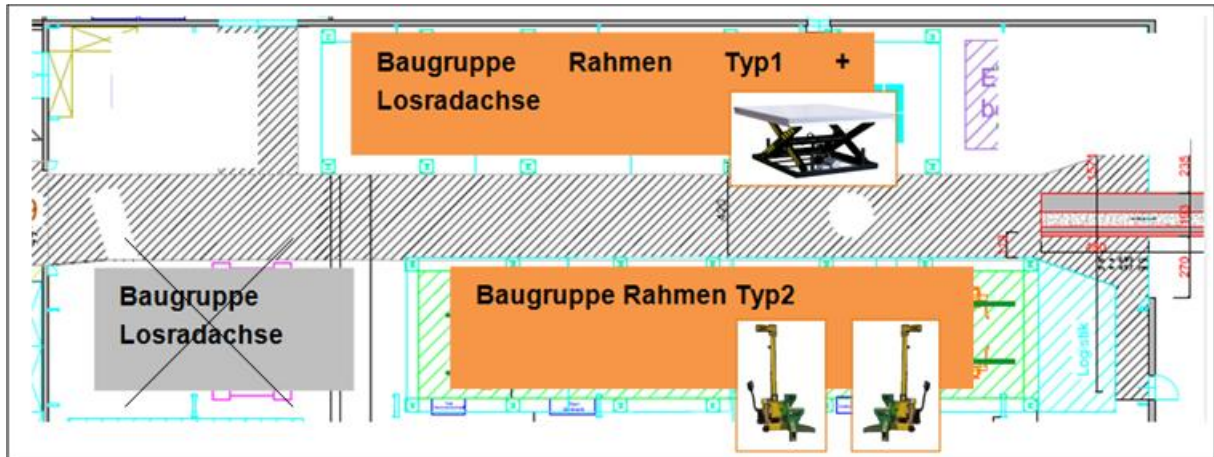


Abbildung 65: Arbeitsbereiche Neu Bogie Repair and Service Center

Neukonstruktion Sonderladungsträger Portalachse

Mit der Festlegung der Bauteilaufnahme für die Fließfertigung wurden nun die notwendigen Randbedingungen für die Konstruktion eines spezifischen Ladungsträgers für Losradachsen festgelegt:

- Gewicht der Komponente Portalachse = ca 250kg
- Transport und Bearbeitung der Portalachsen auf LT
 - Transport muss mittels Stapler und Kran möglich sein
 - Bearbeitung in ergonomischer Höhe
 - Fixierung der Portalachsen am Ladungsträger
- Risikofreie Hebemöglichkeit der Portalachsen
 - Benutzung von vorhandenen Geometrien
 - Möglichst senkrechte Position der Portale in hängendem Zustand
- Minimale Beschädigung der lackierten Oberfläche
- Leichte Zugänglichkeit für Monteur/Arbeiter
- MT-Prüfung möglich ohne LT-Wechsel

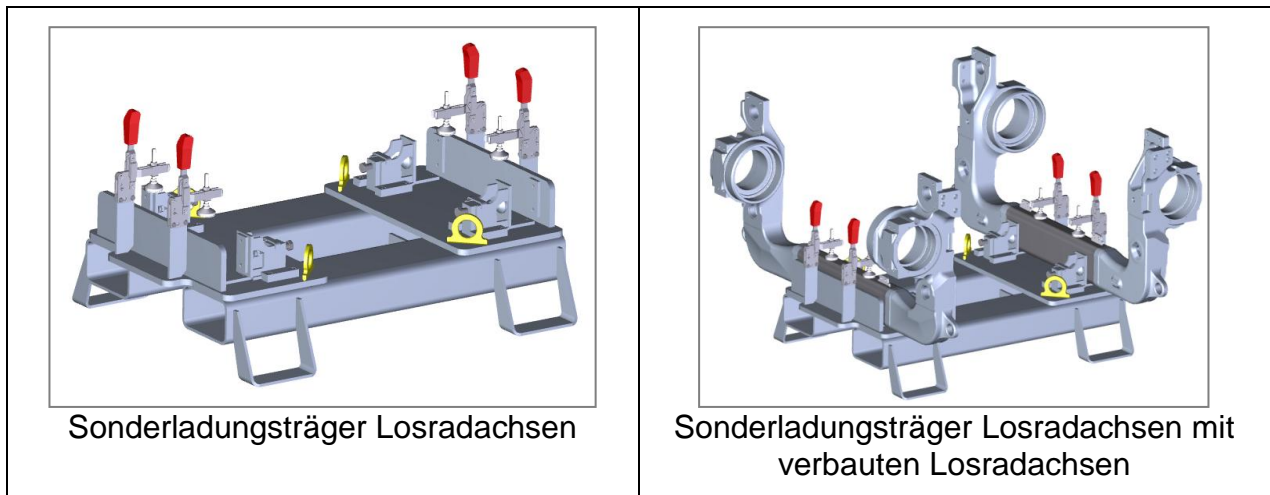


Abbildung 66: Konzeptzeichnung Sonderladungsträger Losradachsen

Aus der neu gewählten Konstruktion können folgende Vorteile abgeleitet werden:

- Alle derzeit konstruierten Losradachsen sind auf diesem Ladungsträger fixierbar
- Der Ladungsträger ist für den kompletten Durchlauf im Fahrwerkservice einsetzbar
- Transport ist mit allen Arten von Staplern sowie einem Kran möglich
- Die Anzahl der Hebetätigkeiten reduziert sich beim Projekt Augsburg von 22 auf 15 (Reduktion um 32%)
- Die Losradachsen können am Ladungsträger fixiert und bearbeitet werden
- Die Bearbeitung kann in ergonomischer Höhe durchgeführt werden
- Ein Transportieren des Ladungsträgers ist auch mit nur einer Portalachse möglich
- Die Fixierung bzw. Bearbeitung einer einzelnen Portalachse ist am Ladungsträger möglich
- Der Ladungsträger besitzt im Gegensatz zu der zuvor verwendeten Vorrichtung um ca. 40% weniger Grundfläche und reduziert somit den benötigten Lagerplatz bei Projekten ohne Losradachsen
- Statisch optimale Geometrie zur Aufnahme und Zentrierung des Ladungsträgers an der Bauteilaufnahme im Bogie Repair and Service Centers
- Minimale Beschädigung der lackierten Oberfläche durch spezielle Kunststoffeinlagen
- Eine gute Zugänglichkeit für den Monteur
- Die Magnetpulverprüfung ist nun direkt am Ladungsträger möglich

Layout der Fließfertigung Bogie Repair and Service Center

Mit der neugefundenen Bauteilaufnahme und des Sonderladungsträgers für Losradachsenpaare wurde nun die Fließfertigung ins Layout des Bogie Repair and Service Centers integriert und eine Gestaltung der Arbeitsplätze sowie An- und Ablieferflächen getroffen.

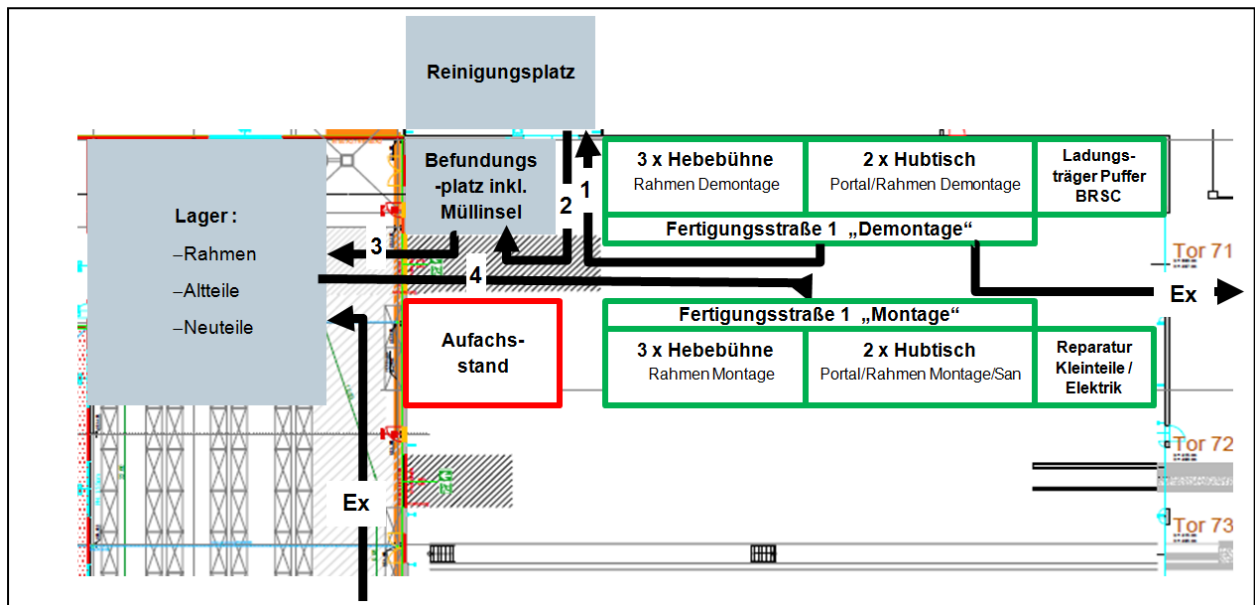


Abbildung 67: Layout der Fließfertigung im Bogie Repair and Service Center

Durch den Wegfall des Arbeitsplatzes für Losradachsen wurde es nun möglich, einen eigens für Fahrwerksservice verwendbaren Aufachsstand, ins Bogie Repair and Service Center zu integrieren. Ein Aufachsstand ist notwendig, um die Hauptbaugruppen Rahmen und Radsätze/Losradachsen zu verbinden oder zu trennen, dies ist nun unabhängig von der Serienfertigung von Neufahrwerken möglich. Für den Prozessschritt „Demontage der Anbauteile“ (siehe Standardarbeitsplan im Anhang) wurden nun fünf Arbeitsplätze geschaffen, aufgeteilt in zwei Arbeitsplätze für Rahmen, welche zur idealen Bearbeitung Hebebühnen benötigen und in drei weitere Arbeitsplätze, welche für die Demontage der übrigen Rahmen sowie Losradachsen auf einem Hubtisch herangezogen werden können. Für den Prozessschritt „Reinigung“ wurde ein kompletter Seitenraum des Objektes 200 zusätzlich bereitgestellt, in welchem nun die komplette Grundreinigung ebenfalls ins Bogie Repair and Service Center integriert werden konnte. Ermöglicht wurde die Nutzung dieses Raumes durch eine unabhängig von dieser Arbeit stattfindende Umsiedelung der Abteilung „E-Vormontage“ in ein anderes Objekt am Standort. Für den darauf möglichen Prozessschritt „Kleinteilebefundung“ wurde ebenfalls ein eigener Arbeitsplatz errichtet, welcher ebenfalls den Bereich der Müllinsel enthält. Für den Prozessschritt „Montage

der Anbauteile“ gilt selbige Aufteilung wie für den Prozessschritt „Demontage der Anbauteile“.

Ladungsträger im Fahrwerksservice

Des Weiteren wurde zusätzlich zur Neuausrichtung des Fertigungssystems eine klare Zuordnung der im Bogie Repair and Service Center zu verwendenden Ladungsträger getroffen, dafür waren folgende Punkte ausschlaggebend:

- Benutzung idealer Ladungsträger (Handling, Platzbedarf)
- Klare Identifikation von Fremdeigentum
- Klare Identifikation des Fremdeigentums bezüglich der Serialisierung und des Prozessfortschrittes, sowie folgende Prozessschritte und etwaige zeitliche Fristen
- Kürzere Einarbeitungszeiten für Aushilfskräfte bei z.B. Zeitdruck

Dabei wurde ebenfalls unterschieden, ob Ladungsträger nur für den Gebrauch im Bogie Repair and Service Center eingesetzt werden, oder ob diese auch Prozessschritte außerhalb des Objektes durchlaufen.

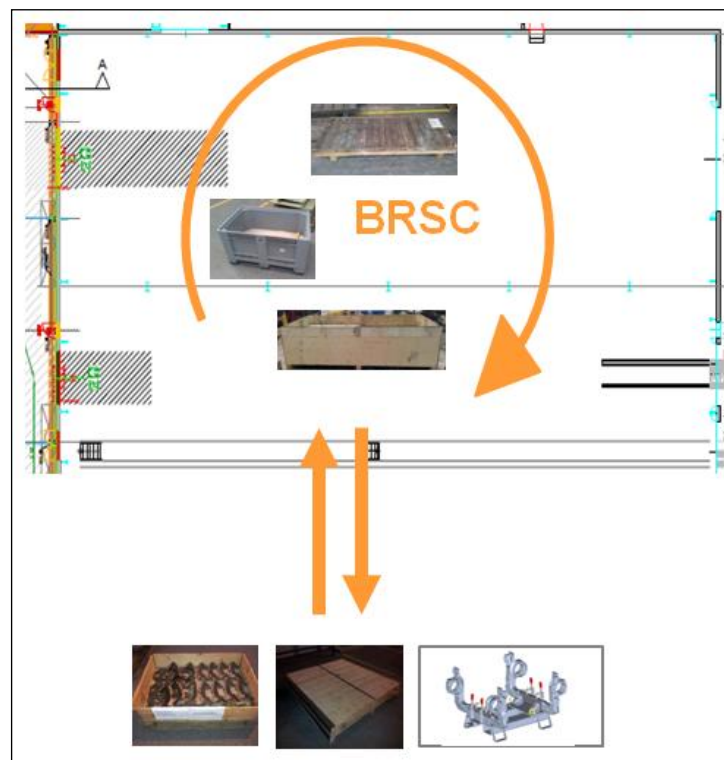


Abbildung 68: Einteilung der Ladungsträger im Bogie Repair and Service Center

Aufgrund der Erfahrungswerte der bereits am Standort befindlichen Ladungsträger, sowie den neu konstruierten Ladungsträger für Losradachsen, wurde in Absprache mit der Abteilungsleitung der Abteilungen Montage, Material Handling und Production Engineering, die in Tabelle 20 dargestellte Definition festgelegt.






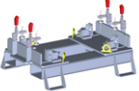
| Bild | Ladungsträger | Verwendung | Linie | Kenzeichnung |
|---|---|--|--------|---|
|  | Kunststoffladungsträger (Europaletten-Format) | unbefundete Anbauteile | 1+2 | <ul style="list-style-type: none"> • BRSC + Projekt • „Fremdeigentum“ • Fahrwerk Serialnr. • Notw. Tätigkeiten |
|  | Sonderladungsträger Langteile | Sperrige unbefundete Anbauteile (z.B. Verrohrung) | 1+2 | <ul style="list-style-type: none"> • BRSC + Projekt • „Fremdeigentum“ • Fahrwerk Serialnr. |
|  | Materialkiste | Zum Wiedereinbau bereite Anbauteile | 3+4 | <ul style="list-style-type: none"> • BRSC + Projekt • „Fremdeigentum“ • Fahrwerk Serialnr. |
|  | Europalette mit Aufsatzrahmen | Materialen welche extern des BRSC bearbeitet werden sollen | Ex | <ul style="list-style-type: none"> • BRSC + Projekt • „Fremdeigentum“ • Fahrwerk Serialnr. • Ziel-Abteilung • notw. Tätigkeiten • „benötigt bis:“ |
|  | Rahmenpalette | Rahmen | Ex + 4 | <ul style="list-style-type: none"> • BRSC + Projekt • „Fremdeigentum“ • Fahrwerk Serialnr. • Ziel-Abteilung • notw. Tätigkeiten |
|  | Sonderladungsträger Portalachsenpaar | 2 x Portalachsen | Ex + 4 | <ul style="list-style-type: none"> • BRSC + Projekt • „Fremdeigentum“ • Fahrwerk Serialnr. • notw. Tätigkeiten |

Tabelle 20: Definition von Ladungsträgern im Bogie Repair and Service Center - future state

4.4.6 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Aufgrund der angestellten Betrachtungen sind weitere Konzepte entstanden, welche sich während der Umsetzung der am Anfang der Arbeit gesteckten Ziele als vielversprechend dargestellt haben. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt.

Fahrwerkservice Scorecard

Ein Konzept, welches einen schnellen Überblick über Kennzahlen im Fahrwerkservice am Standort Graz Eggenberg geben soll, ist die Einführung einer „Fahrwerkservice Scorecard“. Diese Scorecard ist hinsichtlich Aufbau und Struktur auf derselben Basis erstellt, wie bereits verwendete Scorecards, beispielsweise im Bereich der Logistik oder der Qualitätssicherung. Aufgrund der gleichen Beschaffenheit ist sie schnell verwendbar um die letzten Entwicklungen des Fahrwerkservice darzustellen und zukünftige Strategien daraus abzuleiten. Die Scorecard enthält die folgenden Informationen:

- Aktuelle Aufträge
- Auftragsbeginn
- Erwartetes Auftragsende
- Umfang des Fahrwerkservice
- Durchschnittliche Durchlaufzeiten der Aufträge
- Anzahl aller Vorgänge laut Arbeitsplänen
- Summe aller ungeplanten Vorgänge/Ersatzmaterialien

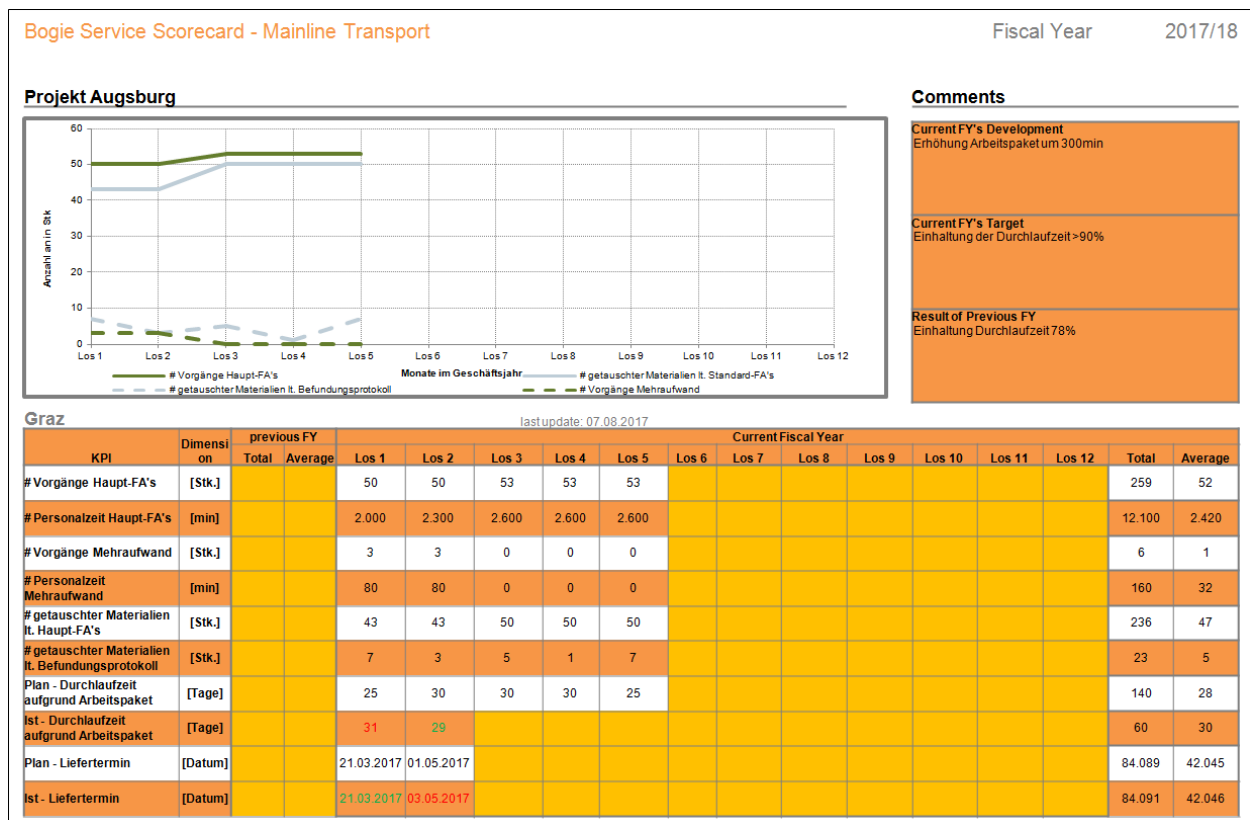


Abbildung 69: Prinzipdarstellung Scorecard „Fahrwerksservice“

Sicherheitsfördernder – Rundgang

Ein weiterer Punkt, welcher aus der Betrachtung von Fahrwerksservice am Standort Graz Eggenberg ersichtlich wurde, ist jener, dass das Bogie Repair And Service Center kein Bestandteil des sogenannten sicherheitsfördernden Rundganges ist. Um den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu ermöglichen, wird Fahrwerksservice als eigene „Abteilung“ in diesen sicherheitsfördernden Rundgang einbezogen.

Der sicherheitsfördernde Rundgang dient dazu, den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu gewährleisten. Bei diesem Rundgang begeht der Führungskreis der Fertigung am Standort, per Zufallsprinzip einmal monatlich eine Abteilung. Diese wird hinsichtlich Verbesserungs-Potentiale von sieben Arten der Verschwendung analysiert, wobei jeder Teilnehmer seine entdeckten Verschwendungen schriftlich festhält. Die gesammelten Resultate werden danach besprochen und gegebenenfalls weiterverfolgt und umgesetzt.

5 Zusammenfassung

Die Aufgabenstellung war, die Einbettung von Fahrwerkservice in den Fertigungsstrukturen des auf Neufertigung ausgelegten Siemens-Standorts in Graz zu untersuchen. Im Zuge dessen galt es, den gesamten Wertstrom anhand dreier Wartungsaufträge qualitativ und quantitativ zu erfassen, etwaige Potentiale aufzuzeigen und Wege darzustellen, um Durchlaufzeiten zu minimieren, Prozesslücken zu schließen bzw. geeignete Prozesse zu definieren. Ebenso sollte die für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Fahrwerken und Drehgestellen aktuell angewandte Beschaffungs- und Produktionslogistik auf ihre Potentiale untersucht werden. Dabei galt es Lagerbestände zu minimieren und Logistikprozesse zu automatisieren. Einerseits Ersatzmaterialien so gut wie möglich in die vorhandene Logistikstrategie der Neufertigung einzubetten, sowie andererseits Kundenmaterial strukturiert zu erfassen und klar von Eigenmaterial abgrenzen zu können.

Nach der Erarbeitung theoretischer Grundlagen, der Abläufe und Strukturen einer Fertigung nach heutigem Industrialisierungsstand, sowie der Darstellung von Wertströmen, wurden Materialflüsse aufgenommen. Dazu wurden ausgewählte Produkte über alle Prozessschritte begleitet, die erfassten Daten auf eigens erstellten Datenblättern festgehalten und anschließend in Gruppen gegliedert. Mittels Gesprächen und Beobachtungen konnte der Materialfluss um den Informationsfluss ergänzt werden und eine Wertstromanalyse durchgeführt werden.

Aus den Daten der verschiedenen Wertströme konnten viele Potentiale abgeleitet werden. Das größte abgeleitete Potential enthielt die Anpassung der Strukturen im Bogie Repair and Service Center, welches kürzere Durchlaufzeiten, verringerten Platzbedarf der Arbeitsplätze und eine erhöhte Flexibilität an die zu fertigenden Produkten mit sich bringt.

Die Anpassung der Strukturen bringt eine Änderung des Fertigungssystems, weg von der Werkstattfertigung hin zur Fließfertigung, mit sich. Daneben wurde die Fertigungssteuerung von gesammelten Abläufen in Lieferlosen hin zu gestaffelten und parallelen Abläufen von einzelnen Fahrwerken angepasst. Um noch dazu Arbeitsplätze besser zu nutzen und die notwendige Fertigungsfläche zu reduzieren, wurde eine neue Systematik zur Aufnahme der Hauptbaugruppen Losradachse und Fahrwerksrahmen gefunden. Diese basiert auf Hebebühnen, welche das Bearbeiten beider Hauptbaugruppen auf einem Arbeitsplatz ermöglicht. Um diese Ziel umzusetzen wurde eigens eine Vorrichtung konstruiert, welche gleichzeitig als Ladungsträger für Losradachsen zum Transport durch die gesamte Fertigung genutzt werden kann.

Die Änderungen in den Produktionsabläufen boten nun eine Basis um ein darauf abgestimmtes Logistikkonzept finden zu können. Dafür wurden Materialien in verschiedene Gruppen unterteilt und für die jeweiligen Materialgruppen ein eigenes Lager- und Anlieferkonzept festgelegt. Dabei lag ein spezielles Augenmerk auf einer klaren Klassifizierung von Ladungsträgern, welche einen direkten Bezug zu seiner Ladung, hinsichtlich Materialgruppe und Fertigungsfortschritt aufweisen sollte. Dies soll aufgrund hoher Mitarbeiterfluktuation im Bogie Repair and Service Center die Einarbeitungszeit von Mitarbeitern reduzieren und einen schnellen Überblick über den aktuellen Fortschritt der einzelnen Wartungsaufträge geben. Auch in der Beschaffungslogistik wurden Ersatzmaterialien nach XYZ-Kategorie unterteilt und für die jeweiligen Kategorien klare Beschaffungsprozesse festgelegt.

Ein weiteres Potential, welches aus der Wertstromanalyse hervorging, war die Überarbeitung der Fertigungsteuerung hinsichtlich Vollständigkeit von Vorgängen und Materialien in der Dokumentation. Da in der Wartung von Fahrwerken im Schienenfahrzeugbau meist unvorhergesehen Materialbedarfe, sowie unvorhergesehene Arbeitsschritte auftreten, wurden Strukturen und Prozesse geschaffen, um eine vollständige Systemintegration sicherzustellen. Diese passiert für Materialbedarfe über eigens definierte Protokolle und für Vorgänge über bestehende, jedoch überarbeitete und neu strukturierte Standardarbeitspläne. Die Struktur der Arbeitspläne wurde angepasst und vereinheitlicht.

Mit diesen erstellten und teilweise umgesetzten Konzepten, kann nun ein zukünftiger Wartungsauftrag klar strukturiert abgewickelt werden. Es wurde eine Basis gefunden, welche nun analysiert werden kann und ein stetiges Weiterentwickeln ermöglicht. Um die Strukturen und Abläufe in der Wartung laufend verbessern und überblicken zu können, wurde eine eigene „Fahrwerkservice Scorecard“ eingeführt, welche denselben Aufbau von bereits bestehenden Scorecards in der Fahrwerksfertigung am Grazer Siemens Standort entspricht und die wichtigsten KPI's im Fahrwerkservice widerspiegeln soll.

6 Literaturverzeichnis

(09. 05 2017). Abgerufen am 09. 05 2017 von www.Statista.com: (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/248508/umfrage/umsatz-der-siemens-ag-nach-segment/>)

Aha, U. (2013). *Optimierung von Instandhaltungsstrategien bei unscharfen Eingangsdaten*. kassel university press GmbH.

Arnolds, H., Heege, F., Röh, C., & Tussing, W. (2012). *Materialwirtschaft und Einkauf: Grundlagen - Spezialthemen - Übungen*. Springer Verlag.

Bauernhansl, T., ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung · Technologien · Migration*. Springer Verlag.

Bayer, F., & Kühn, H. (2013). *Prozessmanagement für Experten: Impulse für aktuelle und wiederkehrende Themen*. Berlin: Springer Verlag.

Bretzke, W.-R. (2015). *Logistische Netzwerke*. Berlin: Springer Verlag.

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

Gadatsch, A. (2012). *Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker*. Springer-Verlag.

Gerberich, T. (2011). *Lean oder MES in der Automobilzulieferindustrie: Ein Vorgehensmodell zur fallspezifischen Auswahl*. Berlin: Springer Verlag.

Gronau, N., & Lindemann, M. (2010). *Einführung in das Produktionsmanagement*. GITO mbH Verlag.

Grote, K.-H., & Feldhusen, J. (2007). *Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau (22, illustriert Ausg.)*. Berlin: Springer-Verlag.

Grundig, C. (2014). *Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen*. München: Carl Hanser Verlag.

Gudehus, T. (2012). *Logistik 2: Netzwerke, Systeme und Lieferketten*. Berlin: Springer-Verlag.

Hübner, H., & Jahnes, S. (1998). *Management-Technologie als strategischer Erfolgsfaktor*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

Ihme, J. (2016). *Schienenfahrzeugtechnik*. Berlin: Springer-Verlag.

Janicki, J., & Reinhard, H. (2008). *Schienenfahrzeugtechnik*. Berlin: Bahn Fachverlag.

- Klug, F. (2010). *Logistikmanagement in der Automobilindustrie: Grundlagen der Logistik im Automobilbau*. Berlin: Springer-Verlag.
- Kneubühl, D. (2012). *Organisation - Management-Basiskompetenz; Reihe "Management-Leadership-Basiskompetenz"*. Compendio Bildungsmedien AG.
- Koether, R. (2014). *Distributionslogistik: Effiziente Absicherung der Lieferfähigkeit, 2. Ausgabe*. Berlin: Springer-Verlag.
- Liebetruth, T. (2016). *Prozessmanagement in Einkauf und Logistik: Instrumente und Methoden für das Supply Chain Process Management*. Berlin: Springer Verlag.
- Martin, H. (2011). *Transport- und Lagerlogistik* (8. Auflage Ausg.). Vieweg+Teubner Verlag.
- Neumann, L., & Aline, S. (12 2010). <https://www.boeckler.de>. Abgerufen am 16. 03 2015 von <https://www.google.at/amp/docplayer.org/amp/23462542-Trends-und-perspektiven-der-instandhaltung-von-schienerfahrzeugen-in-deutschland-chancen-und-risiken-fuer-die-beschaeftigten.html>
- Osterloh, M., & Frost, J. (2013). *Prozeßmanagement als Kernkompetenz: Wie Sie Business Reengineering strategisch nutzen können*. Berlin: Springer-Verlag.
- Schneeweiß, C. (1999). *Einführung in die Produktionswirtschaft*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Siemens AG. (2012). Abgerufen am 16. 03 2015 von Siemens AG: https://intranet.cee.siemens.com/web/at/de/cluster_cee/infrastructure-cities/mobility/about/rlbg/Pages/cs.aspx
- Siemens AG. (2015). *Siemens.com*. (Siemens AG) Abgerufen am 16. 03 2015 von Siemens.com: <http://www.siemens.com/about/de/>
- Siemens intern, Z. (10. 06 2015). Informationen zur INstandhaltung von Schienenfahrzeugen. (M. B. Helmhart, Interviewer)
- Siemens Österreich. (06. 10 2010). Abgerufen am 16. 03 2015 von Siemens Österreich: https://www.cee.siemens.com/web/at/de/corporate/portal/SiemensInOesterreich/Organisation/Niederlassungen/StandorteSteiermark/Documents/Text_Graz.pdf
- Siemens. (kein Datum). *Siemens.com/mobility*. Abgerufen am 26. 06 2015 von Siemens.com/mobility: <http://w3.usa.siemens.com/mobility/us/documents/en/rail-solutions/components-and-systems/bogies-catalog-en.pdf>
- Vahrenkamp, R. (2008). *Produktionsmanagement*. Oldenbourg Verlag.

Wanewetsch, H. (2014). *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung*. Berlin: Springer-Verlag.

Wedeniowski, S. (2015). *Mobilitätsrevolution in der Automobilindustrie: Letzte Ausfahrt digital!* Berlin: Springer-Verlag.

Westkämper, E. (2006). *Einführung in die Organisation der Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Wiendahl, H.-P., Reichard, J., & Nyhuis, P. (2009). *Handbuch Fabrikplanung*. München/Wien: Carl Hanser VERLAG.

Wingens, M. (2013). *Wissensgesellschaft und Industrialisierung der Wissenschaft*. Berlin: Springer-Verlag.

Wohinz, J. W. (2003). *Industrielles Management – Das Grazer Modell*. Graz.

7 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Businesssegmente und Umsatzentwicklungen der Siemens AG (www.Statista.com, 2017) | 1 |
| Abbildung 2: Siemens-Segmente am Standort „Graz Eggenberg“(Quelle: Siemens intern)..... | 3 |
| Abbildung 3: Werkslayout Siemens Graz Eggenberg (Quelle: Siemens intern) | 4 |
| Abbildung 4: Systeme des Schienenverkehrs(vgl.Janicki & Reinhard, 2008, S. 17) | 5 |
| Abbildung 5: Charakterisierung der Achsfolge nach DIN 30052/UIC 612 V (vgl.Grote & Feldhusen, 2007, S. s. Q68) | 6 |
| Abbildung 6: Charakteristik eines Fahrwerks im Schienenfahrzeugbau am Beispiel Siemens - Lokomotive Triebdrehgestell Vectron (Ihme, 2016, S. 184) | 6 |
| Abbildung 7: Aufgaben und Ausführungen von Fahrwerkselemente 2 (Janicki & Reinhard, 2008, S. 81) | 7 |
| Abbildung 8: Arten der Radsatzbauweisen (vgl.Janicki & Reinhard, 2008, S. 82)(Ihme, 2016, S. 188,191)..... | 8 |
| Abbildung 9: Betriebsbedingte Einflüsse auf Fahrwerke im Schienenverkehr(vgl.Janicki & Reinhard, 2008, S. 78)..... | 9 |
| Abbildung 10: Vorgehensweise Masterarbeit | 10 |
| Abbildung 11: Entwicklungsstufen der industriellen Produktion (Bauernhansl, ten Hompel, & Vogel-Heuser, 2014, S. 13, 8) | 12 |
| Abbildung 12: Auswirkungen erhöhter Mechanisierung und Automatisierung(Wohinz, 2003, S. 159)..... | 13 |
| Abbildung 13: Funktionsbereiche eines modernen Industrieunternehmens (vgl.Schneeweiß, 1999, S. 7) | 14 |
| Abbildung 14: Arbeitsorganisation einer schlanken Fabrik (Erlach, 2010, S. 12) | 16 |
| Abbildung 15: Phasen der rollierenden Fabrikplanung (vgl.Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 429)..... | 18 |
| Abbildung 16: Prinzip - Wertstromdarstellung(Erlach, 2010, S. 33) | 19 |
| Abbildung 17: Vorgehensweise der Wertstromanalyse (vgl.Erlach, 2010, S. 36)..... | 20 |
| Abbildung 18: Symbole der Produktionsprozesse in der Wertstrombetrachtung(Erlach, 2010, S. 58)..... | 21 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 19: Symbole Materialfluss der Wertstrombetrachtung (Martin, 2011, S. 36) | 22 |
| Abbildung 20: Symbole Informationsfluss in der Wertstrombetrachtung (Martin, 2011, S. 36) | 22 |
| Abbildung 21: Beispiel Wertstrombetrachtung IST-Zustand (current state) (Martin, 2011, S. 37) | 23 |
| Abbildung 22: Prinzip XYZ/RSU-Analyse (vgl. Wanewetsch, 2014, S. 43) | 24 |
| Abbildung 23: Beschaffungsstrategie basierend auf XYZ-Analyse (vgl. Wanewetsch, 2014, S. 43) | 25 |
| Abbildung 24: Die sechs Grundformen der Prozessorganisation (vgl. Liebetruh, 2016, S. 33) | 26 |
| Abbildung 25: Eigene Darstellung der Symbolik eines Folgeplans; in Anlehnung an (vgl. Kneubühl, 2012, S. 43) | 26 |
| Abbildung 26: Prozessmodellierung DEMI eines Teilschrittes inklusive Inputs/Outputs (Bayer & Kühn, 2013, S. 83) | 27 |
| Abbildung 27: Beispiel Folgeplan in Kombination mit Schwimmbahnen (Gadatsch, 2012, S. 78) | 28 |
| Abbildung 28: Anforderungen an eine Produktion (Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 45) | 30 |
| Abbildung 29: Produktion und De-Produktion in der Kreislaufwirtschaft (Westkämper, 2006, S. 26) | 31 |
| Abbildung 30: Bedarfseinteilung nach XYZ-Systematik (Koether, 2014, S. 24) | 36 |
| Abbildung 31: Grundlegende Steuerungsmuster in der Logistik (vgl. Vahrenkamp, 2008, S. 321) | 41 |
| Abbildung 32: Schema Nutzwertanalyse (Hübner & Jahnes, 1998, S. 247) | 44 |
| Abbildung 33: Realisierungsphase, Anlaufkuve einer Produktion (Wiendahl, Reichard, & Nyhuis, 2009, S. 488) | 46 |
| Abbildung 34: Elemente der Instandhaltung (Neumann & Aline, 2010, S. 14) | 47 |
| Abbildung 35: Darstellung Fahrwerk „Mittelrheinbahn“ (Zugriff am 26.06.2015, Siemens, S. 62) | 53 |
| Abbildung 36; Prinzip Darstellung Fahrwerk Metro (Zugriff am 26.06.2015, Siemens, S. 37) | 53 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 37: Darstellung Fahrwerk Augsburg(Zugriff am 26.06.2015, Siemens, S. 22) | 54 |
| Abbildung 38: Farbliche Unterteilungen der Produktfamilien im Service Prozess | 55 |
| Abbildung 39: Grobdarstellung möglicher Prozessschritte im Fahrwerkservice | 55 |
| Abbildung 40: Prozessschritte mittels Swimlane-Folgeplan Projekt „Mittelrheinbahn“ .. | 56 |
| Abbildung 41: Prozessschritte mittels Swimlane-Folgeplan Projekt „Karlsruhe“ | 57 |
| Abbildung 42: Prozessschritte mittels Swimlane-Folgeplan Augsburg | 58 |
| Abbildung 43: Materialflussdarstellung Werkslayout Graz Eggenberg - Projekt Augsburg | 60 |
| Abbildung 44: Wertstrombetrachtung Augsburg - Produktfamilie „Fahrwerk“ | 61 |
| Abbildung 45: Wertstrombetrachtung Augsburg; Produktfamilie "Rahmen" | 62 |
| Abbildung 46: Wertstrombetrachtung Augsburg; Produktfamilie "Portalachse" | 63 |
| Abbildung 47: Grundriss Bogie Repair and Service Center Fertigungssystem | 72 |
| Abbildung 48: Bauteilaufnahmen Bogie Repair and Service Center | 73 |
| Abbildung 49: Farbliche Zuteilung Anbauteile | 74 |
| Abbildung 50: Durchlaufzeiten der einzelnen Baugruppen "Augsburg" | 74 |
| Abbildung 51: Prinzip: Grobplanung Montage „Monatsfein“ | 76 |
| Abbildung 52: Angewandte Methoden zur tagesfeinen Planung | 77 |
| Abbildung 53: Analyse von Excellisten zur tagesfeinen Planung | 79 |
| Abbildung 54: Struktur des internen Terminplans eines Loses am Beispiel Augsburg.. | 83 |
| Abbildung 55: Titelblatt Befundungsprotokoll | 86 |
| Abbildung 56: Prozessdarstellung Fahrwerkservice - Dokumentation von Vorgängen im Fahrwerkservice | 87 |
| Abbildung 57: Prozessdarstellung Fahrwerkservice - Dokumentation von Materialbedarfen im Fahrwerkservice | 88 |
| Abbildung 58: Prozessdarstellung Fahrwerkservice - Materialbedarf laut Leistungsbeschreibung | 89 |
| Abbildung 59: Prozessdarstellung Fahrwerkservice - ungeplanter Mehrbedarf | 90 |
| Abbildung 60: Werkslayout BRSC inkl. Lagerflächen für Bogie Repair and Service | 92 |
| Abbildung 61: Hochregal Aufteilung der Regalfelder Bogie Repair and Service Center | 93 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 62: Lagergestaltung Hochregal Bogie Repair and Service | 93 |
| Abbildung 63: Ladungsträger Kundenmaterial Lager Bogie Repair and Service Center – future state | 94 |
| Abbildung 64: Änderung des Fertigungssystemes im Bogie Repair and Service Center | 96 |
| Abbildung 65: Arbeitsbereiche Neu Bogie Repair and Service Center..... | 100 |
| Abbildung 66: Konzeptzeichnung Sonderladungsträger Losradachsen | 101 |
| Abbildung 67: Layout der Fließfertigung im Bogie Repair and Service Center..... | 102 |
| Abbildung 68: Einteilung der Ladungsträger im Bogie Repair and Service Center | 103 |
| Abbildung 69: Prinzipdarstellung Scorecard „Fahrwerkservice“ | 105 |
| Abbildung 70: Layout „Fein“ der Fließfertigung im Bogie Repair and Service Center (Objekt 200 + 203) | v |
| Abbildung 71: Arbeitsplatz – Kleinteilebefundung + Müllinsel | v |
| Abbildung 72: Arbeitsplatz - Demontage der Anbauteile | vi |
| Abbildung 73: Arbeitsplatz - Montage der Anbauteile | vi |

8 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1: Instandhaltungsstrategien(vgl.Aha, 2013, S. 20) | 49 |
| Tabelle 2: Inspektionsumfang am Beispiel Straßenbahn | 50 |
| Tabelle 3: Wartungsumfang am Beispiel Straßenbahn | 51 |
| Tabelle 4: Klassifizierung der Verbrauchsgruppen | 64 |
| Tabelle 5: Materialaufschlüsselung Projekt Karlsruhe | 64 |
| Tabelle 6: Ersatzmaterialbeschaffung Kundenauftrag | 65 |
| Tabelle 7: Ersatzmaterialbeschaffung Befundungsprotokoll | 66 |
| Tabelle 8: Lagergestaltung Kundenauftrag Deterministisch | 66 |
| Tabelle 9: Lagergestaltung Kundenauftrag stochastisch | 67 |
| Tabelle 10: Lagergestaltung Befundungsprotokoll stochastisch | 67 |
| Tabelle 11: Ersatzmaterialbereitstellung Kundenauftrag | 68 |
| Tabelle 12: Ersatzmaterialbereitstellung Befundungsprotokoll | 69 |
| Tabelle 13: Lagerplatzbedarf Bogie Repair and Service Center | 70 |
| Tabelle 14: Verwendete Ladungsträger Portalachse | 71 |
| Tabelle 15: Einteilung der Lagerorte Fahrwerkservice – future state | 91 |
| Tabelle 16: Nutzwertanalyse - Gewichtungsstruktur | 98 |
| Tabelle 17: Nutzwertanalyse - Gewichtung der Kriterien | 98 |
| Tabelle 18: Nutzwertanalyse Bauteilaufnahme- Bedeutung der Erfüllungsgrade | 99 |
| Tabelle 19: Nutzwertanalyse Bauteilaufnahme - Ergebnisse | 99 |
| Tabelle 20: Definition von Ladungsträgern im Bogie Repair and Service Center - future state | 104 |

9 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------------|---|
| Opt | optional |
| MT-Prüfung | Magnetpulverprüfung |
| VT-Prüfung | Visuelle Prüfung |
| MA | Mitarbeiter |
| BRSC | Bogie Repair And Service Center |
| SAP | Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung (Firmenbezeichnung) |
| CS | Customer Service |
| MRB | Mittelrheinbahn |
| MF-GRZ/MF | Manufacturing Graz |
| RASMO | Radsatzmontage |
| ZfP | Zerstörungsfreie Prüfung |
| Mech. Bearbeitung | Mechanische Bearbeitung |
| FIFO | First In First Out |
| SAGÖ | Siemens Aktien Gesellschaft Österreich |
| BG | Bogies Graz |
| KPI | Key Performance Indicator |
| SPS | Siemens Production Systems |
| ET | Ersatzteil |

| SIEMENS | | Arbeitsanweisung | |
|---------------|--------|------------------|--|
| AG Österreich | | | |
| 150 | 347335 | PP30 | Option: VT-Prüfung nach A6Z00032914979 ===== |
| 160 | 379850 | PP30 | Option: MT-Prüfung nach A6Z00032835770 ===== |
| 170 | 379815 | PP30 | Option: UT-Prüfung nach A6Z00032835811 oder A6Z00032836123 ===== |
| 180 | 348330 | PP30 | Option: Rahmen lackieren Lackspezifikation: A6Z ... Lackzeichnung: A6Z ... Protokollerstellung über Profifokusupport -> Protokoll im PDS angelegt? ===== |
| 190 | 347590 | PP34 | Option: Aufarbeitung von Kleinteilen z.B. Ein-Auspressen Buchse Vorrichtung: A6Z ... ===== |
| 200 | 347545 | PP30 | Montage des Fahrwerkrahmens ===== |
| 210 | 348531 | PP30 | Elektrische Montage ===== |
| 220 | 348531 | PP34 | E-Prüfung Protokollerstellung über Profifokusupport -> Protokoll im PDS angelegt? ===== |
| 230 | 347573 | PP30 | Aufschalen ===== |
| 240 | 347580 | PP34 | Druckstandsmonteur Einstellen und fertigverschrauben des Fahrwerks am Druckstand nach Zchg. A6Z ... ===== |
| 250 | 347560 | PP34 | SPS - Zeit Montage AWF58 5% der Arbeitsplanzzeit (ohne Administrativzeit) ===== |
| 260 | 347347 | PP34 | Option: SPS - Zeit Stahlbau AWF53 5% der Arbeitsplanzzeit (ohne Administrativzeit) ===== |
| 270 | 347550 | PP33 | Administrativarbeit Montage AWF58 5% der Arbeitsplanzzeit (ohne SPS -Zeit) ===== |
| 280 | 347346 | PP33 | Option: Administrativarbeit Stahlbau AWF53 6% der Arbeitsplanzzeit (ohne SPS -Zeit) ===== |

| | | | |
|--|-----------|--|-----|
| Verwendung Standardarbeitsplan für Reparatur-, Sanierungs- und Revisions- Fahrwerke, Radsätze und Portalachsen | BG MF-GRZ | Dokumentenummer/Art/Revision A6Z00036760406/PM2/- | 811 |
| Als Kopie nur zur Information! Aktuelle Fassung im SAP! | | | |
| Copyright © Siemens AG 2014. All Rights Reserved. SAP-Verfahren: A6Z00032914979/02 - Drucker: BG 011 | | | |

| SIEMENS | | Arbeitsanweisung | |
|---------------|--------|------------------|--|
| AG Österreich | | | |
| 290 | 389340 | PP30 | Druckstand Fahrwerk am Druckstand prüfen und einstellen Prüfzeichnung: A6Z ... Index Prüfprotokoll: A6Z ... Index Radverschleiß berücksichtigen: Ja / Nein wenn ja, welche Maße sind betroffen: ... wenn ja, 1. RS Seriennummer: ... Seite A Durchmesser: ... mm 2. RS Seriennummer: ... Seite B Durchmesser: ... mm Seite B Durchmesser: ... mm Setzung berücksichtigen: Ja / Nein Prüfadapter: A6Z ... Protokollerstellung über Profifokusupport -> Protokoll im PDS angelegt? ===== |
| 300 | 348310 | PP30 | Lack ausbessern und konservieren nach A6Z00375073533 ===== |
| 310 | 389370 | PP30 | Endabnahme nach A6Z00033625152 Protokollerstellung über Profifokusupport -> Protokoll im PDS angelegt? ===== |
| 320 | 389370 | PP36 | Fregabö Fährwerk ===== |

| | | | |
|--|-----------|--|-----|
| Verwendung Standardarbeitsplan für Reparatur-, Sanierungs- und Revisions- Fahrwerke, Radsätze und Portalachsen | BG MF-GRZ | Dokumentenummer/Art/Revision A6Z00036760406/PM2/- | 811 |
| Als Kopie nur zur Information! Aktuelle Fassung im SAP! | | | |
| Copyright © Siemens AG 2014. All Rights Reserved. SAP-Verfahren: A6Z00032914979/02 - Drucker: BG 011 | | | |

| SIEMENS | | Arbeitsanweisung | |
|--|--|--|--|
| AG Österreich | | | |
| 3 Rollen und Inhalt der Arbeitsanweisung für Portalachsen | | | |
| Rolle / Wer | Tätigkeit / Was | Hilfsmittel | |
| PM / WA-Mitarbeiter | Informationsweitergabe über anstehende Aufarbeitungsportalachsen an RE bzw. CS-Mitarbeiter | | |
| CS-Mitarbeiter | Erstellung Fertigungsauftrag / Arbeitsplan für Reparaturportalachsen | Standardarbeitsplan Plangruppe 50001358 | |
| PE-Mitarbeiter | Erstellung Fertigungsauftrag / Arbeitsplan für Sanierungs- / Revisionsportalachsen | Standardarbeitsplan Plangruppe 50001358 | |
| 3.1 Standardarbeitsplan Aufarbeitungs-Portalachsen (SAP- Plangruppe 50001358) Stand 30.04.2015 | | | |
| Pos. | Arbeitsplatz | Steuer-schlüssel | Beschreibung |
| 10 | 389330 | PP30 | Visuelle Kontrolle des angefertigten Portalachsen durch Wareneingang nach A6Z00034838889 Befundung wird durch CS durchgeführt -> Fotodokumentation notwendig Befundungsprotokoll A6Z ... ===== |
| 20 | 342010 | PP30 | Option: Grundreinigung nach Wartungs- und Instandhaltungshandbuch A6Z ===== |
| 30 | 347631 | PP30 | Lagerung der Portalachse komplett demontieren. Material kennzeichnen und für die Reinigung/Befundung zusammenstellen ===== |
| 40 | 361010 | PP30 | Option: Abgebrochene Schrauben ausböhren. ===== |
| 50 | ----- | PP34 | Option: Material zur externen Wartung bereitstellen und an Versand weiterleiten (Losgröße beachten) ===== |
| 60 | 347546 | PP34 | Option: Einzelteile reinigen nach Wartungs- und Instandhaltungshandbuch A6Z -> welche Teile müssen gereinigt werden? Material kennzeichnen und für die Befundung zusammenstellen. ===== |
| 70 | 347546 | PP34 | Option: Einzelteile befunden nach Wartungs- und Instandhaltungshandbuch A6Z -> welche Teile können wiederverbaut werden? Material kennzeichnen und für den Wiedereinbau zusammenstellen. ===== |

| | | | |
|--|-----------|--|-----|
| Verwendung Standardarbeitsplan für Reparatur-, Sanierungs- und Revisions- Fahrwerke, Radsätze und Portalachsen | BG MF-GRZ | Dokumentenummer/Art/Revision A6Z00036760406/PM2/- | 711 |
| Als Kopie nur zur Information! Aktuelle Fassung im SAP! | | | |
| Copyright © Siemens AG 2014. All Rights Reserved. SAP-Verfahren: A6Z00032914979/02 - Drucker: BG 011 | | | |

| SIEMENS | | Arbeitsanweisung | |
|---------------|--------|------------------|--|
| AG Österreich | | | |
| 80 | 342010 | PP34 | Option: Einzelteile Sandstrahlen Lackzeichnungen: A6Z Abdecken der anstrichfreien Flächen Abdecken von Außen- und Innengewinde Abdecken aller Gummiteile ===== |
| 90 | 342020 | PP34 | Lackzeichnungen: A6Z Lackspezifikationen: A6Z Protokollerstellung über Profifokusupport -> Protokoll im PDS angelegt? ===== |
| 100 | 342010 | PP30 | Sandstrahlen des gesamten Achsportals Gewinde, Passungen und Lagergehäuse vor eindringen Strahlgut schützen! ===== |
| 110 | 379815 | PP30 | Option: MT Prüfung nach A6Z ... und nach A6Z00032835770 IH Doku Losradachse Kapitel xxx ===== |
| 120 | 379815 | PP30 | Option: MT Prüfung Anbauteile nach A6Z ... und nach A6Z00032835770 IH Doku Losradachse Kapitel xxx ===== |
| 130 | 342110 | PP30 | Option: Sandstrahlen des gesamten Achsportals Gewinde, Passungen und Lagergehäuse vor eindringen Strahlgut schützen! ===== |
| 140 | 346131 | PP30 | Kontrolle und gegebenenfalls ausbessern der Schweißnähte ===== |
| 150 | 348330 | PP30 | reinigen, grund- und lack- nach Anweisung A6Z ... und Lackspez. A6Z ===== |
| 160 | 348330 | PP30 | Demaskieren und Kontrolle der Lackierung nach Prüfanweisung A6Z00034212706 und Protokoll A6Z00036760406 erstellen ===== |
| 170 | 347631 | PP30 | Portalachse wieder komplett montieren nach Still xxx Zng A6Z ... und Montageanweisung A6Z ... Rund- und Planlaufmessung der Räder nach Montageanweisung A6Z Montageprotokoll A6Z ... erstellen Ausführung aller mit Drehmoment beaufschlagten Verschraubungen nach Arbeitsanweisung A6Z00032822856 ===== |
| 180 | 360110 | PP30 | Option: Mechanische Bearbeitung der Deckel für Lagerpieleinsteilung ===== |

| | | | |
|--|-----------|--|-----|
| Verwendung Standardarbeitsplan für Reparatur-, Sanierungs- und Revisions- Fahrwerke, Radsätze und Portalachsen | BG MF-GRZ | Dokumentenummer/Art/Revision A6Z00036760406/PM2/- | 811 |
| Als Kopie nur zur Information! Aktuelle Fassung im SAP! | | | |
| Copyright © Siemens AG 2014. All Rights Reserved. SAP-Verfahren: A6Z00032914979/02 - Drucker: BG 011 | | | |

10.2 Mehraufwandstemplate

| | |
|--|------------------|
| SIEMENS | MO MLT BG MF-GRZ |
| <h3>Mehraufwand Bogie Service</h3> <hr/> | |
| <i>Dieses Protokoll ist bei jedem ungeplanten Mehraufwand nach Genehmigung des zuständigen Projektleiters auszufüllen und mittels internen Postweges an das Production Engineering weiterzuleiten.</i> | |
| Projektname: | _____ |
| Projektnummer: | _____ |
| Fertigungsauftragsnummer: | _____ |
| Arbeitsplatznummer: | _____ |
| Zeitaufwand: | _____ |
| Beschreibung des notwendigen Mehraufwandes: | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ Unterschrift Teamleiter | _____ Datum |
| intern | Seite 1 von 1 |

10.3 Layout BRSC

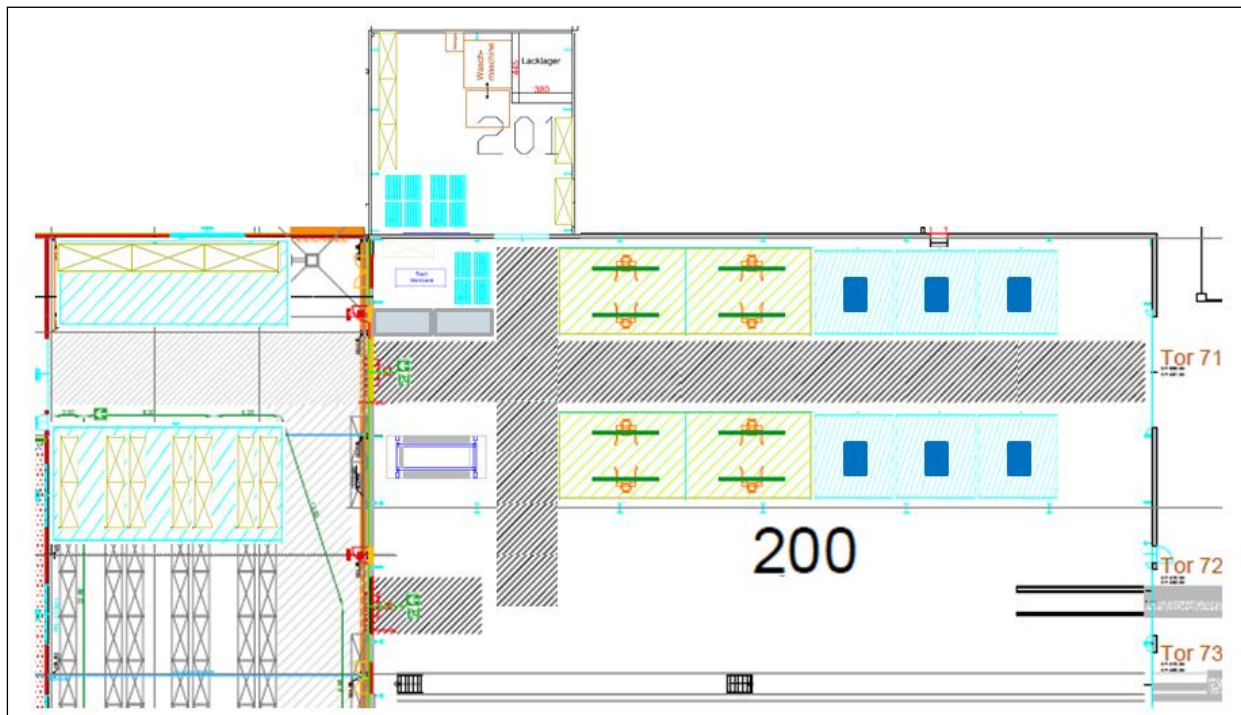


Abbildung 70: Layout „Fein“ der Fließfertigung im Bogie Repair and Service Center (Objekt 200 + 203)

10.4 Arbeitsplatzgestaltung BRSC

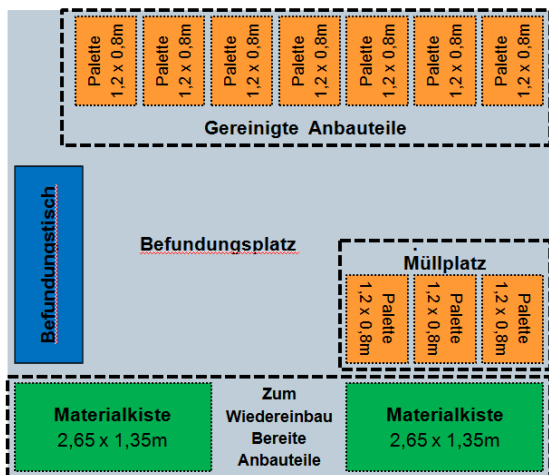


Abbildung 71: Arbeitsplatz – Kleinteilebefundung + Müllinsel

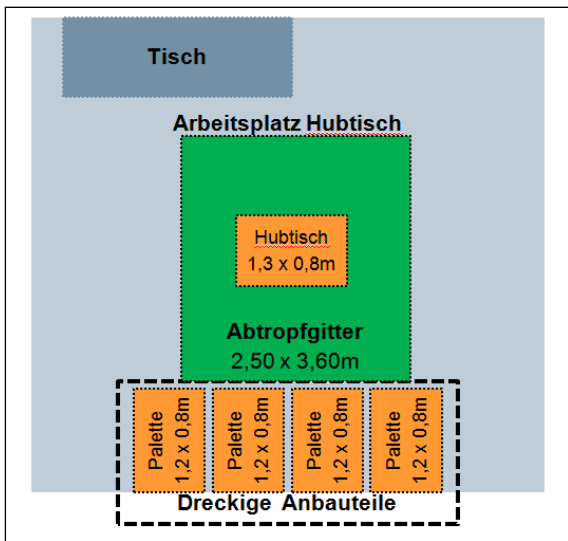


Abbildung 72: Arbeitsplatz - Demontage der Anbauteile

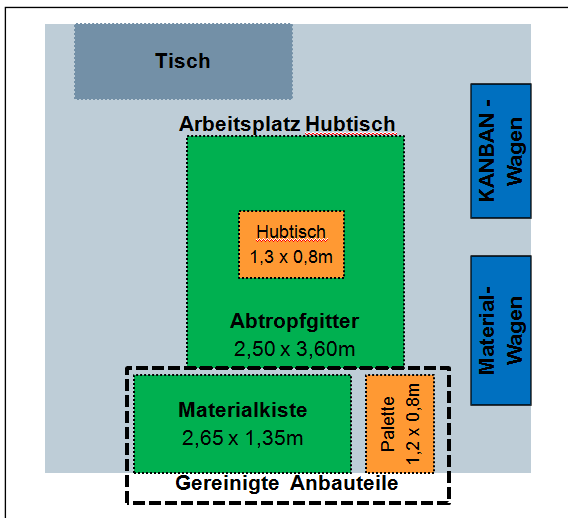


Abbildung 73: Arbeitsplatz - Montage der Anbauteile