



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vienna University of Technology

## Diplomarbeit

# Kombinierte Anwendung von qualitativen und quantitativen Methoden zur Prozessanalyse in Unternehmen – Fallbeispiel Hydraulikmontage

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

## Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

**Univ.-Prof. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing. Wilfried Sihn**

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

**Univ.-Ass Dipl.-Ing. Dr. rer. soc. oec. Selim Erol**

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

eingereicht an der Technischen Universität Wien

**Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

von

**Florian Kloibhofer**

1026977

Karajangasse 19/4

1200 Wien

Wien, im März 2016

---

Florian Kloibhofer



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

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

## **Diplomarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

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

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

Wien, im März 2016

---

Florian Kloibhofer

## Vorwort

Anders, als John Maynard Keynes in seinem Aufsatz „Economic Possibilities for the Grandchildren“ prophezeit hat, sind unsere materiellen Wünsche und Bedürfnisse noch lange nicht gestillt. Trotz Produktivitätszuwachsen arbeiten die meisten Europäer noch mehr als 40 Stunden pro Woche, sie sind also weit entfernt von den 15 Stunden, die Keynes vorhergesagt hat.<sup>1</sup> Die steigende Anzahl von Konsumgütern und der kontinuierlich größer werdende Finanzsektor beweisen, dass Kapitalismus nicht ohne Wachstum funktioniert. Dieser Finanzsektor beherrscht scheinbar die Welt: so zeigen der Fall der US-amerikanischen Bank Lehmann Brothers und die daraus folgende Finanzkrise, wie abhängig die europäischen Industrieunternehmen vom Finanzsystem sind. Den Industrieunternehmen wurde im Jahr 2008 teilweise die Finanzierung entzogen, die Firmen stoppten Investitionen und ermöglichten der Finanzkrise, zur Weltwirtschaftskrise zu werden.

In dieser Zeit verlagerten einige Firmen ihre Produktion von Österreich ins kostengünstigere Ausland – um, wie es heißt, wettbewerbsfähig zu bleiben. Aber Kosten alleine sind nicht immer die zu optimierende Zielgröße. Auch Flexibilität, Qualität, verlässliche und kurze Lieferzeiten sind für Unternehmen Faktoren von höchster Bedeutung. Um als Unternehmen in Österreich wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es notwendig, die Produktion bzw. die Prozesse zu verstehen und nach den oben genannten Zielen zu optimieren.

Die folgende Arbeit zeigt anhand eines Fallbeispiels, wie es möglich ist, eine Produktion unter einer kombinierten Anwendung von qualitativen und quantitativen Methoden zu analysieren.

---

<sup>1</sup> vgl. (Skildelsky, 2013, S. 15 f.)

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Selim Erol bedanken, der mir in interessanten Gesprächen viel beibringen konnte.

Außerdem bedanke ich mich bei den Mitarbeitern der Liebherr-Transportation Systems GmbH, besonders bei Dieter Schmid, Christoph Silber und Robert Langschwert, die mir meine vielen Fragen immer wieder ausführlich beantwortet haben. Und natürlich bei Philipp Matousovsky, ohne den diese Arbeit nie möglich gewesen wäre und welcher trotz der vielen Projekte nebenher immer wieder Zeit für meine Anliegen hatte.

Mein Dank gilt auch Manfred Brozeit von der REFA-Austria, der mir beim Erstellen der Analysen die notwendige Erfahrung aus der Praxis zur Verfügung gestellt hat.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meiner Freundin Julia Pfligl fürs Korrekturlesen und für ihre motivierenden Worte. Und bei meinen Eltern Monika und Gerhard Kloibhofer, die mir mein Studium ermöglicht haben und immer hinter mir stehen.

## Kurzfassung

Durch die Weltwirtschaftskrise stehen Unternehmen mehr denn je unter Druck, ihre Produktionen zu verbessern. Um bei hoher Variantenvielfalt und bester Qualität „Just in Time“ anliefern zu können, sind schlanke und optimierte Prozesse erforderlich.

Um Prozesse in Unternehmen zu optimieren, müssen diese zuerst einmal beschrieben werden. In der großen Zahl an unterschiedlichen Aufgaben und Akteuren kann ein Unternehmen schnell die Übersicht über die eigenen Unternehmensprozesse verlieren. Die ausgeführten Prozesse können teilweise stark von den vorgegebenen Soll-Prozessen abweichen.

Um Übersicht zu ermöglichen und Verbesserungspotential aufzuzeigen, wird in dieser Arbeit eine Kombination aus quantitativer und qualitativer Prozessanalyse verwendet.

Die qualitative Prozessanalyse stellt die Prozesse in Form eines konzeptionellen Modells dar. Die Ablauflogik der Aktivitäten, der Materialfluss, der Informationsfluss, die organisatorischen Zuständigkeiten und das Vorhandensein von verschiedenen qualitativen Prozessmerkmalen stehen im Vordergrund. Das ARIS-Konzept dient als Grundkonzept dieser Analyse.

Die quantitative Prozessanalyse bewertet die Prozesse mit unterschiedlichen Kennzahlen. Die Wertstromanalyse dient hier als wesentliches Werkzeug. Verschiedenste Kennzahlen, die im Unternehmen ermittelt werden, ermöglichen die Bewertung der Prozesse und das Aufzeigen von Fehlern.

Der theoretische Teil der Arbeit behandelt die grundsätzlichen Begriffe zu Organisation, industrielle Produktion, Produktionskonzepte, Prozesse sowie die qualitativen und quantitativen Prozessanalysemethoden.

Der praktische Teil der Arbeit zeigt am Fallbeispiel einer Hydraulik Aggregat Montage der Firma Liebherr-Transportation Systems die Anwendung der qualitativen und quantitativen Prozessanalyse.

Die qualitative Prozessanalyse resultierte in einem detaillierten Prozessmodell, das die Grundlage für die quantitative Prozessanalyse darstellte. Die Wertstromanalyse und die Multimomentaufnahme dienten zur Ermittlung von wesentlichen Produktionskennzahlen. Über diese war es möglich, Fehler in Organisation und Ablauf aufzuzeigen.

Durch die Kombination aus qualitativer und quantitativer Prozessanalyse konnten diverse Schwachstellen in den Prozessen der Serienfertigung festgestellt werden. Im Soll-Konzept konnten diese Schwachstellen durch entsprechende Verbesserungen eliminiert werden.

## Abstract

Due to the economic crisis, companies are more than ever forced to improve their production operations. To be able to deliver a high number of variants of high quality goods just in time, the processes need to be lean and optimized.

To improve processes in companies, the activities first need to be described in detail. The large amount of different tasks and players lead to a lack of overview. As a consequence, actually performed processes can be completely different from the described ones.

This thesis investigates a combination of quantitative and qualitative methods of process analysis to enable a general view on company processes and to find possible room for improvement.

The qualitative process analysis describes processes by using business process modeling techniques. The qualitative analysis focuses on the description of the flow logic, the activity flow, material flow, the information flow and the resources. The ARIS-concept is used as the basis concept for this analysis.

The quantitative process analysis evaluates the processes by using different performance indicators. Value stream mapping is the main tool used for this kind of analysis. Based on this method several performance indicators have been defined and have been used to identify and quantify several weaknesses in the process.

The theoretical part of this thesis covers general knowledge about organizations, industrial production, assembling, processes and qualitative and quantitative process analysis methods.

The case-study of this thesis demonstrates the application of the combined application of qualitative and quantitative process analysis at the company Liebherr-Transportation Systems GmbH. The qualitative analysis was used to describe and understand all key processes in the company. It served as a basis for a subsequent quantitative analysis. Value stream mapping and multi-moment recoding were used to generate essential production figures. Using this figures weakness in the processes were found.

By using the process analysis, weak points in the series production were found. The new production concept will eliminate those.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Motivation und Problemstellung .....	1
1.2	Methodik und Kapitelübersicht .....	2
2	Theoretische Grundlagen.....	4
2.1	Organisation von Unternehmen.....	4
2.1.1	Aufbauorganisation .....	5
2.1.2	Prozessorganisation oder Ablauforganisation.....	6
2.2	Industrielle Produktion .....	7
2.2.1	Die Fabrik .....	8
2.2.2	Vorbereitung der Produktion .....	9
2.2.3	Auftragsmanagement.....	9
2.2.4	Fertigungsarten und Fertigungsprinzipien.....	10
2.2.5	Technik der Produktionssysteme .....	11
2.2.6	Montagekonzepte .....	13
2.2.7	Hilfsbetriebe von Produktionen .....	20
2.3	Produktionskonzepte: Vom Fordismus zur Lean Production .....	21
2.3.1	Massenfertigung/Fordismus.....	22
2.3.2	Toyota Produktionssystem/Lean Production.....	23
2.4	Prozesse .....	28
2.4.1	Geschäftsprozesse .....	28
2.4.2	Produktionsprozesse .....	30
2.5	Qualitative Prozessanalyse .....	31
2.5.1	Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) .....	32
2.5.2	Vorgangskettendiagramm VKD.....	34
2.5.3	Wertschöpfungskettendiagramm WSK .....	35
2.5.4	Ereignisgesteuerte Prozesskette EPK .....	36
2.5.5	Value Added Analysis .....	39
2.5.6	Root Cause Analysis.....	39
2.6	Quantitative Prozessanalyse .....	40
2.6.1	Wertstromanalyse .....	40

---

2.6.2	Balanced Scorecard.....	49
2.6.3	Prozesssimulation.....	50
2.6.4	Weitere Kennzahlen.....	50
2.6.5	Methoden zur Erfassung von Istzeiten.....	54
2.6.6	Methoden zur Ermittlung von Sollzeiten.....	58
2.7	Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden.....	58
3	Fallstudie.....	60
3.1	Liebherr-Transportation Systems GmbH.....	60
3.2	Produktbeschreibung.....	60
3.3	Produktionsbeschreibung.....	61
3.4	Vorgehensweise bei der Prozessanalyse.....	66
3.5	Qualitative Prozessanalyse.....	66
3.5.1	Wertschöpfungskettendiagramm.....	68
3.5.2	Anfrage/Angebotsabwicklung.....	69
3.5.3	Auftragseinlastung.....	69
3.5.4	Produktionssteuerung und Disposition.....	72
3.5.5	Materialbeschaffung.....	74
3.5.6	Montage und Prüfen.....	76
3.5.7	Auslieferung.....	82
3.6	Quantitative Prozessanalyse.....	83
3.6.1	Wertstromanalyse.....	83
3.6.2	Kennzahlen.....	90
3.6.3	Multimomentaufnahme Vorgehensweise.....	90
3.6.4	Multimomentaufnahme Wertschöpfung am Prüfautomat.....	91
3.6.5	Multimomentaufnahmen Auslastung der Arbeitsplätze.....	92
3.6.6	Auswertung der rückgemeldeten Auftragszeiten.....	92
3.6.7	Aufnahme der Prozesszeiten-5.9 Montieren des Hydraulik-Aktuators...93	93
4	Ergebnisse.....	96
4.1	Ergebnisse am Fallbeispiel: Geschäftsprozesse.....	97
4.2	Ergebnis am Fallbeispiel: Produktionsprozesse.....	98
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	102
6	Anhang.....	103



---

7	Literaturverzeichnis .....	109
8	Abbildungsverzeichnis .....	112
9	Formelverzeichnis .....	114
10	Tabellenverzeichnis .....	115
11	Abkürzungsverzeichnis .....	116

# 1 Einleitung

Globale Konkurrenz, schnelle technologische Veränderungen, neue Fertigungs- und Informationstechnologien und anspruchsvollere Konsumenten zwingen Fertigungsbetriebe, ihre Produktionsprozesse, Verwaltungsabläufe und die Supply Chain zu optimieren. Nur so ist es möglich, Produkte höchster Qualität in kürzester Zeit zuverlässig zu liefern.<sup>2</sup>

Das Streben nach effizienten und flexiblen Produktionen und verschwendungsfreien Abläufen erfordert die Analyse und Verbesserung der Geschäfts- und Produktionsprozesse in Unternehmen.<sup>3</sup>

Wenn Unternehmen Produkte oder Dienstleistungen liefern, finden Prozesse statt, um geforderte Leistungen zu erbringen. Z.B. im „order-to cash“ Prozess: Dieser wird vom Verkäufer ausgeführt und startet mit deiner Kundenbestellung. Der Prozess endet dann, wenn der Kunde sein Produkt erhalten hat und dieses bezahlt worden ist. Der Prozess enthält Tätigkeiten wie „Auftrag bestätigen“, „Produkt liefern“, „Rechnung erstellen“ oder „Bezahlung erhalten“. Eine Organisation kann entscheidende Wettbewerbsvorteile haben, wenn sie bei ähnlichen Dienstleistungen oder Produkten bessere und effizientere Prozessabläufe hat.<sup>4</sup>

## 1.1 Motivation und Problemstellung

Es gibt eine Vielzahl von verfügbaren Methoden zur Beschreibung, Dokumentation und Verbesserung von Prozessen. In Abhängigkeit von Aufgabenstellung und Zielsetzung bieten sich unterschiedliche Methoden an. Für die Dokumentation von betrieblichen Abläufen eignen sich ereignisgesteuerte Prozessketten oder Flussdiagramme. Material- oder Informationsflüsse können über die Wertstromanalyse beschrieben werden. Diese Techniken zur Prozessanalyse können in qualitative und quantitative Methoden unterteilt werden.

Bei der qualitativen Prozessanalyse steht die Darstellung der Prozesse und der Prozesslogik im Vordergrund. Diese Darstellung in Form von Prozessmodellen dient dazu, die Abläufe und Strukturen des Unternehmens zu visualisieren und ein besseres Verständnis der Unternehmensabläufe zu erhalten. Jeder Prozess im Ablauf wird auf Wertschöpfung untersucht, dabei werden Prozesse ohne Wertschöpfung eliminiert.

---

<sup>2</sup> vgl. (Karim & Arif-Uz-Zaman, 2013, S. 169 f.)

<sup>3</sup> vgl. (Weske, 2012, S. 4 f.)

<sup>4</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 3 f.)

Die quantitativen Methoden benutzen Daten und Messungen zur Bewertung der Prozesse (z.B. Prozesszeiten, Bestände, Durchlaufzeit, Kosten). Diese Daten sollen eine genauere Betrachtung ermöglichen.

Das generelle Ziel vorliegender Arbeit ist es, eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden zur Prozessanalyse im Produktionsbereich zu finden und zu evaluieren. Sämtliche Prozesse von der Bestellung bis zur Auslieferung des Produktes sollen analysiert werden. Dabei soll der Fokus der Analyse in der Prozessanalyse der Produktion liegen.

Mit dieser Kombination soll die Analyse aller notwendigen Prozesse und Aktivitäten ermöglicht werden. Dabei sollen Geschäftsprozesse wie Auftragseinlastung, Produktionssteuerung und Materialbeschaffung sowie Produktionsprozesse analysiert und optimiert werden können.

Durch die Kombination aus beiden Methoden lässt sich ein Gesamtbild der Prozessleistung erstellen. Die qualitative Prozessanalyse bietet erste Ansatzpunkte für Verbesserungen, welche durch die quantitative Prozessanalyse detailliert werden können.

Die Erstellung der qualitativen Prozessanalyse erfolgt unter Verwendung der ARIS-Methodik. Über Wertschöpfungskettendiagramme und ereignisgesteuerte Prozessketten werden die Prozesse als Prozessmodelle dargestellt. Die quantitative Prozessanalyse mit dem Fokus auf die Produktionsprozesse benutzt die Wertstromanalyse und weitere Kennzahlen zur Analyse der Prozesse.

Diese Kombination aus beiden Methoden soll am Fallbeispiel einer Hydraulikmontage angewendet werden. Zielsetzung der Firma Liebherr-Transportation Systems GmbH ist es, die bestehende Produktion und ihre Abläufe zu analysieren, um Verbesserungspotential zu ermöglichen und um die Transparenz im Unternehmen zu erhöhen.

Das Vorgehen zur Lösungsfindung und die Gliederung der Arbeit sind im folgenden Kapitel beschrieben.

## **1.2 Methodik und Kapitelübersicht**

Beginnend mit der Recherche zum Thema Organisation von Unternehmen mit der Unterscheidung von Aufbauorganisationen und Prozessorganisationen werden die benötigten Erkenntnisse zum Stand der Wissenschaft akquiriert. In diesem Kapitel wird beschrieben, warum eine Ausrichtung in Richtung Prozess- oder Ablauforganisation Vorteile erzielen kann.

Im Kapitel Industrielle Produktion werden die wichtigsten Begriffe aus Produktion und Montage erläutert. Im Kapitel Produktionskonzepte werden in geschichtlicher Reihenfolge die wichtigsten Produktionskonzepte beschrieben. Im darauffolgenden Kapitel

Prozesse werden die theoretischen Begriffe zu Prozessmanagement, Geschäfts- und Produktionsprozessen erläutert.

Darauffolgend findet sich die Beschreibung zur qualitativen Prozessanalyse. Hier wird die ARIS-Methodik vorgestellt. ARIS ist ein Rahmenwerk zur Beschreibung von Unternehmen und betriebswirtschaftlichen Anwendungssystemen. Die Prozesse werden dabei als Prozessmodelle mit Modellierungssprachen aus unterschiedlichen Sichten dargestellt.

Anschließend erfolgt die Beschreibung der quantitativen Prozessanalyse. Zur Bewertung der Prozesse werden die Wertstromanalyse und weitere Kennzahlen verwendet.

Im Teil der Fallstudie werden der Ablauf und die Methoden für die Prozessanalyse festgelegt und ausgeführt. Die Fallstudie wird in drei Schritte gegliedert.

1. Überblick: Qualitative Erfassung der Prozesse; Erfassung und Darstellung der Logik der Prozesse mit der ARIS-Methodik
2. Detaillierung: Quantitative Erfassung ausgewählter Prozesse: Detaillierung der Prozesse mit Wertstromanalyse und der Aufnahme der Prozesskennzahlen
3. Gesamtprozessbewertung: Aufzeigen von Verbesserungspotential und Erstellung eines Soll-Konzepts

Über diese Kombination der Methoden zur Prozessanalyse lassen sich Schwächen in den einzelnen Prozessen identifizieren und bewerten. Die kombinierte Anwendung von qualitativen und quantitativen Methoden zur Prozessanalyse soll das Verstehen des gesamten Prozessablaufs ermöglichen und dient als Ausgangsbasis für die Optimierung der Prozesse.

Das Ergebnis der Analysen, der Soll-Zustand und die Evaluierung der ausgewählten Kombination werden im Kapitel Ergebnisse beschrieben.

## 2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der Arbeit erläutert. Zu Beginn erfolgt die Erklärung von unternehmerischen Organisationsformen und ihren unterschiedlichen Modellen. Die klassische Aufbauorganisation mit ihrem Abteilungsdenken führt zu einigen Schwachstellen in Unternehmen. Die Prozessanalyse versucht, diese aufzuzeigen.

Da es sich im Fallbeispiel um einen Produktionsbetrieb handelt, erfolgt im anschließenden Abschnitt die theoretische Erläuterung zu den wichtigsten Begriffen der industriellen Produktion und der Montage.

Im Kapitel Produktionskonzepte wird die geschichtliche Entwicklung der Produktion und der Produktionskonzepte am Beispiel der Automobilindustrie beschrieben. Das Toyota Produktionssystem wird genauer erklärt, da es für Produktionen nach wie vor als Vorbild gilt.

Anschließend werden die theoretischen Begriffe zu Prozessen und der Prozessanalyse erläutert. Die qualitative Prozessanalyse erfolgt mit Hilfe der ARIS-Methodik, welche in diesem Abschnitt beschrieben wird. Es werden unterschiedliche graphische Modellierungssprachen, wie EPK, dargestellt.

Kern der quantitativen Prozessanalyse dieser Arbeit ist die Wertstromanalyse und die Auswahl und Bestimmung von Kennzahlen.

### 2.1 Organisation von Unternehmen

*„Die Kenntnis der Organisation und Funktion von Unternehmen ist eine Voraussetzung für die Gestaltung, den Betrieb und die permanente Optimierung der Produktion.“<sup>5</sup>*

**Organisation:** *„Person oder Personengruppen, die eigene Funktionen [...] mit Verantwortlichkeiten, Befugnissen und Beziehungen hat, um ihre Ziele [...] zu erreichen.“<sup>6</sup>*

Um wirtschaftlich erfolgreich zu sein, ist es für Unternehmen erforderlich, unterschiedlichste Aufgaben zu erfüllen. Um diese Aufgaben, unter einem minimalen Einsatz von Ressourcen, zu ermöglichen ist es notwendig, die zahlreichen und unterschiedlichen Aufgaben zu strukturieren.

Bei unternehmerischen Organisationsformen von Fabriken werden prinzipiell Aufbauorganisation und Ablauforganisation unterschieden.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 33)

<sup>6</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2014, S. 19)

<sup>7</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 45)

## 2.1.1 Aufbauorganisation

„Bei der Aufbauorganisation steht die Strukturierung des Unternehmens mit seinen Elementen – in der Regel sind dies Abteilungen, Teams und Mitarbeiter – im Mittelpunkt. Sie zeigt, welche Organisationseinheiten es gibt und nach welchen Gesichtspunkten – zum Beispiel Entwicklung, Vertrieb und Administration – die Aufgaben geteilt werden.“<sup>8</sup>

Aufbauorganisationen entstehen kurz und langfristig durch Ausgliederung gewisser Tätigkeiten und Funktionen aus Abteilungen. Bei kleineren Unternehmen sind wenige Mitarbeiter für ein großes Spektrum an Tätigkeiten zuständig: z.B. kümmert sich der Geschäftsführer auch um die Personalangelegenheiten. Bei einer gewissen Größe wird diese Tätigkeit ausgelagert und in einer eigenen Abteilung gebündelt.<sup>9</sup>

Bei der Aufbauorganisation erfolgen zwei weitere Unterteilungen in hierarchische Aufbauorganisation und Matrixorganisation. In der hierarchischen Aufbauorganisation verlaufen die Entscheidungsprozesse von unten nach oben und umgekehrt. Der Vorteil ist die klare Abgrenzung der Arbeitsinhalte und -beziehungen. Die Entscheidungsfindungen in dieser Organisationsform sind sehr unflexibel und zeitintensiv, als Abhilfe dient die Matrixorganisation. In dieser Organisationsform werden der hierarchischen Organisationsform horizontale Strukturen überlagert. Da in dieser Form Mitarbeiter zwei Vorgesetzte haben, kommt es teilweise zu Konflikten.<sup>10</sup>

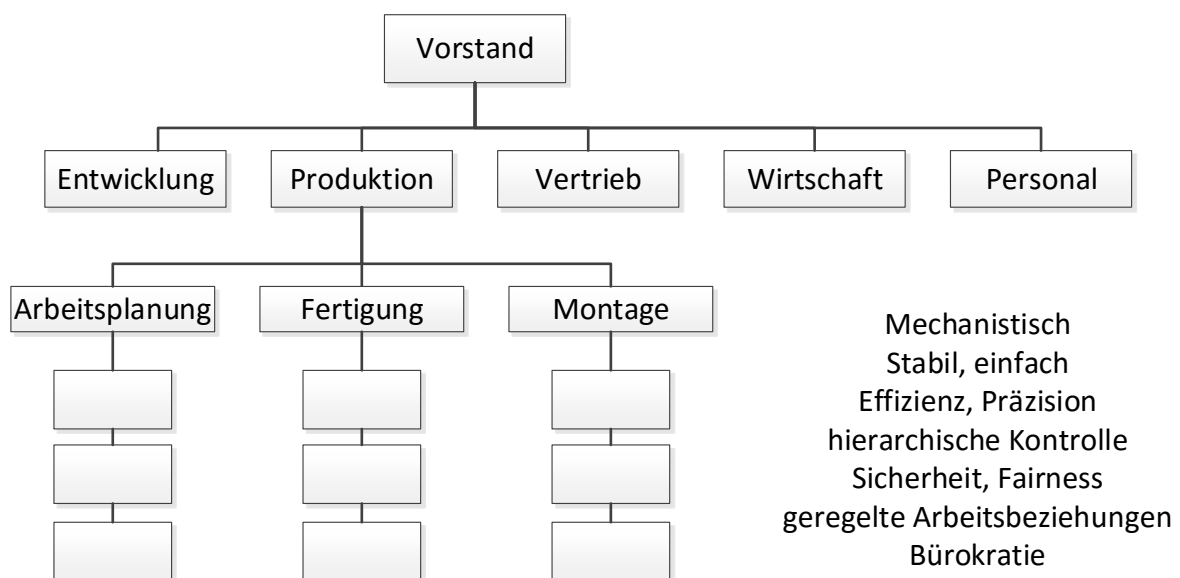


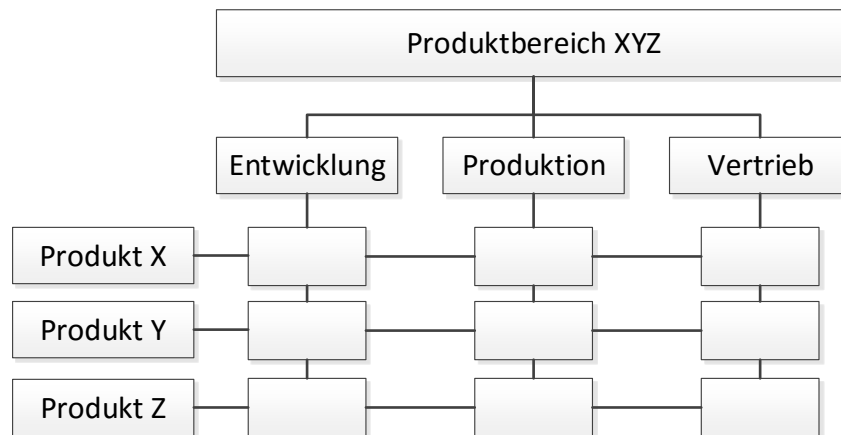
Abbildung 1: Hierarchische Aufbauorganisation<sup>11</sup>

<sup>8</sup> (Obermeier, Fischer, Fleischmann, & Dirndorfer, 2014, S. 2)

<sup>9</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 45 ff.)

<sup>10</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 45 ff.)

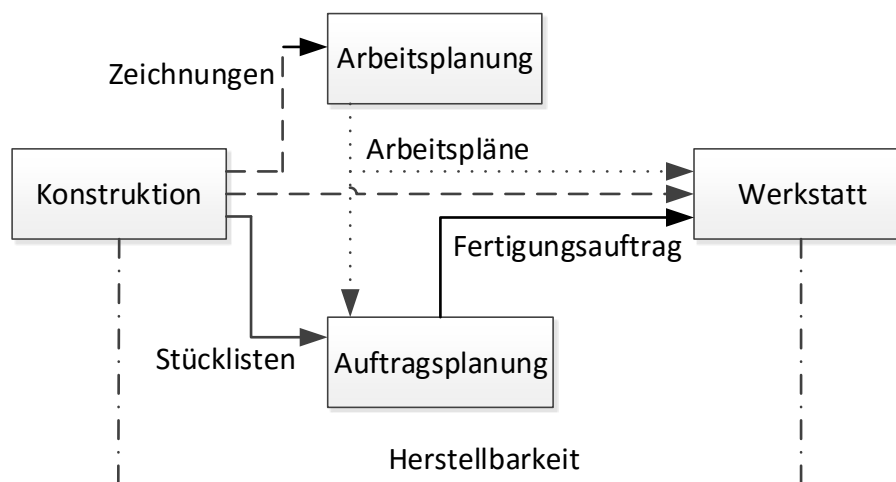
<sup>11</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 47)

Abbildung 2: Matrixorganisation<sup>12</sup>

### 2.1.2 Prozessorganisation oder Ablauforganisation

„Eine Ablauforganisation stellt das notwendige Zusammenwirken der Unternehmenselemente in den Mittelpunkt, damit das gewünschte Ergebnis erreicht wird. Sie zeigt, wie die einzelnen organisatorischen Elemente zusammenarbeiten, um die Anforderung an das Gesamtsystem zu erfüllen.“<sup>13</sup>

Grundlage für die Ablauforganisation sind Modelle der Prozesse. Die Ablauforganisation legt die Aufgaben einzelner Organe fest und beschreibt den Fluss der Produkte und innerbetrieblichen Leistungen. Das Beispiel in der Abbildung 3 zeigt die Bedeutung der Ablauforganisation für das reibungsfreie Funktionieren der Produktion. Die Darstellung zeigt den Fluss der Arbeiten und die Abstimmung der Prozesse untereinander.<sup>14</sup>

Abbildung 3: Beispiel einer Ablauforganisation<sup>15</sup>

<sup>12</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 48)

<sup>13</sup> (Obermeier, Fischer, Fleischmann, & Dirndorfer, 2014, S. 4)

<sup>14</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 49 ff.)

<sup>15</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 50)

Prozesse sind sehr oft durch Abteilungsgrenzen beschränkt und daher schlecht integriert, z. B. werden die Aufträge im Vertrieb generiert, der Einkauf kauft die notwendigen Materialien, die Produktion plant und fertigt den Auftrag und der Versand veranlasst die Lieferung der Ware an den Kunden.<sup>16</sup>

- Abteilungen sind vertikal gegliedert, horizontale Kommunikation ist oft schwierig
- Die Kundensicht geht verloren
- Die Flexibilität ist eingeschränkt
- Es fehlt die Sicht auf den Gesamtprozess
- Schnittstellen können zu Fehler führen
- Fehlende Datenintegration (Inkonsistenzen, Redundanzen)

## 2.2 Industrielle Produktion

Die industrielle Produktion hat ihren Ursprung in der Werkstattfertigung. Die Produkte waren zum Großteil Einzelerzeugnisse mit hoher Qualität. Die Frage nach der Lebensdauer stellte sich nicht. Der Kostendruck führte zur Serienfertigung. Gestraffte Arbeitsabläufe, hohe Stückzahlen und das Herunterbrechen der Aufgaben in kleinste Tätigkeiten brachten erhebliche **Kostenvorteile** im Vergleich zur Werkstattfertigung. Das Auslasten der teuren Maschinen war das Hauptziel. Um dieses zu erreichen, wurde immer mehr Material vor den Maschinen gelagert. Um weitere Kostenvorteile zu erzielen, wurden durch minderwertige Materialien und Konstruktionen die Produkte verändert. Daraus resultierende Probleme mit Lebensdauer und der **Qualität** rückten diese Faktoren in den Vordergrund. Durch die zunehmende Automatisierung, den Einsatz von Informations-Technologie und die Taktung der Fertigungslinien auf höchstem Niveau ist eine dritte Zielgröße zu einem weiteren Ziel geworden, die **Lieferzeit**.<sup>17</sup>

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war klar, dass sich die Ziele Qualität, Kostenvorteile und Lieferzeit gegeneinander aushebeln. Wenn die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht, ist es oft schwierig, die beste Qualität zu erzielen.

Die Globalisierung hat diese Zielsetzung gestört. Durch die Anforderungen der Automobilindustrie, bei Just-in-Time-Anlieferung optimale Qualität zu niedrigem Preis zu liefern, wurden die Teile immer normierter, ähnlicher und folglich die Lieferanten austauschbarer. Dies führte auch in anderen Industrien zu neuen Zielvorstellungen.<sup>18</sup>

*„Der heutige Kunde hat sich von den romantischen Vorstellungen der frühen Serien- und Massenproduktion befreit und erwartet heute seine Produkte zum niedrigen Preis bei gleichzeitig höchster Qualität und zum kürzest möglichen Liefertermin.“*<sup>19</sup>

---

<sup>16</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 2 f.)

<sup>17</sup> vgl. (Kletti & Schumacher, 2011, S. 1 ff.)

<sup>18</sup> vgl. (Kletti & Schumacher, 2011, S. 1 ff.)

<sup>19</sup> (Kletti & Schumacher, 2011, S. 2)





Abbildung 4: Die vier Zieldimensionen der Produktion<sup>20</sup>

### 2.2.1 Die Fabrik

Die Organisation der industriellen Produktion erfolgt in Fabriken. Eine Fabrik ermöglicht den räumlichen Ablauf der Produktion. Die Fabrik ist der Ort, an dem Wertschöpfung durch arbeitsteilige Produktion an Gütern stattfindet. Ein genaues Bild der Fabrik lässt sich durch die fünf Dimensionen **Standort**, **Werkstruktur**, **Fabrikgebäude**, **Produktionslogistik** sowie **Arbeitsorganisation** erläutern.<sup>21</sup>

Eine Fabrik ist durch ihren **Standort** näher bestimmt. Hauptmerkmale sind Kriterien wie Preis, Größe, Geländeform, Infrastruktur (Straßenanbindung, Wasserversorgung, Energieversorgung). Zusätzliche Kriterien für den Standort sind Steuervorteile, das Lohnniveau und die Ausbildung der Arbeitskräfte. Alle dieser Faktoren haben Einfluss auf den Fabrikbetrieb.<sup>22</sup>

Das **Werk** ist ein örtlich-räumlich geschlossener Produktionsbereich mit definierten Produktionsaufgaben an einem Standort. Ein Werk kann aus mehreren Gebäuden bestehen. Interne Wegenetze, Außenanlagen und die Anbindungen an die externe Infrastruktur können zusätzlich bestehen.<sup>23</sup>

Mindestens eines der Gebäude am Werk ist das **Fabrikgebäude** im eigentlichen Sinn. Das Fabrikgebäude ist ein architektonisch-räumlich geschlossener Produktionsbereich mit definierten, nicht unbedingt abgeschlossenen Produktionsaufgaben. Die Fabrik wird durch das Fabriklayout beschrieben, dieses stellt die Fabrik in Segmenten, sprich unterschiedlichen Bereichen der Produktion, dar.<sup>24</sup>

Die **Produktionslogistik** ermöglicht die Bewegungen von Material und Maschinen. Die Produktionslogistik steuert und betreibt die Fabrik mit Hilfe von Produktionsplänen. Die Logistik erfolgt unter drei wesentlichen Zielen, nämlich dem Erreichen einer hohen

<sup>20</sup> (Erlach, 2007, S. 28)

<sup>21</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 4 ff.)

<sup>22</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 4 ff.)

<sup>23</sup> vgl. (Verein Deutscher Ingenieure, 2011, S. 7)

<sup>24</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 6)

Maschinenauslastung bei geringen Beständen und hohen Liefertreue.<sup>25</sup> Diese drei Ziele können nicht gleichzeitig optimiert werden. Es wird versucht ein Gesamtoptimum zu erreichen, dieses ist bei den Unternehmen verschieden definiert.

Die **Arbeitsorganisation** legt die produktionsbezogenen Pflichten und Regeln der Mitarbeiter fest. Sie regelt die Arbeitszeitmodelle, das Schichtsystem sowie das Entgeltssystem.<sup>26</sup>

## 2.2.2 Vorbereitung der Produktion

Die Arbeitsvorbereitung dient als Schnittstelle zwischen Produktion und Produktkonstruktion.<sup>27</sup> Sie umfasst die Planung der Gesamtheit aller Maßnahmen, einschließlich aller erforderlichen Unterlagen und Betriebsmittel, die zur wirtschaftlichen Produktion von Erzeugnissen erforderlich ist.<sup>28</sup>

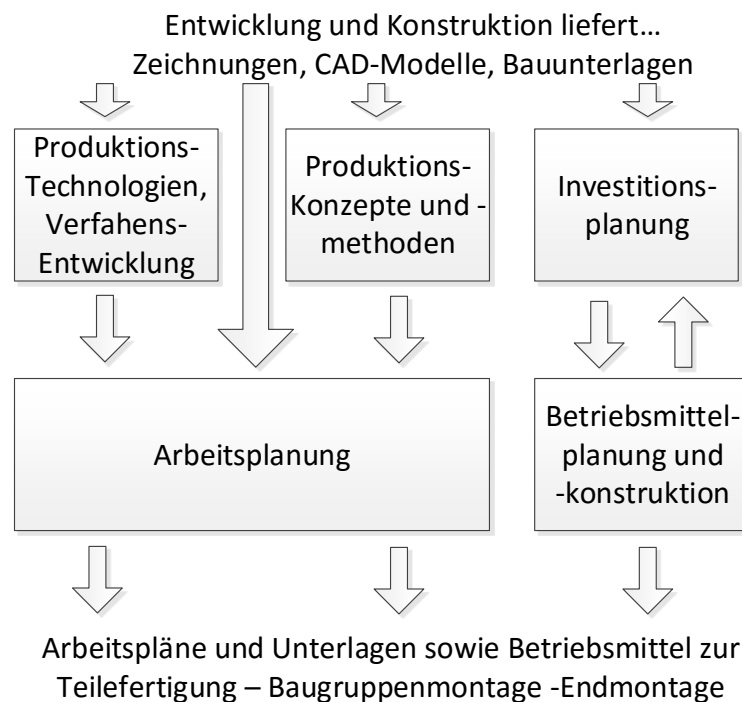


Abbildung 5: Aufgaben der Arbeitsvorbereitung <sup>29</sup>

## 2.2.3 Auftragsmanagement

Das Auftragsmanagement umfasst die Aufgaben, die zur Organisation des Auftragsdurchlaufs in der Produktion notwendig sind. Ziel ist eine termingerechte und fehlerfreie Lieferung der bestellten Produkte, ohne den Kostenrahmen zu überschreiten. Begleitet wird das Auftragsmanagement von der Produktionsplanung und -steuerung

<sup>25</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 6)

<sup>26</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 6 f.)

<sup>27</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 108)

<sup>28</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 154)

<sup>29</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 154)

(PPS). Dies ist die EDV-gestützte organisatorische Planung: Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand.<sup>30</sup>

## 2.2.4 Fertigungsarten und Fertigungsprinzipien

Produktionen werden durch zwei Beschreibungsformen charakterisiert, die als Fertigungsart und Fertigungsprinzip bezeichnet werden. Die Fertigungsart wird durch die herzustellenden Mengen bestimmt (Einzelfertigung oder Massenfertigung usw.). Das Fertigungsprinzip durch die organisatorische Struktur des Arbeitssystems (z. B. Baustellenfertigung).<sup>31</sup>

		Fertigungsprinzipien					
		Baustellenfertigung	Werkstättenprinzip	Flexible Systeme	Fließprinzip ohne Takt	Fertigungszellen	Fließprinzip getaktet
Fertigungsarten	Einmalfertigung	●	●				
	Wiederholfertigung	●	●	●			
	Variantenfertigung		●	●	●		
	Serienfertigung				●	●	●
	Massenfertigung					●	●

Abbildung 6: Fertigungsarten und Fertigungsprinzipien <sup>32</sup>

Fertigungsarten werden grundsätzlich in Einzel- und Mehrfachfertigung unterteilt. Wiederholfertigung bezeichnet Fertigungen mit kleinen Stückzahlen. Variantenfertigung bezeichnet eine Fertigung mit kleinen oder mittleren Stückzahlen von gleichen oder ähnlichen Produkten sowie die Serienfertigung und die Massenfertigung. Die Häufigkeit der Wiederholung eines Produkts ist das Hauptunterscheidungsmerkmal der Fertigungsarten.<sup>33</sup>

Bei der Baustellenfertigung steht das Produkt im Mittelpunkt der Produktion, es wird während der gesamten Produktion nicht bewegt. Die Materialien und Arbeiter werden zur Baustelle gebracht und stellen dort das Produkt her (z. B. Straßenbau).<sup>34</sup>

Bei der Werkstättenfertigung ist die Fertigung auf technologisch orientierte Bereiche aufgeteilt. Die Anordnung der Maschinen erfolgt nicht nach dem Ablauf der Fertigung.

<sup>30</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 179 ff.)

<sup>31</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 198 ff.)

<sup>32</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 198)

<sup>33</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 198)

<sup>34</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 198)

Dies führt zu einer hohen Flexibilität und wird meist bei Einzelfertigung oder Fertigungen mit geringen Stückzahlen angewendet. Nachteil ist die hohe Durchlaufzeit.<sup>35</sup>

Das Fließprinzip bezeichnet Fertigungssysteme, die durch bewegte Produkte gekennzeichnet sind. Produkte werden ohne feste Taktzeit oder im Zeittakt zwischen den Arbeitsstationen bewegt.<sup>36</sup>

Stückzahlcharakter		Einzelfertigung		Mehrfachfertigung		
		Einmalfertigung	Wiederhol- fertigung	Varianten- fertigung	Serienfertigung	Massenfertigung
Fertigungsart	Kennzeichen	-Erzeugnisse werden nur einmal hergestellt	-Erzeugnisse werden in unregelmäßigen Abständen hergestellt	-Ähnliche Erzeugnisse desselben Grundtyps	-Begrenzte Stückzahl -Bildung von Fertigungslosen	-Große Stückzahlen -Häufige Prozesswiederholung
		-Auftragsproduktion, d.h. Fertigung nach Kundenwunsch	-Bei Auftragswiederholung verminderter Vorbereitungsaufwand	-Im allgemeinen gleicher Fertigungsaufwand für alle Varianten	-Meist Auftragsproduktion standardisierter Erzeugnisse	-Fertigung für anonymen Markt, Anpassung an Kundenwünsche nur im Rahmen geplanter Erzeugnistypen
		-Hoher Kosten- und Zeitanteil entfällt auf Vorbereitungsaufgaben (Projektierung, Konstruktion)			-Klein, Mittel- und Großserien	-Sehr hoher einmaliger bezogen auf das Einzelprodukt aber geringer Aufwand

Abbildung 7: Charakteristische Merkmale von Fertigungsarten <sup>37</sup>

## 2.2.5 Technik der Produktionssysteme

Die Produktion benötigt zur Teilefertigung Verfahren und Einrichtungen. Dabei kommen unterschiedliche Fertigungsverfahren zum Einsatz. Die DIN 8540 unterscheidet 6 Hauptgruppen.

<sup>35</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 7 f.)

<sup>36</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 10 ff.)

<sup>37</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 199)

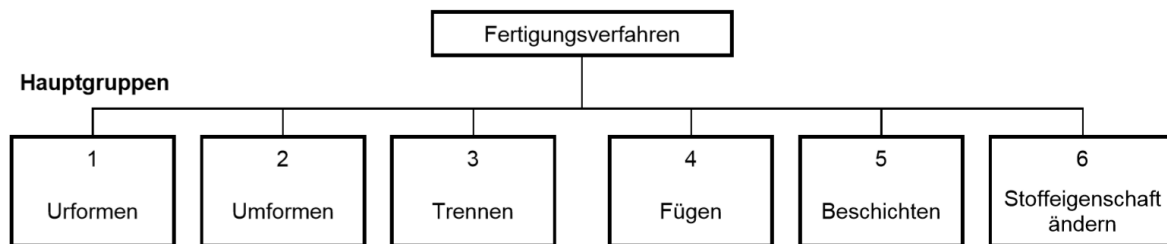


Abbildung 8: Hauptgruppe der Fertigungsverfahren <sup>38</sup>

### Urformen

„Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen des Zusammenhaltes; hierbei treten die Stoffeigenschaften des Werkstücks bestimmbar in Erscheinung.“ <sup>39</sup>

### Umformen

„Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers; dabei werden sowohl die Masse als auch der Zusammenhalt beibehalten.“<sup>40</sup>

### Trennen

„Fertigen durch Aufheben des Zusammenhaltens von Körpern [...], wobei der Zusammenhalt teilweise oder im Ganzen vermindert wird.“<sup>41</sup>

### Fügen

„Auf Dauer angelegtes Verbinden oder sonstiges Zusammenbringen von zwei oder mehreren Werkstücken geometrisch bestimmter fester Form oder von eben solchen Werkstücken mit formlosem Stoff; dabei wird der Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt.“<sup>42</sup>

### Beschichten

„Fertigen durch Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück; maßgebend ist der unmittelbar vor dem Beschichten herrschende Zustand des Beschichtungsstoffes.“<sup>43</sup>

<sup>38</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 7)

<sup>39</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 4)

<sup>40</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 4)

<sup>41</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 4)

<sup>42</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 5)

<sup>43</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 5)

## Stoffeigenschaft ändern

„Fertigen durch Verändern der Eigenschaften des Werkstoffes, aus dem ein Werkstück besteht; dies geschieht u. a. durch Veränderung im submikroskopischen bzw. atomaren Bereich, z. B. durch Diffusion von Atomen, Erzeugung und Bewegung von Versetzungen im Atomgitter, chemische Reaktionen. Unvermeidbar auftretende Formänderungen gehören nicht zum Wesen dieser Verfahren.“<sup>44</sup>

### 2.2.6 Montagekonzepte

Produkte bestehen in der Regel aus einer Vielzahl von Teilen, die nach der Fertigung zum gesamten Produkt zusammengesetzt (montiert) werden.

Die Tätigkeiten der Montage werden in fünf Untergruppen unterteilt. Kern der Montage sind das Handhaben und das Fügen der Teile. Da nur Bauteile verbaut werden, die entsprechend den Qualitätsanforderungen gebaut wurden, ist eine Kontrolle erforderlich. Um Ungenauigkeiten aus der Fertigung bzw. Abweichungen aus der Montage auszugleichen, sind beim Montieren Justierarbeiten notwendig. Sonderoperationen wie Markieren, Erwärmen, Auspacken usw. dienen zur Unterstützung der Montage.<sup>45</sup>

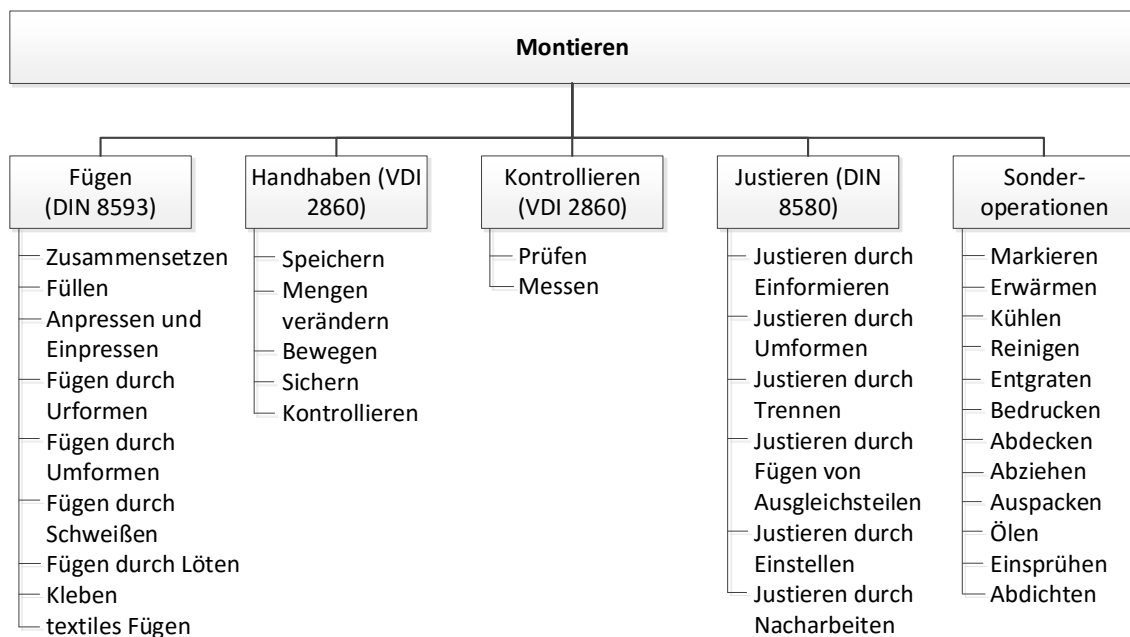


Abbildung 9: Funktionen der Montage<sup>46</sup>

<sup>44</sup> (Deutsches Institut für Normung e.V., 2003, S. 5)

<sup>45</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 2 ff.)

<sup>46</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 2)

Ähnlich wie bei der Teilefertigung können auch die Montageprinzipien nach ihrer Struktur eingeteilt werden. Folgende Kriterien werden dabei verwendet:<sup>47</sup>

- Bewegungsgrößen
  - Der Montageobjekte (stationär/bewegt)
  - Der Arbeitsplätze (stationär/bewegt), und die
- Bewegungsparameter
  - Bewegungsablauf (periodisch/aperiodisch) und
  - Bewegungsart (gerichtet/ungerichtet).

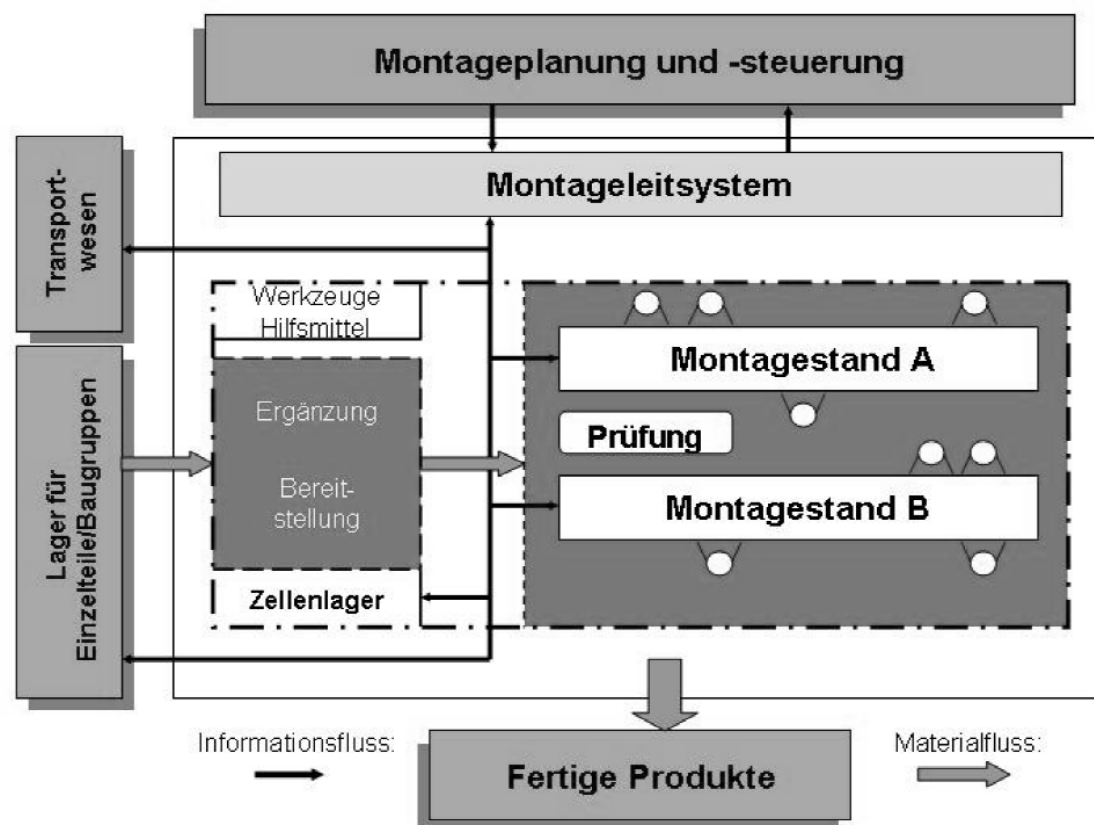


Abbildung 10: Struktur einer Montagezelle<sup>48</sup>

Nach den Kriterien Bewegungsgröße und Bewegungsparameter lassen sich Montagesysteme in fünf Gruppen einteilen:<sup>49</sup>

- Baustellenmontage
- Gruppenmontage
- Reihenmontage
- Taktstraßenmontage
- Kombinierte Fließmontage

<sup>47</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 213)

<sup>48</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 213)

<sup>49</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 213)

## Baustellenmontage

Kennzeichnend für die Baustellenmontage ist das stationäre Montageobjekt, welches als Einzelstück montiert wird. Durch die Bereitstellung einer hohen Anzahl von Einzelteilen sowie der notwendigen Zugänglichkeit von allen Seiten hat die Baustellenmontage einen hohen Platzbedarf. Die eigentliche Montagestelle und die Materialbereitstellung sind räumlich getrennt. Diese zwei Merkmale wirken sich negativ auf die Handhabungszeiten für Teile und Werkzeuge aus. Die notwendigen Wegzeiten und Körperbewegungen verursachen einen hohen nichtwertschöpfenden Aufwand.<sup>50</sup>

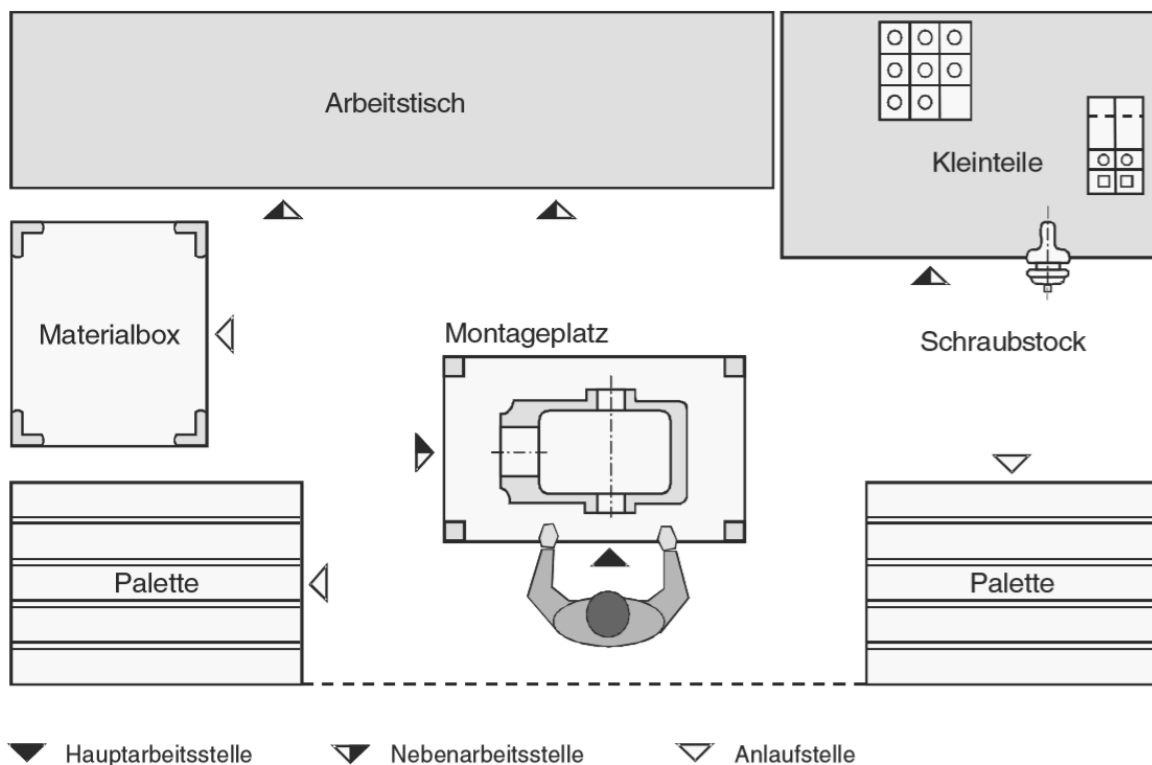


Abbildung 11: Baustellenmontage für ein Getriebe <sup>51</sup>

## Gruppenmontage

Mehrere Montageobjekte werden gleichzeitig an benachbarten Montageplätzen montiert. Die Montageobjekte bleiben stationär, das Montagepersonal wechselt zwischen den Montageplätzen hin und her. Bei dieser Gruppenmontage ist eine Arbeitsteilung notwendig. Im Hinblick auf die Materialbereitstellung ist die Gruppenmontage der Baustellenmontage gleich, da jedes Montageobjekt stationär gefertigt wird. Ein Vorteil der Gruppenmontage ist die verkürzte Durchlaufzeit pro Montageobjekt.<sup>52</sup>

<sup>50</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 174 ff.)

<sup>51</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 175)

<sup>52</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 176 f.)



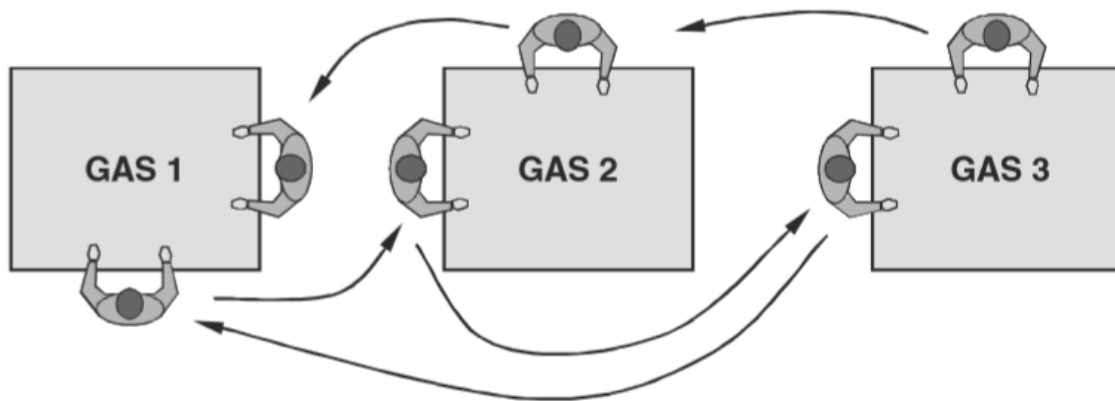


Abbildung 12: Personalwechsel bei der Gruppenmontage (Beispiel) <sup>53</sup>

### Reihenmontage

Das Montageobjekt ist bewegt, während das Montagepersonal stationär bleibt. Der Bewegungsablauf erfolgt aperiodisch, dies erfordert die Einrichtung von Puffern. Die Vorteile liegen in der hohen Flexibilität und der Tatsache das kleine Fehler durch Puffer aufgefangen werden.<sup>54</sup>

### Taktstraßenmontage

Ähnlich der Reihenmontage, hier erfolgt der Bewegungsablauf jedoch in kontinuierlichem Takt. Dies erfordert die Aufteilung der Arbeit in zeitgleiche Arbeitsschritte.<sup>55</sup>

### Kombinierte Fließmontage nach dem One-Piece-Flow-Prinzip

Bei der Fließmontage nach dem One-Piece-Flow-Prinzip bewegt sich sowohl das Montageobjekt als auch das Montagepersonal. Dabei fährt das Montageobjekt mit dem Montagepersonal an den entsprechenden Bereitstellungspositionen vorbei. Die Bereitstellung erfolgt in der Montagereihenfolge, die Montage erfolgt zwischen den Positionen.<sup>56</sup>

<sup>53</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 176)

<sup>54</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 214)

<sup>55</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 214)

<sup>56</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 214)

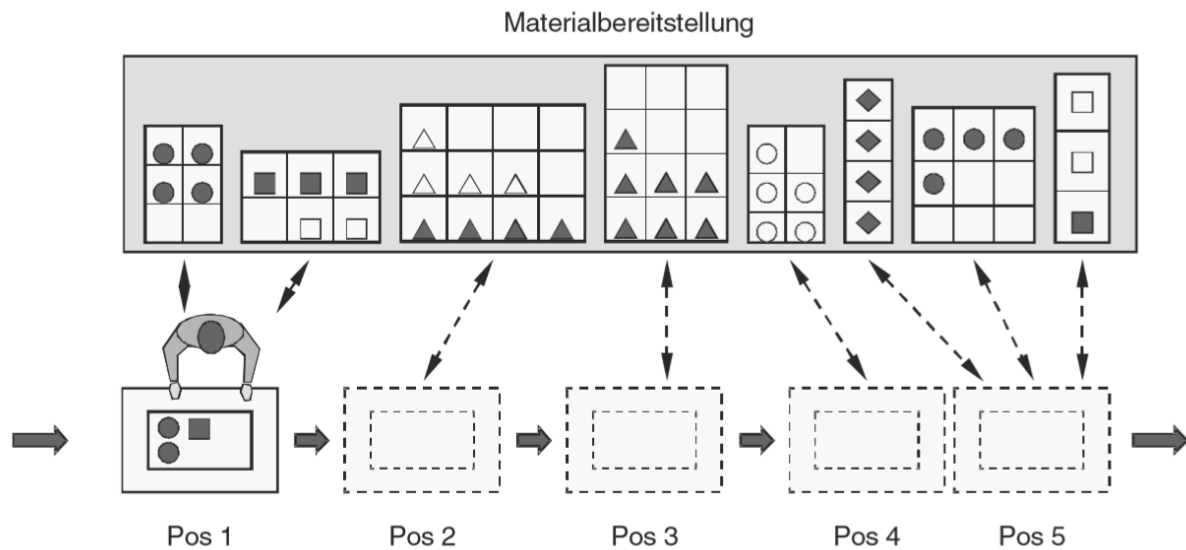


Abbildung 13: Fließmontage nach dem One-Piece-Flow-Prinzip <sup>57</sup>

Reihenmontage, Taktstraßenmontage und kombinierte Fließmontage kommen aus der strengen tayloristischen Arbeitsteilung, bei der ein Mitarbeiter mit wenig Qualifikation aufgrund der genauen Arbeitsteilung eingesetzt werden kann. Moderne Arbeitsformen versuchen mit Gruppenarbeit Probleme, wie etwa Monotonie, einseitige Belastungen und Taktbindungen, zu umgehen.<sup>58</sup>

Zusätzlich zur Unterteilung der Montagesysteme nach ihrer Struktur lassen sie sich in manuelle, hybride und automatisierte Systeme einteilen.<sup>59</sup>

<sup>57</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 181)

<sup>58</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 214)

<sup>59</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 214)

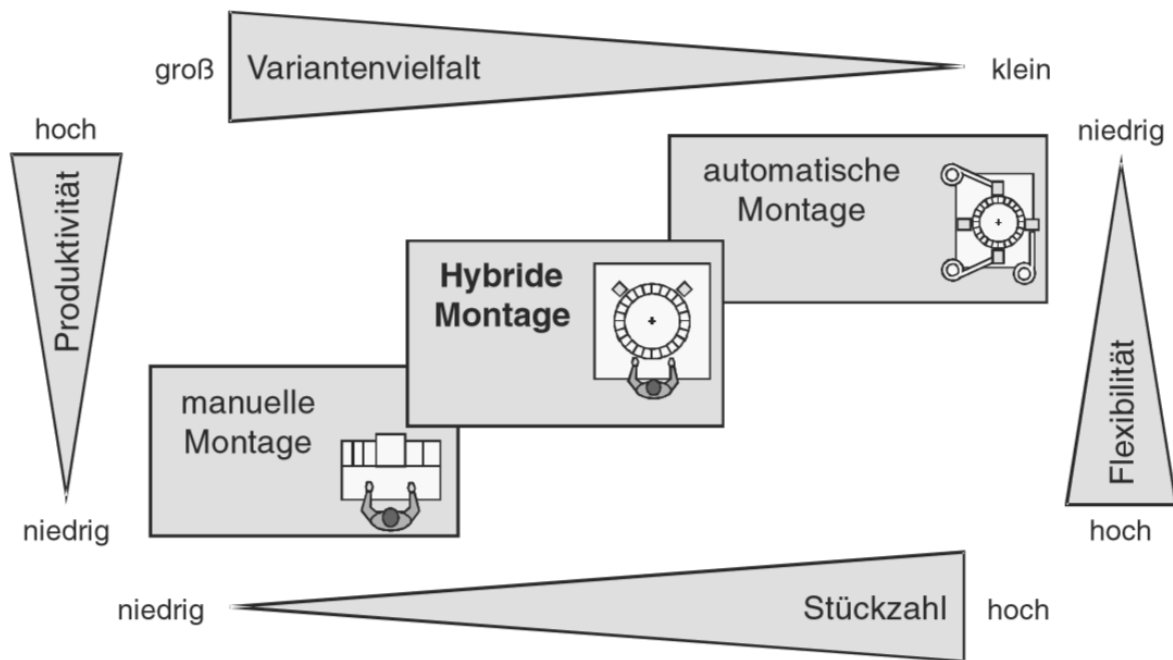


Abbildung 14: Einsatz: manueller, hybrider und automatischer Montagekonzepte <sup>60</sup>

### Manuelle Montagesysteme

Steigernde Variantenvielfalt, geringe Stückzahlen und kurze Produktlebenszyklen verhindern die starre Automatisierung der Montageprozesse, deshalb sind trotz hoher Lohnkosten in Deutschland und Österreich vielfach manuelle Montageprozesse anzutreffen.<sup>61</sup> Folgende Abbildung zeigt die vier Grundformen manueller Montagesysteme. Unterschieden wird zwischen einer Weitergabe mit Werkstückträger und einer Weitergabe ohne Werkstückträger. Der Werkstückträger dient zur Aufnahme des Montageobjekts, wenn dieses keine stabile Auflagefläche besitzt.<sup>62</sup>

<sup>60</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 193 f.)

<sup>61</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 214 ff.)

<sup>62</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 214 ff.)

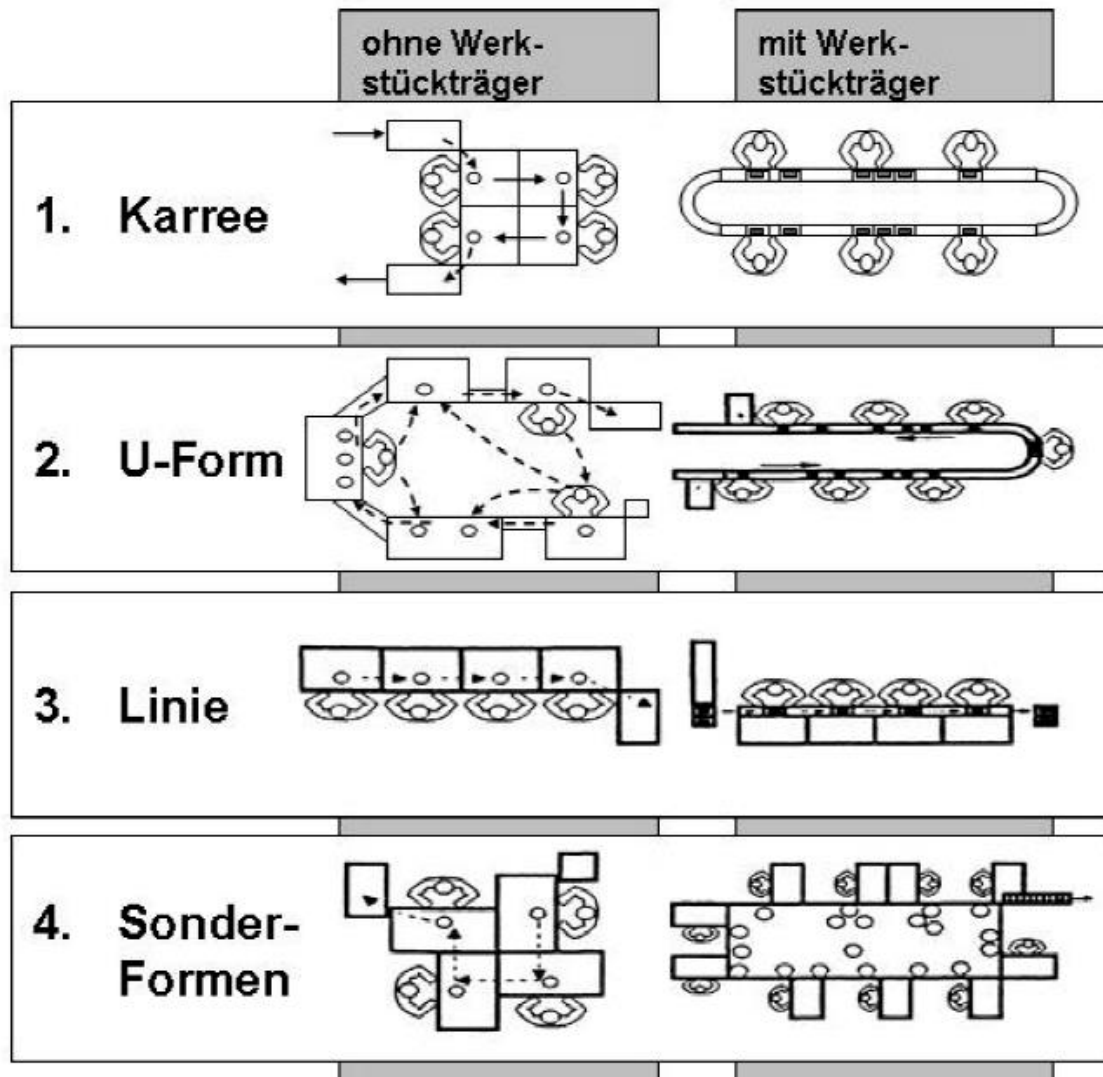


Abbildung 15: Manuelle Montagesysteme ohne automatisierten Umlauf <sup>63</sup>

### Hybride Montagesysteme

Aufgrund der hohen Komplexität in Montagesystemen erfüllt die Erhöhung des Automatisierungsgrades nur selten alle Anforderungen der Produktivitätssteigerung. Aus dieser Hinsicht haben sich intelligente Konzepte gefunden, um die Produktivität der Montage zu steigern. Hybride Automatisierungssysteme sind durch das synchrone Zusammenwirken von Mensch und Maschine gekennzeichnet. <sup>64</sup> Hybride Montagesysteme sind für Kleingeräte im mittleren Stückzahlbereich gut geeignet. <sup>65</sup>

<sup>63</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 215)

<sup>64</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 216 f.)

<sup>65</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 193)

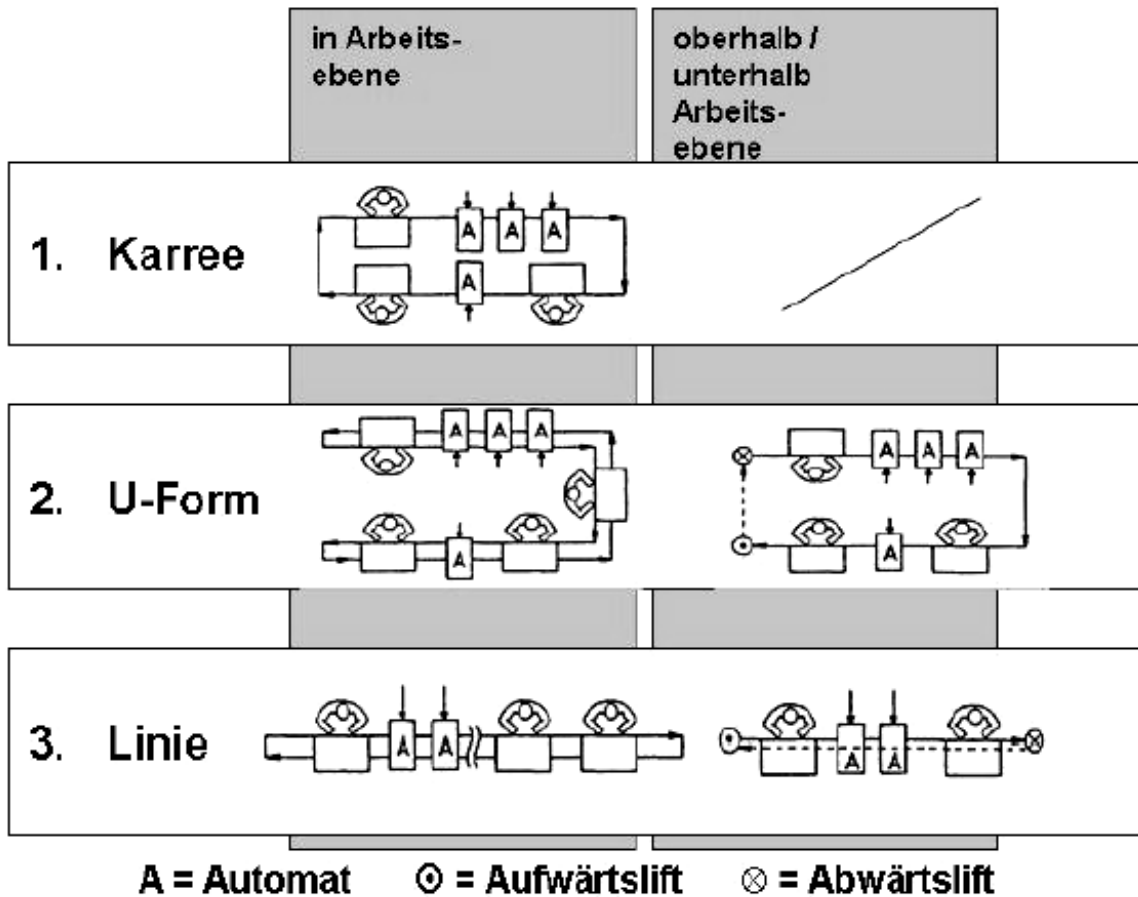


Abbildung 16: Hybride Montagesysteme mit automatisiertem Werkstückumlauf <sup>66</sup>

### Automatisierte Montagesysteme

Die Montage von immer kleiner werdenden Produkten bringt die manuellen und hybriden Montagesysteme, aufgrund der schwierigen Handhabung dieser kleinen Produkte, an ihre Grenzen. Diese Tatsache führt zu kapitalintensiven automatisierten Montagesystemen. Die Schwierigkeit in der Automatisierung der Montage ergibt sich aus dem Schwierigkeitsgrad der Handhabungsoperation und des Fügeverfahrens. Zusätzlich zur schwierigen technischen Realisierbarkeit sind auch Zeitdauer, Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Kosten der auszuführenden Montageoperationen mit zu betrachten.<sup>67</sup>

### 2.2.7 Hilfsbetriebe von Produktionen

„Neben dem eigentlichen Fertigungs-, Montage- und Justiervorgang beeinflussen Fertigungsschritte wie Transport, Handhabung, Magazinierung, Reinigung und Inspek-

<sup>66</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 216)

<sup>67</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 219 ff.)

*tion, aber auch Fertigungssteuerung, Losverfolgung und die Gewährleistung einer reinen Produktionsumgebung die Produktion, die Produktqualität und die Produktionskosten.*<sup>68</sup>

Diese so genannten peripheren Bereiche sind eine Notwendigkeit für die Produktion. Werkzeugwesen, Vorrichtungsbau, Instandhaltung, Logistik und die Materialversorgung sichern den reibungslosen Ablauf der Produktion. Die Mess- und Prüftechnik sorgt für die geforderte Qualität des Erzeugnisses.<sup>69</sup>

## **2.3 Produktionskonzepte: Vom Fordismus zur Lean Production**

Das folgende Kapitel zeigt anhand eines geschichtlichen Rückblicks die Entwicklungen der Produktionskonzepte. Das Massachusetts Institute of Technology hat im Forschungsprojekt „International Motor Vehicle Programm“ die Automobilindustrie weltweit untersucht und die Ergebnisse nach fünfjähriger Arbeit 1990 im Buch „The Machine that Changed the World“ publiziert. Die Autoren beschrieben zum ersten Mal die Vorteile der japanischen Automobilindustrie und prägten den Begriff der „Lean Production“.

Die Entwicklung der Produktionskonzepte ist eng mit der Entwicklung der Automobilindustrie verbunden. Die ersten Fahrzeuge wurden in Werkstätten händisch gefertigt. Diese Handwerksproduktionen zeichneten sich durch folgende Eigenschaften aus:<sup>70</sup>

- Die Arbeitskraft war höchst ausgebildet und konnte von der Konstruktion, der Maschinenbedienung bis zur Montage alles am Auto fertigen.
- Die Organisation war dezentral, aber konzentriert auf einzelne Städte. Die meisten Teile kamen aus kleinen Schlossereien. Die Koordination erfolgte durch direkte Verträge, bei denen alle Vertragspartner involviert waren.
- Die Werkzeuge waren auf verschiedenste Arbeitsoperationen umrüstbar. Das Bohren und Fräsen von Holz und Metall wurde an einer Maschine durchgeführt.
- Das Produktionsvolumen war sehr gering, kein Auto glich dem anderen, da die Herstellungsmethoden nicht standardisiert waren.

Da jedes Auto ein Einzelstück war, sanken die Produktionskosten nicht durch die Erhöhung des Produktionsvolumens. Das hatte zur Folge, dass sich nur Reiche Autos leisten konnten. Henry Ford erkannte diese Probleme: Seine neue Technik, die Massenproduktion, reduzierte die Kosten dramatisch.<sup>71</sup>

---

<sup>68</sup> (Westkämpfer, 2005, S. 224)

<sup>69</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 224 ff.)

<sup>70</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 24)

<sup>71</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 21 ff.)

### 2.3.1 Massenfertigung/Fordismus

Der Schlüssel zur Massenproduktion war die komplette und konsequente Austauschbarkeit von Teilen und die Vereinfachung der Montage.<sup>72</sup>

Der erste Schritt, den Ford machte, um die Effizienz der Prozesse zu erhöhen, war die Lieferung der Teile zu jeder Arbeitsstation, damit die Monteure den ganzen Tag am selben Platz bleiben konnten. Danach, im Jahr 1908, erreichte Ford die komplette Austauschbarkeit der Teile. Er entschied, dass die Monteure nur mehr einen einzigen Arbeitsschritt machen sollten. Die Monteure gingen von Auto zu Auto und montierten jeweils die gleichen Teile. Die durchschnittliche Taktzeit für Ford-Monteure reduzierte sich von 514 auf 2,3 Minuten.<sup>73</sup>

Um die Wegzeiten und Staus in der Montagehallen zu vermeiden, installierte Ford 1913 ein Fließband. Die Taktzeit reduzierte sich von 2,3 auf 1,19 Minuten. Die Produktivität stieg drastisch. 1920, am Höhepunkt der Model-T-Produktion, produzierte Ford zwei Millionen identische Fahrzeuge pro Jahr.<sup>74</sup>

Ford perfektionierte nicht nur die austauschbaren Bauteile, sondern auch den austauschbaren Arbeiter. 1915 hatte das Ford-Werk in Highland Park 7000 Arbeiter, viele davon waren neu in den USA und konnten kaum Englisch. Die Monteure im Ford-Werk hatten jeweils nur eine einzige Aufgabe. Durch die Arbeitsteilung konnte jeder schnell angelernt und dadurch auch schnell ersetzt werden. Die Arbeiter in der Produktion hatten keine Möglichkeit, in ihrer Karriere aufzusteigen. Diese Atmosphäre führte dazu, dass die Arbeiter kaum Anregungen zur Verbesserung gaben. Die hochqualifizierten Arbeiter wurden durch nicht am Band arbeitende Qualitäts-, Produktions- und Instandhaltungsingenieure ersetzt.<sup>75</sup>

Die europäische Konkurrenz kopierte die Massenproduktion und konnte durch die Kombination aus niedrigen Löhnen und der Spezialisierung auf kleine wirtschaftliche Autos, wie den VW Käfer, und sportliche Autos Marktanteile gewinnen.<sup>76</sup> Die Massenproduktion sowohl in den USA als auch in Europa wäre wohl ewig gleich geblieben, wenn die japanische Autoindustrie nicht entstanden wäre. Die Japaner kopierten die Massenproduktion nicht einfach, sondern entwickelten einen neuen Ansatz der Produktion, genannt Lean Production.<sup>77</sup>

---

<sup>72</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 26 ff.)

<sup>73</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 26 ff.)

<sup>74</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 26 ff.)

<sup>75</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 30 ff.)

<sup>76</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 44 ff.)

<sup>77</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 44 ff.)

### 2.3.2 Toyota Produktionssystem/Lean Production

Im Frühjahr 1950 besuchte der japanische Ingenieur Eiji Toyoda das Ford River Rouge Werk in Detroit. Nach dreimonatigem Studieren der Anlage stellten er und sein Produktionsingenieur Taiichi Ohno fest, dass dieses System in Japan, aufgrund von fehlendem Kapital, nicht funktionieren kann. Nachdem der weltweite Automarkt durch die Konkurrenz aus den USA und Europa den Markt scheinbar übernommen hatten, benötigten sie neue Ansätze.<sup>78</sup>

Taiichi Ohno stellt fest, dass die westlichen Produktionssysteme zwei logische Fehler hatten: Die Herstellung von großen Mengen führt zu großen Lagern, die viel Platz und Kapital verbrauchen und zu Fehlern führen. Der zweite Fehler war, dass die Produktion nicht dem Kundenwunsch entsprechend produzierte, Kunden konnten die Autos kaum individualisieren.<sup>79</sup>

Ohno produzierte in kleinen Losen, sein Ziel war es, Kosten zu reduzieren, indem man Verschwendung eliminierte. Er entwickelte das Toyota-Produktionssystem (TPS) weiter.<sup>80</sup>

Diese Produktionsphilosophie und -denkweise wird in der Literatur als „Lean Productions“ („schlanke Produktion), „Lean Thinking“ bezeichnet. Der Begriff „Lean Productions“ entwickelte sich zu „Lean Thinking“, als man die Denkweise nicht mehr ausschließlich in Produktionen anwendete. Das „Lean Thinking“ unterscheidet zwischen Verschwendung und Wert in einer Organisation. Die Lean-Denkweise entspricht der kontinuierlichen Eliminierung von Verschwendung in Prozessen, wobei nur Aktivitäten, die Wert dem Produkt hinzufügen, übrigbleiben.<sup>81</sup>

Die Grundidee des Toyota-Produktionssystems ist, Einheiten nur dann zu produzieren, wenn sie benötigt werden – zur richtigen Zeit, in der benötigten Anzahl. Zwischenlager und Fertigteillager werden nicht benötigt. Um das Hauptziel, die Kostenreduktion, zu erreichen, soll Verschwendung vermieden werden. Das Toyota-Produktionssystem kennt sieben Arten der Verschwendung:<sup>82</sup>

1. Verschwendung durch Überproduktion
2. Verschwendung durch Wartezeiten
3. Verschwendung durch Transporte und Laufwege
4. Verschwendung durch ineffiziente Prozesse
5. Verschwendung durch Lager und Materialbestände
6. Verschwendung durch unnötige Bewegung

---

<sup>78</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 48 ff.)

<sup>79</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 48 ff.)

<sup>80</sup> vgl. (Womack, Jones, & Roos, 1990, S. 48 ff.)

<sup>81</sup> vgl. (Stone, 2012, S. 112 ff.)

<sup>82</sup> vgl. (Shah & Ward, 2007, S. 788)



## 7. Verschwendung durch Nacharbeiten

„Ohno hielt Überproduktion für die größte aller Verschwendungen, da sie alle anderen Verschwendungen nach sich zieht. Mehr zu produzieren, als von Kunden nachgefragt wird, führt in den nachgelagerten Prozessschritten unweigerlich zu Lagerüberhängen. Material und Teile liegen ungenutzt herum und warten auf Weiterverarbeitung. Hersteller in der Massenproduktion stellen möglicherweise die Frage, was daran falsch sei, so lange wie Menschen und Maschinen ausgelastet sind. Das Problem mit großen Zwischenlagern ist, dass sie weitere suboptimale Verhaltensweisen fördern, zum Beispiel mangelnde Motivation, die eigenen Arbeitsgänge kontinuierlich zu verbessern.“<sup>83</sup>

Neben dem Herzstück des TPS – Verschwendung vermeiden – gründet das Produktionssystem auf 14 Prinzipien. Diese 14 Prinzipien sind in die vier Kategorien Philosophien, Prozess, Partner und Problemlösung unterteilt.<sup>84</sup>

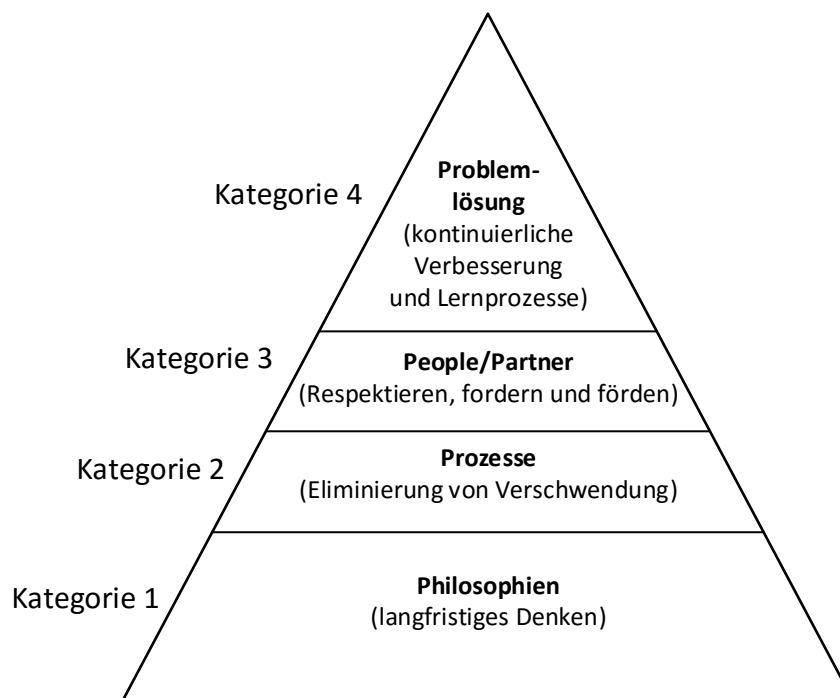


Abbildung 17: Kategorien des TPS<sup>85</sup>

### Kategorie 1 – 1. Prinzip: Langfristige Philosophie<sup>86</sup>

- Zielausrichtung geht über die kurzfristigen Entscheidungen hinaus.
- Der Wert für den Kunden, für die Gesellschaft und die Wirtschaft dient als Ausgangspunkt.

<sup>83</sup> (Liker, 2009, S. 60)

<sup>84</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 113)

<sup>85</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 113)

<sup>86</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 71 f.)

## **Kategorie 2 – 2. Prinzip: Kontinuierlich fließende Prozesse zur Fehlervermeidung**

*„Die meisten Geschäftsprozesse enthalten zu 90 Prozent überflüssige Elemente und nur zu zehn Prozent werthaltige Arbeit.“<sup>87</sup>*

Ein kontinuierlicher Prozessfluss mit Losgröße Eins (One-Piece-Flow) führt zu Qualitätsverbesserungen, da Fehler sowohl am Produkt als auch beim Produktionsprozess früher entdeckt werden (und nicht durch Überbestand versteckt werden). Die zur Produktion notwendige Werksfläche und Lagergröße ist kleiner als bei anderen Produktionsformen. Die Produktivität wird durch Transparenz gesteigert, da es sofort ersichtlich ist, wer in der Montagelinie überlastet und wer nicht ausgelastet ist.<sup>88</sup>

Zwei häufige Fehler treten bei der Umsetzung des Prozessflusses auf One-Piece-Flow auf: Der erste ist die Erstellung von scheinbar fließenden Prozessen, der zweite ist die Rückkehr zum alten System, sobald ein Fehler auftritt. Scheinbar fließende Prozesse sind z. B. die Losbildung zwischen den Prozessschritten, sodass der kontinuierliche Fluss verloren geht.<sup>89</sup>

## **Kategorie 2 – 3. Prinzip: Pull-Systeme – produzieren nach dem Kundenbedarf**

In einem Push-System werden die Produktion und der Einkauf durch einen vorab erstellten Plan gesteuert. Diese Steuerung versucht die Kundennachfrage prognosebasiert zu ermessen. Pull-Systeme steuern die Produktion durch die Kundennachfrage: Wird ein Produkt, das auf Lager liegt, abgerufen, produziert die Fertigung das Produkt nach. Artikel, die nicht abgerufen werden, bleiben im Lager und werden nicht produziert.<sup>90</sup>

Der Kompromiss zwischen dem Ideal des One-Piece-Flow und einem Push-System sind kleine Zwischenlager zwischen den einzelnen operativen Bereichen, um die Bestände zu kontrollieren. Es gibt nicht mehr Überproduktion als die kleine Menge im Regal, also eine halbwegs direkte Verbindung zwischen dem Kundenbedarf und dem Angebot des Unternehmens. Um diese Art der Fertigungssteuerung zu signalisieren, verwendet das TPS einfache Signale: Karten, leere Behälter, leere Rollcontainer – **Kanban** genannt.<sup>91</sup>

Kanban bedeutet Aufkleber, Label oder Behälterbeschriftung und steht für eine dezentrale Produktionssteuerungsmethode, die im Toyota-Produktionssystem entwickelt wurde. Basiselement der Kanban Steuerung sind physische Gebinde bzw. Behälter mit Kanban-Karten. Das Material in diesem Behälter wird verbraucht, bis dieser leer ist. Die Kanban-Karte geht zurück an die Nachschubquelle, die eine neue Lieferung

---

<sup>87</sup> (Liker, 2009, S. 136)

<sup>88</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 145 ff.)

<sup>89</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 151 f.)

<sup>90</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 160 f.)

<sup>91</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 160 f.)

des Materials veranlasst und dieselbe Kanban-Karte dieser Lieferung hinzufügt. Dieser Kanban-Kreis ist visuell einfach kontrollierbar und erreicht eine hohe Prozesssicherheit.<sup>92</sup>

### **Kategorie 2 – 4. Prinzip: Ausgeglichene Produktionsauslastung**

Ziel ist die Eliminierung von Überbelastungen für Menschen und Maschinen. Die Arbeitsbelastungen aller Prozesse im Unternehmen sollen gleichmäßig verteilt sein, als Alternative zu Belastungsspitzen mit gefolgttem Leerlauf.<sup>93</sup>

### **Kategorie 2 – 5. Prinzip: Qualität auf Anhieb, anstelle von Nachbesserungen**

Angesichts minimaler Lagerbestände gibt es wenige Sicherheitsreserven, wenn Qualitätsprobleme auftreten. Sollte es zu Problemen auf Anlagen kommen, gehen Signale an und die Anlage stoppt, das Problem wird visualisiert und es wird versucht, dieses sofort zu lösen. Die Organisation muss Unterstützungssysteme zur schnellen Problemlösung etablieren, um Prozessfehler zu beseitigen.<sup>94</sup>

### **Kategorie 2 – 6. Prinzip: Standardisierte Arbeitsschritte**

Stabile, wiederholbare Methoden ermöglichen die Berechenbarkeit, regelmäßiges Timing und Prozesssicherheit und sind Basis für die kontinuierliche Verbesserung durch die Mitarbeiter.<sup>95</sup>

*„Unsere standardisierte Arbeit setzt sich aus drei Elementen zusammen: der Taktzeit (die Zeit, die benötigt wird, um eine Aufgabe im Rhythmus der Kundennachfrage zu erledigen), die Abfolge der Aufgaben bzw. der Prozesse und der Vorratsmenge, die ein Bandarbeiter braucht, um den standardisierten Arbeitsschritt auszuführen. Der Standard einer Aufgabe wird also von diesen drei Elementen – Taktzeit, Sequenz und standardisierte Handlager – bestimmt.“<sup>96</sup>*

### **Kategorie 2 – 7. Prinzip: Visuelle Kontrollen**

Das Toyota-Produktionssystem definiert ein 5S-System (5S für die Übersetzung der japanischen Begriffe seiri, seiton, seiso, seiketsu und shitsuke) zur Gestaltung von Arbeitsbereichen und Produktionsstätten:<sup>97</sup>

1. Sortieren: Notwendige Materialien und Werkzeuge werden sortiert, nur, was wirklich gebraucht wird, liegt am Arbeitsplatz
2. Ordnungsliebe: Jedes Werkzeug hat seinen Platz

---

<sup>92</sup> vgl. (Dickmann, 2009, S. 11 ff.)

<sup>93</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 72 f.)

<sup>94</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 189)

<sup>95</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 205 ff.)

<sup>96</sup> (Liker, 2009, S. 207)

<sup>97</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 219)

3. Sauberkeit
4. Standardisieren/Regeln schaffen – Regeln, um die ersten drei S einzuhalten
5. Selbstdisziplin: Die Beibehaltung eines stabilen Ablaufs und kontinuierliche Verbesserung

*„Als visuelle Kontrolle dient jedes Kommunikationsinstrument, das in einer Arbeitsumgebung verwendet wird und auf einen Blick darüber Aufschluss gibt, wie die Arbeit verrichtet werden muss und ob sie vom Standard abweicht. [...] Sie kann außerdem Aufschluss über den richtigen Aufbewahrungsort für jeden Artikel geben, die Zahl der vorhandenen Artikel, [...] über den Status der BE- oder Verarbeitung von Teilen und viele andere Hinweise, die für einen reibungslosen Arbeitsablauf erfolgskritisch sind.“<sup>98</sup>*

Die folgenden Prinzipien gehen über die Prozessanalyse hinaus und sind nur mehr kurz beschrieben. Der Autor verweist hier auf das Buch „Der Toyota Weg – 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns“ von Jeffrey K. Liker.

#### **Kategorie 2 – 8. Prinzip: Zuverlässige Technologien einsetzen**

Ein bewährter Prozess mit zuverlässiger Technologie ist einer ungetesteten Technologie vorzuziehen.<sup>99</sup>

#### **Kategorie 3 – 9. Prinzip: Generierung von Mehrwert in der Organisation durch die Entwicklung von Mitarbeiter und Geschäftspartner**

#### **Kategorie 3 – 10. Prinzip: Entwicklung von Mitarbeitern und Teams, die der Unternehmensphilosophie folgen**

#### **Kategorie 3 – 11. Prinzip: Geschäftspartner und Zulieferer fördern und unterstützen**

#### **Kategorie 4 – 12. Prinzip: Sich selbst ein Bild von Situationen machen, um sie zu verstehen**

#### **Kategorie 4 – 13. Prinzip: Entscheidungen zügig umsetzen**

#### **Kategorie 4 – 14. Prinzip: Entwickeln einer sich selbst optimierenden Organisation durch kontinuierliche Verbesserung und Reflexion**

Lean Production bzw. das Toyota-Produktionssystem sind in der Praxis noch immer gebräuchlich und Philipp Dickmann schreibt 2009 in seinem Buch „Schlanker Materialfluss, mit Lean Production, Kanban und Innovationen“:

---

<sup>98</sup> (Liker, 2009, S. 221)

<sup>99</sup> vgl. (Liker, 2009, S. 74)

*„Es gibt heute kaum ein namhaftes produzierendes Unternehmen, das hohem Konkurrenzdruck ausgesetzt ist und dabei noch völlig ohne an die „schlanke Produktion“ angelehnte Methoden auskommt. Die als Lean Production [...] bekannt gewordenen Methoden stellen eine elementare Basis für effizienten, konkurrenzfähigen und modernen Materialfluss dar. [...] Die einfachen Prozesse, die auf eine direkt erkennbare und dadurch sehr schnelle Verbesserung zielen, führen zu einem teils rapiden Ansteigen der Wirtschaftlichkeit, auch wenn es das typische Merkmal dieser Methode ist, primär Abläufe und Prozesse mit einfachen Methoden zu optimieren und dadurch nur „nebenbei“ betriebswirtschaftliche Kennzahlen verbessern.“<sup>100</sup>*

Die im Kapitel 2.6.1 beschriebene Methode Wertstromanalyse beruht auf den Ideen der Lean Production.

## 2.4 Prozesse

*„Unter einem **Prozess** wird im Folgenden eine wiederholbare Folge von physischen oder informatorischen Tätigkeiten mit klar definiertem Input und Output verstanden.“<sup>101</sup>*

### 2.4.1 Geschäftsprozesse

Ein **Geschäftsprozess** besteht aus Aktivitäten, die koordiniert in einer organisierten und technischen Umgebung ablaufen. Zusammen erfüllen diese Aktivitäten ein wirtschaftliches Ziel. Jeder Geschäftsprozess wird von einer einzelnen Organisation veranlasst, die Prozesse können aber mit anderen Organisationen interagieren.<sup>102</sup>

**Geschäftsprozess-Management** behandelt Konzepte, Techniken und Methoden, um das Design, die Regulierung, die Konfiguration und die Analyse von Geschäftsprozessen zu ermöglichen. Das Ziel vom Geschäftsprozess-Management besteht darin, die Tätigkeiten von Unternehmen bzw. die Tätigkeiten im Unternehmen besser zu verstehen.<sup>103</sup>

---

<sup>100</sup> (Dickmann, 2009, S. 6)

<sup>101</sup> (Seidlmeier, 2006, S. 3)

<sup>102</sup> vgl. (Weske, 2012, S. 5)

<sup>103</sup> vgl. (Weske, 2012, S. 5 f.)

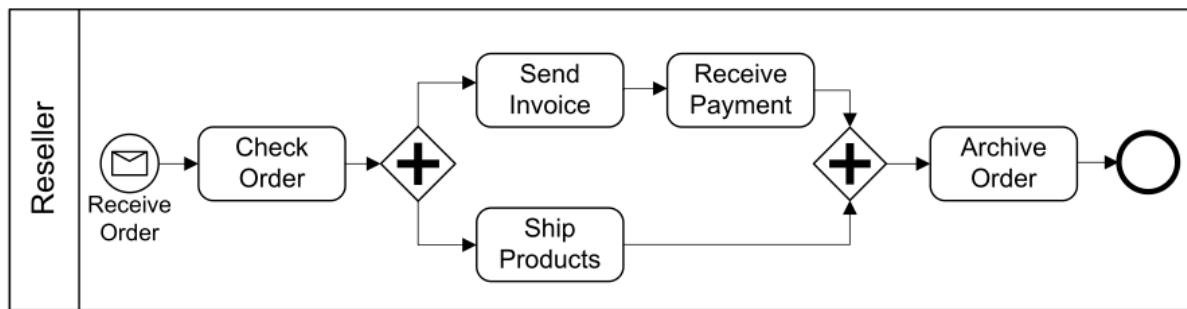


Abbildung 18: Einfacher Bestellprozess vom Vertriebspartner<sup>104</sup>

„Ein **Geschäfts- bzw. Kernprozess** ist ein (wie oben definierter) Prozess mit hoher Wertschöpfung für den Kunden. I.d.R. sind pro Unternehmen nur sehr wenige Prozesse von dieser wettbewerbskritischen Bedeutung vorzufinden – Beispiele: Auftragsbearbeitung, Produktentwicklung, Serviceleistungen.“<sup>105</sup>

Ein **Unterstützungsprozess** ist ein Prozess ohne Wertschöpfung, welcher die Geschäftsprozesse unterstützt. Als Beispiel könnte man die Prozesse des Human Resource Management anführen.<sup>106</sup>

<sup>104</sup> (Weske, 2012, S. 7)

<sup>105</sup> (Seidlmeier, 2006, S. 3)

<sup>106</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 2 f.)

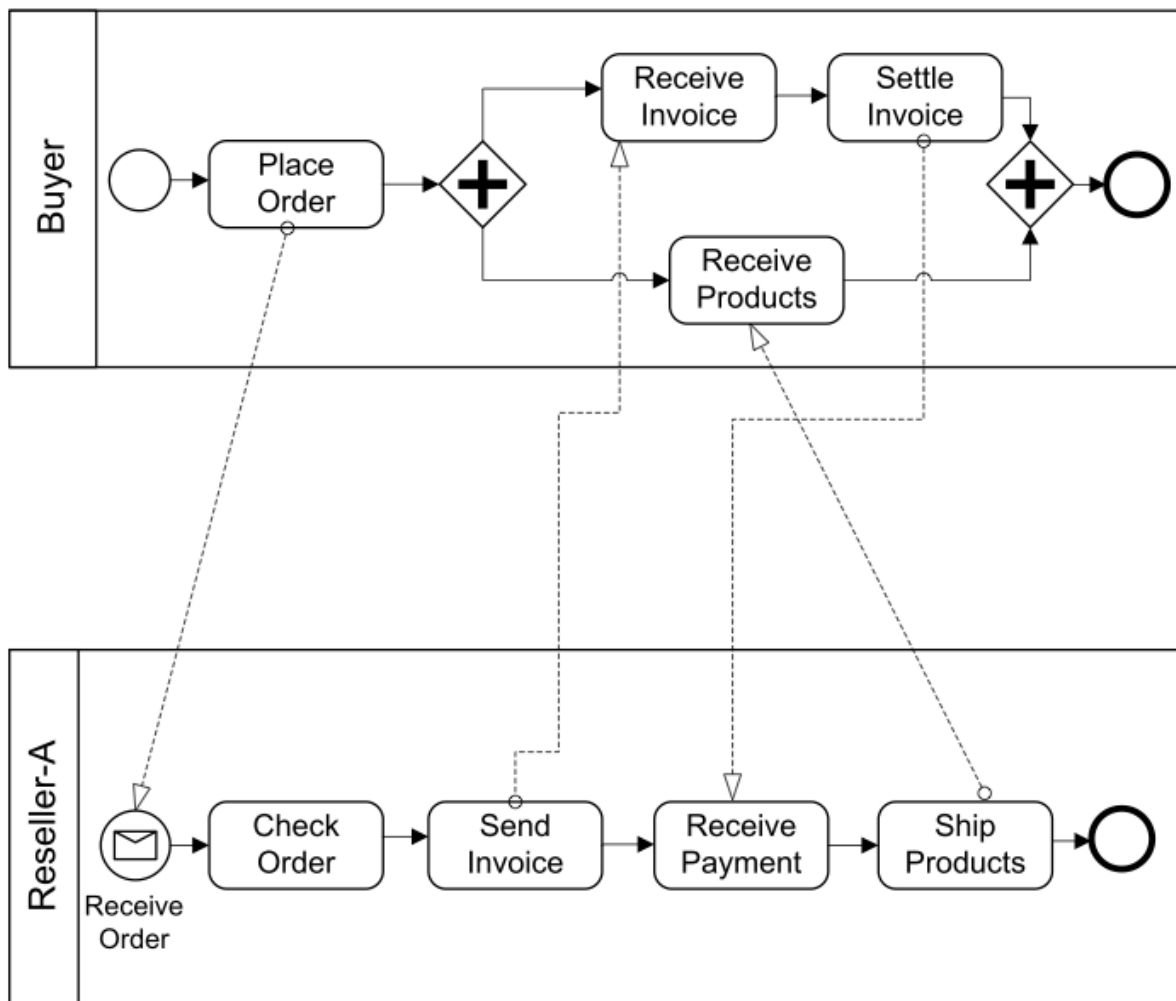


Abbildung 19: Bestellprozess<sup>107</sup>

Die grafische Darstellung von Prozessen legt einen großen Wert auf die Darstellung der Prozessstruktur und auf die Darstellung der Wechselbeziehungen der einzelnen Akteure. Die technischen Aspekte der einzelnen Prozesse werden weniger behandelt.<sup>108</sup> Das folgende Kapitel beschreibt verschiedene Modellierungssprachen zur Prozessdarstellung.

## 2.4.2 Produktionsprozesse

Ziel des Produktionsprozesses ist, die Umwandlung von Rohmaterial und Halbzeugen in Produkte unter dem Einsatz von Ressourcen (Menschen, Maschinen). Für die Umsetzung des Produktionsprozesses müssen Energie, Informationen und Werkstätten zur Verfügung gestellt werden. Diese Produktionsprozesse benötigen als Unterstützung Messvorrichtungen, Prüfanlagen, Transportvorrichtungen und Lagerplatz.<sup>109</sup>

<sup>107</sup> (Weske, 2012, S. 10)

<sup>108</sup> vgl. (Weske, 2012, S. 11)

<sup>109</sup> vgl. (Westkämpfer, 2005, S. 195 ff.)

## 2.5 Qualitative Prozessanalyse

In der qualitativen Prozessanalyse werden Prozesse aufgenommen und mit Hilfe von unterschiedlichen Modellierungssprachen als Modelle dargestellt. Die Prozessfähigkeiten und das Vorhandensein bestimmter Prozessmerkmale stehen im Vordergrund.<sup>110</sup> Ein Modell ist ein beschränktes Abbild der Wirklichkeit. Dies kann gegenständig oder theoretisch geschehen. Ein Modell erfasst im Allgemeinen nicht alle Attribute des Originals, sondern nur jene, die relevant erscheinen.<sup>111</sup> Analog zum Modell ist ein Prozessmodell die Abbildung eines oder mehrerer Prozesse.

Neben der am Fallbeispiel verwendeten Prozessanalyse mit der ARIS-Methodik existieren weitere qualitative Methoden, die in diesem Kapitel beschrieben werden. Die Prozessanalyse mit der „Value Added Analysis“ ist ähnlich der ARIS-Methodik: In beiden Analysemethoden wird die Prozessabfolge dargestellt und die einzelnen Prozesse werden auf Verschwendung untersucht. Nicht wertschöpfende Prozesse werden dabei eliminiert. Das ARIS-Konzept ermöglicht dabei eine genauere Betrachtung des Unternehmens, da diese aus vier Sichten erfolgen kann. Über die ARIS-EPKs mit Organisationssicht können z.B. unnötige oder häufige Organisationswechsel (Schnittstellen) gut aufgezeigt werden.

Die ARIS-Methodik ermöglicht die Erstellung eines Gesamtbildes über alle Prozesse im Unternehmen. Durch die unterschiedlichen Modellierungssprachen können der Detaillierungsgrad frei gewählt und die Modelle übersichtlich dargestellt werden. Die Software „ARIS Architect & Designer“ basiert auf dem ARIS-Konzept. Sie bietet die Möglichkeit, Kennzahlen wie Prozesszeiten und Wartezeiten mitzuführen. Mit Hilfe dieser Software kann also auch die quantitative Bewertung der Prozesse erfolgen. Im Vergleich zur Wertstromanalyse bietet das ARIS-Konzept aber keine Methodik/Philosophie an, um diese Kennzahlen zu erfassen und zu verbessern.

Die Root Cause Analysis identifiziert und analysiert einzelne Prozesse. Sie untersucht jene Stellen, welche die Performance des Gesamtablaufs negativ beeinflussen und versucht, die Ursachen dieser Schwachstellen aufzuzeigen.

Die Wertstromanalyse kann für eine qualitative Prozessanalyse auf hohem Abstraktionsniveau, ähnlich wie ein Wertschöpfungskettendiagramm, eingesetzt werden. Auch hier erfolgt die Darstellung der Prozesse in Modellform. Die Wertstromanalyse, im Gegensatz zur ARIS-Methodik, hat das explizite Ziel, die Prozesse nachweisbar, mit der Verwendung von Kennzahlen, zu verschlanken, deswegen erfolgt die Beschreibung im Kapitel der quantitativen Prozessanalyse. Der Vorteil der Wertstromanalyse liegt in

---

<sup>110</sup> vgl. (Becker, 2008, S. 169)

<sup>111</sup> vgl. (Stachowiak, 1973, S. 131 ff.)



der relativ schnellen Beschreibung, Analyse und Verbesserung von Produktionsprozessen. Nachteilig ist die Tatsache, dass die Geschäftsprozesse dabei nicht wesentlich analysiert werden.

### 2.5.1 Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)

Das ARIS-Konzept wurde an der Universität des Saarlandes von August-Wilhelm Scheer am Institut für Wirtschaftsinformatik entwickelt. Es bezeichnet ein Netzwerk, das Unternehmen und Anwendungssysteme beschreiben kann. Man unterscheidet zwischen dem ARIS-Konzept und den gleichnamigen Softwareprodukten, die es ermöglichen, ARIS-Konzepte mit Softwareunterstützung umzusetzen.<sup>112</sup>

Das ARIS-Konzept beinhaltet alle wesentlichen Kern- und Unterstützungsprozesse. Die hohe Komplexität der Gesamtmodelle wird durch Beschreibungssichten und Beschreibungsebenen vereinfacht. Das Konzept stützt sich auf **fünf Sichten**. Jede dieser Sichten gibt das Modell eines Prozesses unter einem genauem Aspekt wieder:<sup>113</sup>

1. Organisationssicht: beschreibt die Organisationseinheiten und die Beziehungen unter diesen (z. B.: Organigramme siehe Abbildung 21)
2. Datensicht: Beschreibung aller relevanten Daten und deren Beziehungen untereinander (z. B.: ERP-Daten)
3. Funktionssicht: hierarchische Zerlegung der Prozesse in Aufgaben und Funktionen
4. Leistungssicht: beschreibt die Produkte eines Unternehmens
5. Prozesssicht oder Steuerungssicht: Integration der anderen Sichten in einem zeitlichen und logischen Ablaufmodell (z. B.: EPK, VKD, WSK)

Jede dieser Sichten wird unter **drei Beschreibungsebenen** betrachtet: Fachkonzept, Datenverarbeitungskonzept und Implementierung. Der Detailierungsgrad nimmt in der oben genannten Reihenfolge zu. Das Fachkonzept beschreibt ein betriebswirtschaftliches Sollmodell auf Basis der fachlichen Anforderung, z. B.: strukturierte Darstellung der Prozesse mittels EPK, BPMN oder Organigramm. Das Datenverarbeitungskonzept (DV-Konzept) setzt das Fachkonzept in Beschreibungsmodellen um (Struktogramme, Topologien). In der Implementierung erfolgt die konkrete Umsetzung des DV-Konzepts durch Hardware oder Software (Programmcodes, Protokolle, Datenbanken).<sup>114</sup>

Das **ARIS-Haus** (siehe Abbildung 20) kombiniert die fünf Sichten mit den jeweiligen Beschreibungsebenen. Die Auswahl der Modelle in den Sichten des Fachkonzepts

---

<sup>112</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 11)

<sup>113</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 11 ff.)

<sup>114</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 23 f.)

geschieht zweckmäßig je nach gefordertem Detaillierungsgrad und der vorgefundenen Komplexität. Um eine Übersicht darzustellen, werden Wertschöpfungskettendiagramme in der Steuerungssicht und ein Organigramm in der Organisationssicht verwendet.<sup>115</sup>

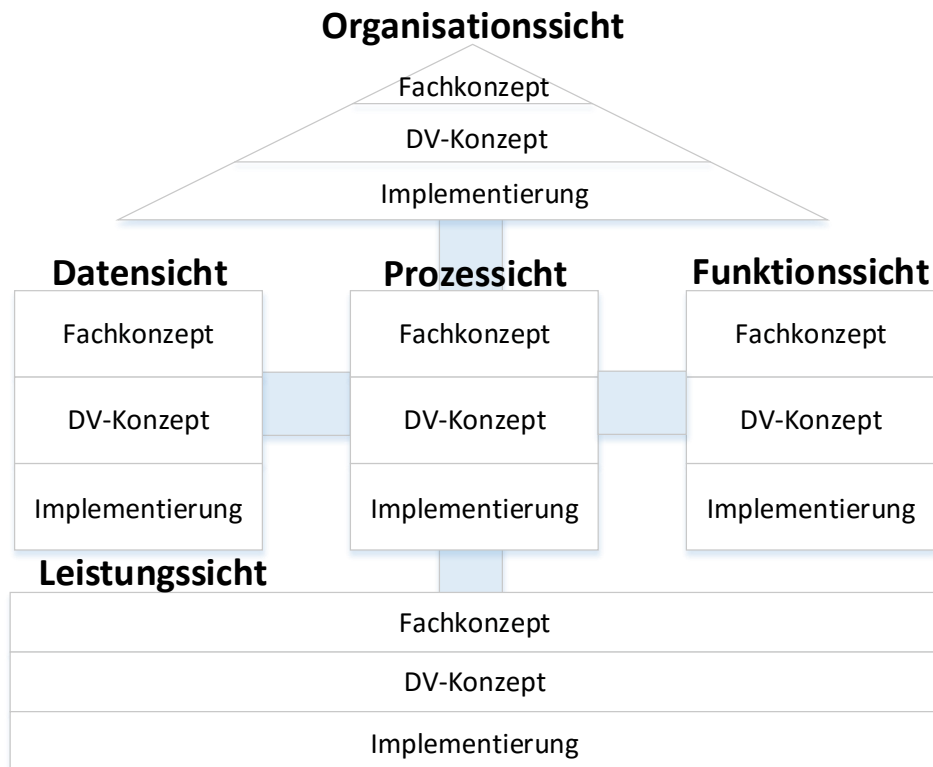


Abbildung 20: ARIS-Haus<sup>116</sup>

<sup>115</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 3 ff.)

<sup>116</sup> vgl. (Scheer, 1998, S. 1)

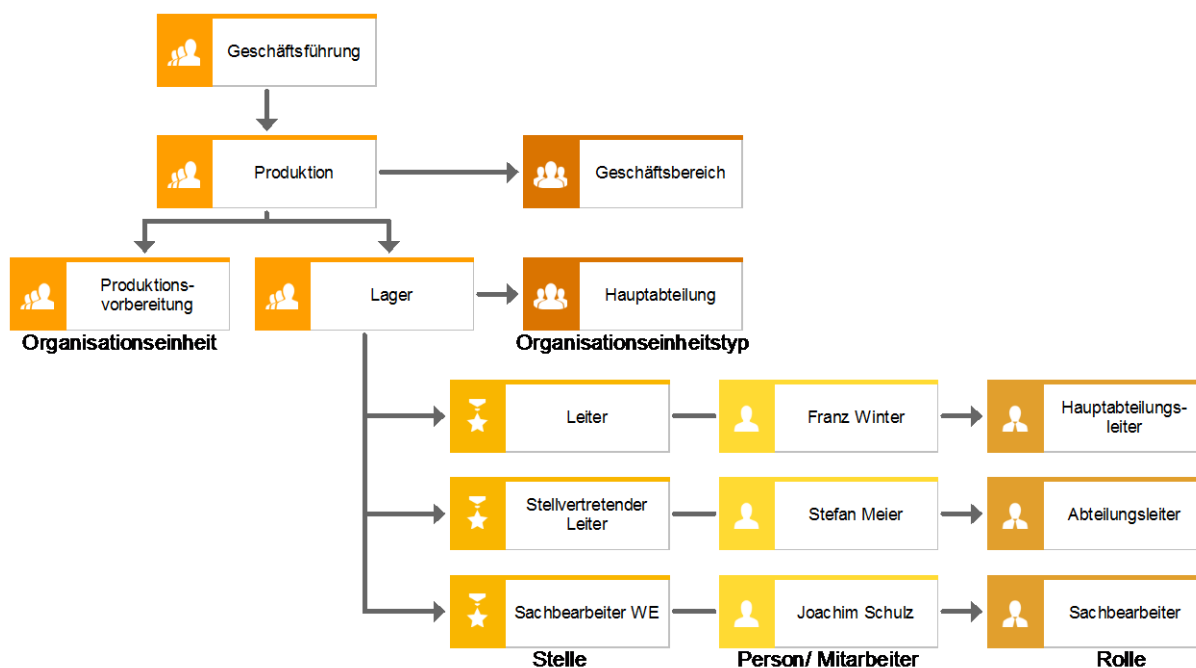


Abbildung 21: Beispiel Organigramm<sup>117</sup>

## 2.5.2 Vorgangskettendiagramm VKD

Bevor ein Fachkonzept aufgestellt wird, muss die Betriebswirtschaftliche Problemstellung beschrieben werden. Mit Hilfe des Vorgangskettendiagramm VKD kann man diese abbilden. Das VKD ist ein Modell der Steuerungssicht.<sup>118</sup>

Die ARIS-Literatur empfiehlt zur Darstellung der Betriebswirtschaftlichen Problemstellung das VKD. Die Verwendung dieses ist zu hinterfragen, weil mit EPKs die gleichen und auch mehr Inhalte dargestellt werden können:

*„Abschließend erscheint die Verwendung der Vorgangskettendiagramme etwas zweifelhaft. Zum einen, weil mit den noch zu besprechenden ereignisgesteuerten Prozessketten die gleichen und noch mehr Inhalte dargestellt werden können. Zum anderen sind mittlerweile auch spaltenorientierte EPK verfügbar. Weiterhin erscheint nicht einsichtig, weshalb, wie in der ARIS-Literatur nachzulesen, zur Darstellung der betriebswirtschaftlichen Problemstellung das VKD besonders geeignet sein soll. Im Gegenteil, den Problemlösungsprozess mit einem Modell der Steuerungssicht beginnen zu lassen, widerspricht der ARIS-Philosophie, Komplexität zu reduzieren, indem man mit einzelnen Sichten das Modellieren beginnt und am Ende den Prozess daraus komponiert. Zuletzt ist die schon angesprochene unzureichende Methodendokumentation hinderlich.“<sup>119</sup>*

<sup>117</sup> (Software AG, 2015, S. 76)

<sup>118</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 66)

<sup>119</sup> (Seidlmeier, 2006, S. 70)

### 2.5.3 Wertschöpfungskettendiagramm WSK

Das Wertschöpfungskettendiagramm beschreibt die Prozesse auf einer sehr hohen Abstraktionsebene und eignet sich zum Darstellen von Kernprozessen. Es ermöglicht die Abbildung und Beschreibung von Prozessen auf eine sehr übersichtliche Art.<sup>120</sup>



Abbildung 22: Objekttypen im Wertschöpfungskettendiagramm

Das Wertschöpfungskettendiagramm spezifiziert Funktionen, die direkt an der Wertschöpfung des Unternehmens beteiligt sind. Diese Funktionen werden in Form einer Funktionsfolge verbunden.<sup>121</sup> Zur weiteren Beschreibung werden die organisatorischen Zuständigkeiten, in Form von Organisationseinheiten, abgebildet. Datenobjekte bzw. Cluster beschreiben die Daten. Die Beziehungen der Objekte werden in Form von Kanten dargestellt. Beispiele:<sup>122</sup>

- Funktion → Funktion:
  - „ist prozessorientiert übergeordnet“
  - „ist Vorgänger von“
- Cluster → Funktion
  - „hat Input“
  - „hat Output“
- Organisationseinheit → Funktion
  - „ist fachlich verantwortlich für“
  - „führt aus“

<sup>120</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 71 ff.)

<sup>121</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 106)

<sup>122</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 71 ff.)

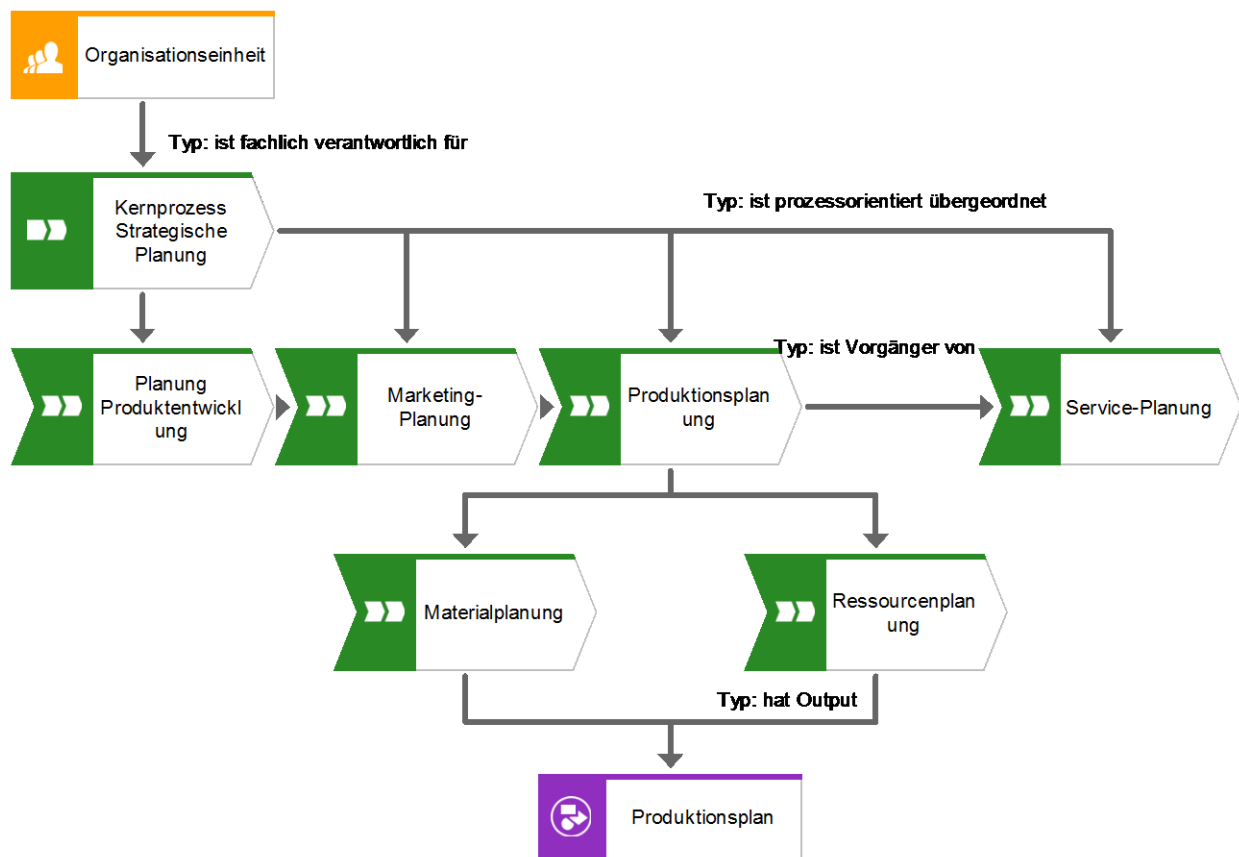


Abbildung 23: Beziehungen im Wertschöpfungskettendiagramm<sup>123</sup>

## 2.5.4 Ereignisgesteuerte Prozesskette EPK

Prozesse sind prinzipiell die logische Abfolge von Funktionen. Funktionen werden nur dann ausgeführt, wenn bestimmte Ereignisse vorliegen, und dann beendet, wenn ein gefordertes Ziel erreicht ist. Ereignisse lösen also Funktionen aus und sind Ergebnisse von Funktionen.<sup>124</sup>

Durch das Hintereinanderschalten dieses Ereignis-Funktionswechsels entstehen so genannte ereignisgesteuerte Prozessketten. Diese zeigen den logisch-zeitlichen Ablauf eines Geschäftsprozesses.<sup>125</sup>

Um Verzweigungen und Bearbeitungsschleifen darstellen zu können, wird eine Regel in Form eines Kreises verwendet. Man unterscheidet drei Grundformen:<sup>126</sup>

- UND
- XOR (exklusives ODER)
- ODER

<sup>123</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 73)

<sup>124</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 76 f.)

<sup>125</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 89)

<sup>126</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 89 ff.)

Grundsätzlich können mit diesen drei Grundformen zwei Arten von Verknüpfungen unterschieden werden:<sup>127</sup>

- Ereignisverknüpfungen und
- Funktionsverknüpfungen

### Ereignisverknüpfungen:<sup>128</sup>

- UND-Verknüpfung:** Zwei Ereignisse müssen eingetreten sein, damit die Funktion startet (links). Eine Funktion löst zwei Ereignisse gleichzeitig aus (rechts).
- XOR-Verknüpfung:** Höchstens ein Ereignis löst die Funktion aus (links). Eine Funktion löst maximal ein Ereignis aus (rechts).
- ODER-Verknüpfungen:** Mindestens ein Ereignis löst die Funktion aus (links). Eine Funktion löst mindestens ein Ereignis aus (rechts).

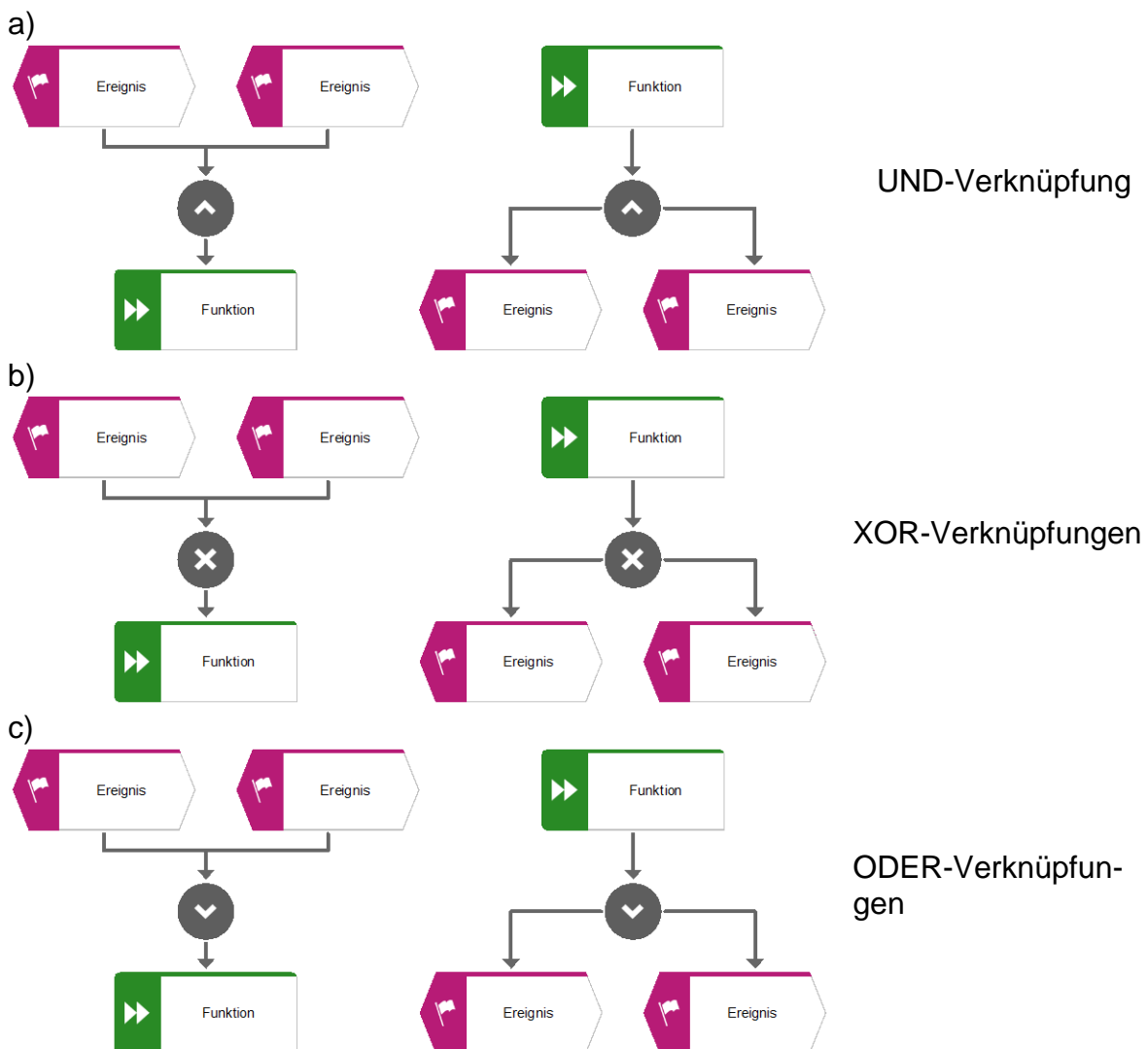


Abbildung 24: Ereignisverknüpfungen-Regeln<sup>129</sup>

<sup>127</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 91 ff.)

<sup>128</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 93 ff.)

<sup>129</sup> (Software AG, 2015, S. 92)

**Funktionsverknüpfungen:<sup>130</sup>**

- d) **UND-Verknüpfung:** Das Ereignis tritt ein, wenn alle Funktionen ausgeführt sind (links). Alle Funktionen werden durch das Ereignis ausgelöst (rechts).
- e) **XOR-Verknüpfung:** Das Ereignis tritt ein, wenn genau eine und höchstens eine der Funktionen ausgeführt wurde.
- f) **ODER-Verknüpfung:** Das Ereignis tritt ein, wenn mindestens eine der Funktionen durchgeführt ist.

Zu beachten sind die Einschränkungen bezüglich der Funktionsverknüpfungen. Da Ereignisse keine Entscheidungen treffen können, ist die Verknüpfung eines auslösenden Ereignisses mit ODER und XOR nicht erlaubt.<sup>131</sup>

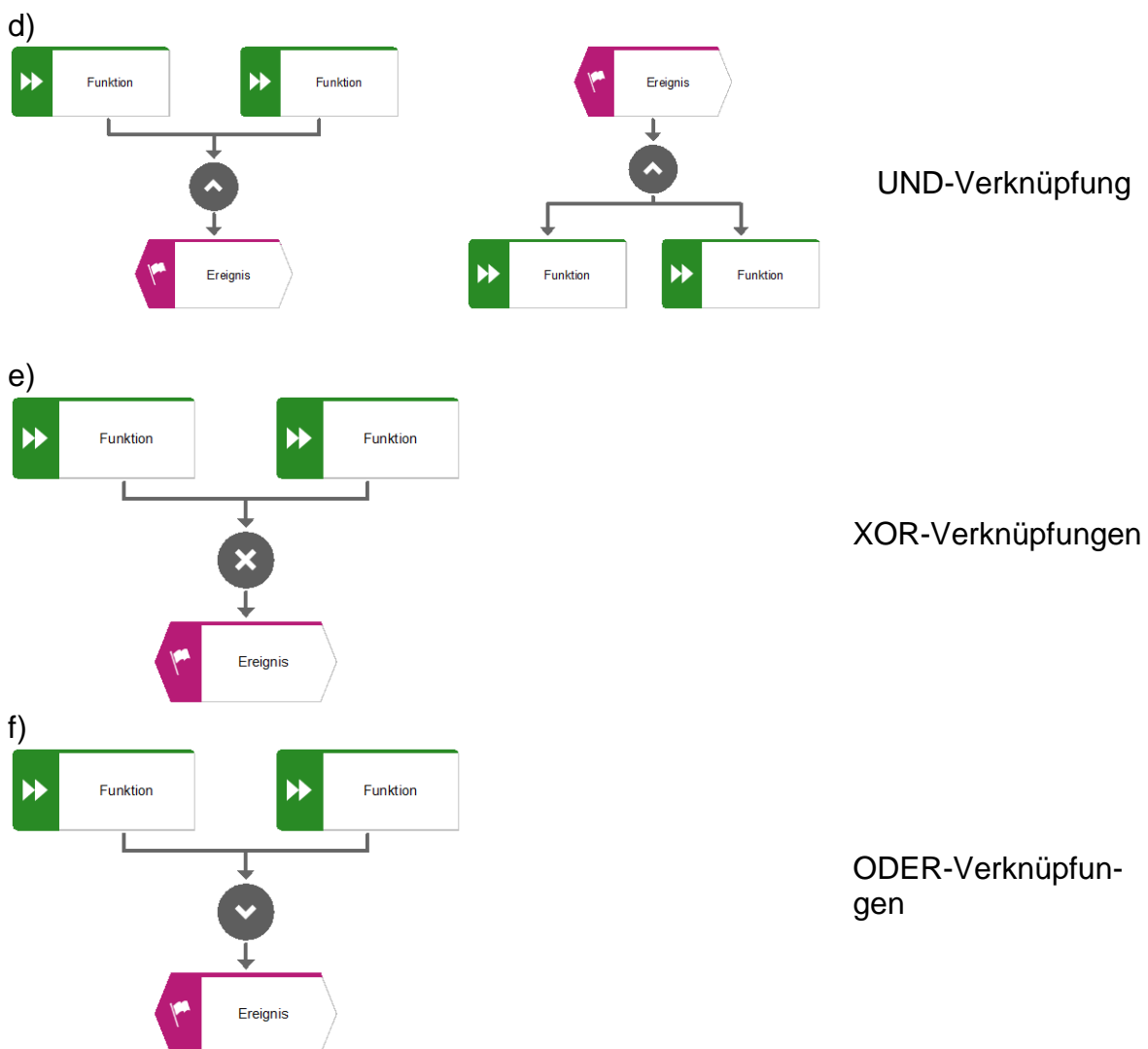


Abbildung 25: Funktionsverknüpfung-Regeln<sup>132</sup>

<sup>130</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 93 ff.)

<sup>131</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 92 f.)

<sup>132</sup> vgl. (Software AG, 2015, S. 92)

Durch das Angeben von Input-/Output-Daten, Organisationseinheiten und Anwendungssystemen können die EPKs mit reichhaltigen Prozessinformationen ausgestattet werden.<sup>133</sup>

### 2.5.5 Value Added Analysis

Die „Value Added Analysis“ identifiziert alle Prozesse im Ablauf und versucht dabei unnötige Prozesse zu eliminieren. Der Prozessablauf wird in einzelne Prozesse zerlegt. Diese werden in drei Kategorien unterteilt:<sup>134</sup>

- Value-adding (VA): Ein Prozess der Wert bzw. Kundennutzen generiert.
- Business value-adding (BVA): Ein notwendiger Prozess, um die Abläufe im Unternehmen sicherzustellen.
- Non value-adding (NVA): Ein Prozess, der in keine der zwei anderen Kategorien fällt.

Nach dem Unterteilen der Prozesse in die drei Kategorien wird versucht die NVA-Prozesse zu eliminieren. Das händische Weitergeben von Dokumenten kann z.B. durch ein geeignetes Informationssystem eliminiert werden.<sup>135</sup>

### 2.5.6 Root Cause Analysis

Die „Root Cause Analysis“ ist eine Methode zum Entdecken und Identifizieren von ungewolltem Verhalten und Verschwendung im Prozess. Dazu werden z.B. Ursache-Wirkungs-Diagramme verwendet (siehe Abbildung 26).<sup>136</sup> Diese „Root-Caus-Analysis“ ermöglicht, das Verstehen der Ursachen von gegebenen Ereignissen. Ein weiterführender Schritt ist die Erstellung eines „Issue Register“. In diesem Register werden die Ursachen und Auswirkungen zu jedem Problem detailliert vermerkt. Dieses Register soll die Vermeidung von Fehlern, aufgrund der ausführlich dokumentierten und gesammelten Problembeschreibungen, ermöglichen.<sup>137</sup>

---

<sup>133</sup> vgl. (Seidlmeier, 2006, S. 85)

<sup>134</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 185 ff.)

<sup>135</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 185 ff.)

<sup>136</sup> vgl. (Nakuci, 2014, S. 18 ff.)

<sup>137</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 198 f.)



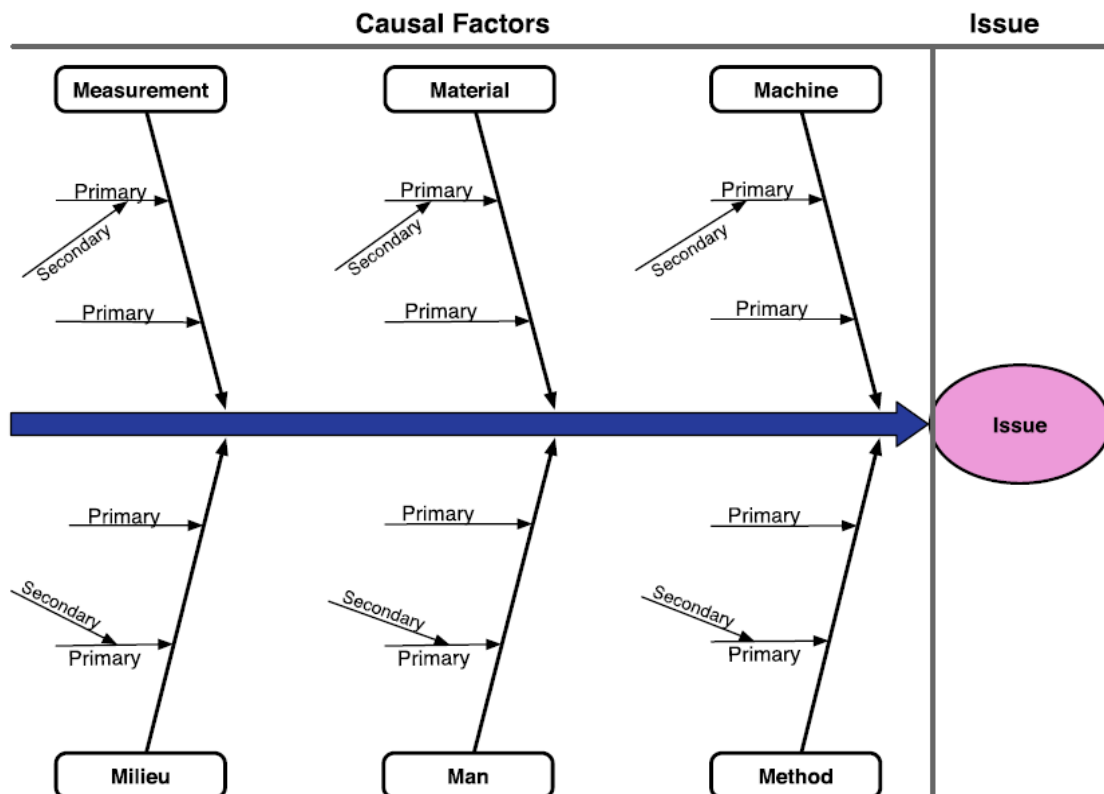


Abbildung 26: Beispiel Ursache-Wirkungs-Diagramm<sup>138</sup>

## 2.6 Quantitative Prozessanalyse

Ausgangsbasis der quantitativen Prozessanalyse ist die detaillierte qualitative Prozessanalyse. Die quantitative Prozessanalyse untersucht Prozesse mittels quantitativer Kennwerte. Als eines der wichtigsten Instrumente gilt die Wertstromanalyse. Diese ermöglicht eine standardisierte Beschreibung von Prozessen. Zusätzlich zu den Kennzahlen aus der Wertstromanalyse werden weitere Kennzahlen zur Prozessanalyse beschrieben. Weitere quantitative Methoden zur Prozessanalyse sind z.B. „Balanced Scorecard“ und Prozesssimulationen.

### 2.6.1 Wertstromanalyse

Unter dem Wertstrom versteht man alle Aktivitäten, sprich die Gesamtheit der wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Prozesse, die erforderlich sind, um ein Produkt herzustellen und zu vertreiben: z. B. den Fertigungsstrom vom Rohmaterial bis zur Lieferung an den Kunden. Die Wertstromperspektive behandelt das Gesamtbild der Prozesse im Unternehmen.<sup>139</sup>

<sup>138</sup> (Dumas, 2013, S. 194)

<sup>139</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 3 ff.)

Die Wertstromanalyse ist eine Methode, um den Material- und Informationsfluss zu erkennen und zu verstehen. Sie erstellt ein grobes Modell der Prozesse entlang der Produktion, welches gezielte Schüsselfragen und die Erstellung eines verbesserten Soll-Zustandes ermöglicht.<sup>140</sup>

Die wesentlichen Vorteile der Wertstromanalyse sind:<sup>141</sup>

- Durch die Darstellung des gesamten Wertstroms ist eine erweiterte Sicht auf die Produktion möglich. Die Konzentration liegt nicht auf einigen wenigen Kernprozessen, sondern auf den Gesamtfluss durchs Unternehmen.
- Die Wertstromanalyse zeigt Verschwendung zwischen Prozessen auf.
- Die Wertstromanalyse ist eine einheitliche Sprache.
- Die Wertstromanalyse ermöglicht Transparenz im Unternehmen.
- Die Wertstromanalyse zeigt den Zusammenhand zwischen Material- und Informationsfluss.

Die Grundidee der Wertstromanalyse besteht darin, die **Kundensicht** einzunehmen. Die Kundensicht erfolgt, ausgehend vom Versand, Schritt für Schritt durch die Produktion flussaufwärts. Dabei wird jeder Produktionsprozess analysiert. Die technische Frage nach dem Wie – „Wie produziert man dieses Teil?“ – führt bei der Wertstromanalyse durch die Produktion.<sup>142</sup>

### **Vorgehensweise bei der Wertstromanalyse**

Die Analyse des Wertstroms bezieht sich auf einen Auftragsdurchlauf eines bestimmten Produkts, welches vom Kunden bestellt wurde. Bei ähnlichen Produkten spricht man auch von einer Produktfamilie. Zu Beginn der Analyse werden die Produktfamilien bestimmt. Anschließend erfolgt die Ermittlung des Kundenbedarfs für die gewählte Produktfamilie. Geeignete Datenbasis sind hierbei die Verkaufszahlen des abgelaufenen oder des zukünftigen Geschäftsjahres.<sup>143</sup>

Die Wertstromaufnahme erfolgt bei einem Rundgang durch die Fabrik. Der Wertstrom wird im Ist-Zustand gezeichnet. Dabei werden alle wichtigen Kennwerte der Produktionsprozesse sowie Material- und Informationsflüsse erfasst.<sup>144</sup>

Im Anschluss erfolgt die Bewertung des Wertstroms, durch die gewonnenen Daten werden Verbesserungspotentiale identifiziert. Ziel ist es, einen optimierten Soll-Wertstrom zu erstellen.<sup>145</sup>

---

<sup>140</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 3 ff.)

<sup>141</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 3 ff.)

<sup>142</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 35)

<sup>143</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 38 f.)

<sup>144</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 11 ff.)

<sup>145</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 37 ff.)

## Kundenbedarf und Kundentakt

Ziel des Wertstromdesigns ist es, die Produktion nach dem Kundenbedarf auszurichten. Dazu wird die Analyse in Form der Kundenperspektive durchgeführt. Beim Erstellen der Analyse ist das Symbol des Kunden das erste Symbol am Blatt. Da ein Kunde auch wieder Lieferant sein kann, ist das Symbol der beiden gleich. Der Datenkasten zum Kundensymbol beinhaltet den Kundentakt. Der Kundentakt ist eine Produktionsrate in Zeitdauer pro Stück für die Produktion, die direkt auf der durchschnittlichen Verkaufsrate beruht. Der Kundentakt (KT) errechnet sich mit folgender Formel:<sup>146</sup>

$$KT = \frac{\text{verfügbare Betriebszeit pro Jahr}}{\text{Kundenbedarf pro Jahr}} = \frac{\text{Fabriktag} \times \text{tägliche Arbeitszeit}}{\text{Jahresstückzahl}}$$

### Formel 1: Kundentakt<sup>147</sup>

*„Der Kundenkontakt ist die vom Markt vorgegebene Schlagzahl, mit der die Produktion idealer Weise arbeitet. Wenn jeder an der Auftragsabwicklung beteiligte Prozess im Unternehmen genau in diesem Rhythmus arbeitet, dann entspricht das Unternehmen exakt den Marktanforderungen, das heißt die Produktion ist kundenorientiert ausgerichtet.“<sup>148</sup>*

Die Vorbereitungen sind mit der Ermittlung des Kundenkontakts abgeschlossen, die Analyse in der Produktion kann beginnen.

## Erstellen der Wertstromanalyse in der Produktion

Nach dem Auswählen der Produktfamilie und dem Ermitteln des Kundentakts kann die eigentliche Wertstromanalyse in der Produktion beginnen. Die Aufnahme findet immer vor Ort statt, die benötigten Hilfsmittel sind ein DIN A3-Papier, Stoppuhr, Taschenrechner und Schreibzeug. Für die Wertstromaufnahme sind zwei Durchgänge erforderlich:<sup>149</sup>

1. Der erste Durchgang dient zur Aufnahme der Produktionsprozesse und des Materialflusses. In der Regel beginnt der Durchgang an der Schnittstelle zum Kunden.
2. Der zweite Durchgang dient der Aufnahme der Geschäftsprozesse zur Auftragsabwicklung und des zugehörigen Informationsflusses. Er beginnt an der Schnittstelle der Auftragsabwicklung zum Kunden.

---

<sup>146</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 48)

<sup>147</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 48)

<sup>148</sup> (Erlach, 2007, S. 48)

<sup>149</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 54 ff.)

Die folgenden vier Leitfragen dienen dazu, die Wertstromanalyse zu erstellen:<sup>150</sup>

1. Welches sind Ihre Tätigkeiten und Aufgaben?
2. Woher wissen Sie, was Sie wann zu tun haben?
3. Wie groß ist Ihr Bestand beziehungsweise Ihr Arbeitsvorrat?
4. Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material beziehungsweise Ihre Arbeitsaufträge?

Die Wertstromaufnahme ist eine Momentan-Aufnahme, das heißt, diese Fragen zielen drauf ab, die Gegebenheiten der Produktion zu erfassen. Die zur Darstellung erforderlichen Symbole mit den zugehörigen Datentabellen werden im folgenden Abschnitt erklärt.

### Darstellung der Produktionsprozesse

Produktionsprozesse werden über Prozesskasten abgebildet. Ein Prozesskasten beschreibt einen Prozess, in dem Material fließt, idealerweise einen zusammenhängenden Fluss. Der Prozesskasten hört auf, wo Prozesse abgeschlossen sind und der Materialfluss zum Stehen kommt. Einen Montageprozess mit mehreren Arbeitsstationen würde man als einzelnen Prozesskasten zeichnen, auch, wenn sich zwischen den Arbeitsstationen Bestand befindet. Wenn ein Fertigungsprozess unabhängig vom nächsten stattfindet und die Weitergabe des Materials in Losen stattfindet, verwendet man für diese zwei Tätigkeiten zwei Prozesskästen.<sup>151</sup>

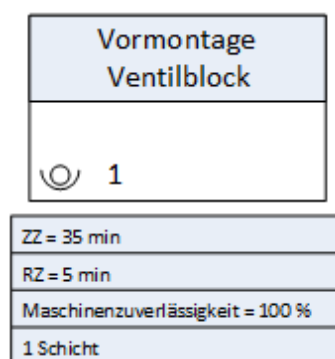


Abbildung 27: Beispiel Prozesskasten mit Datentabelle

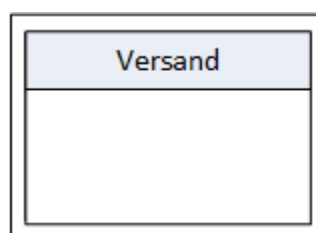


Abbildung 28: Prozesskasten mit gemeinsam genutzten Ressourcen

<sup>150</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 55 ff.)

<sup>151</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 16)

Unter jedem Prozesskasten wird eine Datentabelle mit Kennwerten und Kennzahlen zur Prozessbeschreibung gezeichnet:

- Zykluszeit (ZZ): „Die Zeit, wie oft nach Ihren Beobachtungen ein Teil oder Produkt durch einen Prozess fertiggestellt wird. Ebenso die Zeit, die ein Mitarbeiter benötigt, um alle seiner oder Ihrer Arbeitselemente zu durchlaufen, bevor er sie wiederholt.“<sup>152</sup>
- Rüstzeit (RZ): Die Zeit, die für die Umstellung der Produktion von einem Produkttyp zum anderen erforderlich ist.
- Maschinenzuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit: Einschränkung des Kapazitätsangebots durch geplante und ungeplante Stillstände der Betriebsmittel.<sup>153</sup>
- EPEI-Wert: Von „Every Part – Every Intervall“. Beschreibt die Variantenflexibilität eines Prozesses. Dies entspricht dem Zeitraum, der benötigt wird, um die Rüstfolge über alle Varianten einmal komplett zu durchlaufen.<sup>154</sup>
- Durchlaufzeit: Die benötigte Zeit, bis ein Werkstück einen Wertstrom vollständig durchlaufen hat.<sup>155</sup>
- Bearbeitungszeit: Die Zeit, wie lange ein Teil im Produktionsprozess bearbeitet wird. Beinhaltet sowohl manuelle Arbeitszeiten des Mitarbeiters als auch die Arbeitszeit der Anlage.<sup>156</sup>

### Darstellung des Materialflusses und der Bestände

Der Materialfluss verbindet die Produktionsprozesse. Das Transportieren von einem Prozess zum nächsten wird durch Pfeile dargestellt. Das Lagern bzw. der Bestand zwischen zwei Prozessen wird durch ein aufrecht stehendes Dreieck markiert. Liegt zwischen zwei Prozessen keine Transportverbindung vor, handelt es sich um einen integrierten Produktionsprozess (dann ist zur Modellierung nur ein Prozesskasten erforderlich).<sup>157</sup> Der gestreifte Pfeil ist das Symbol für eine Push-Bewegung. Push bedeutet, dass die einzelnen Prozesse das Produkt von Prozess zu Prozess planungsorientiert weiterschieben.<sup>158</sup>

---

<sup>152</sup> (Rother & Shook, 2011, S. 19)

<sup>153</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 19 ff.)

<sup>154</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 72 ff.)

<sup>155</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 19)

<sup>156</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 60)

<sup>157</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 87)

<sup>158</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 25)

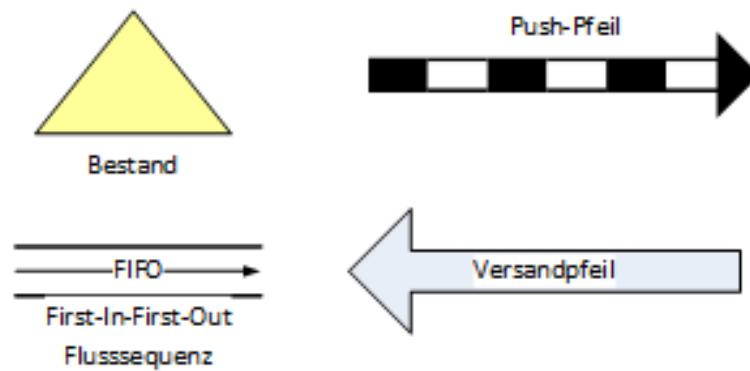


Abbildung 29: Symbole des Materialflusses

„Die für die Wertstromanalyse entscheidende Aussage liegt nun in der Zeitdauer, für die der Bestand zur Erfüllung des durchschnittlichen Kundenbedarfs ausreichend ist. Die Reichweite (RW) des jeweiligen Bestandes in Tagen berechnet man durch einfache Division der Bestandsmenge durch den Tagesbedarf (TB).“<sup>159</sup>

$$\text{Reichweite RW} = \frac{\text{Bestandsmenge BM [Stück]}}{\text{Tagesbedarf TB} \left[ \frac{\text{Stück}}{\text{Tag}} \right]}$$

#### Formel 2: Berechnung der Reichweite

Die Reichweite als relative Größe des Bestands gilt als wesentlich aussagekräftiger als die absolute Bestandsmenge. Die zeigt sich besonders bei der Abschätzung von Verbesserungspotentialen.<sup>160</sup>

#### Darstellung des Informationsflusses

Analog zum Materialfluss, der Material zwischen Produktionsprozessen transportiert, transportiert der Informationsfluss Daten und Dokumente zwischen Geschäftsprozessen oder Produktionsprozessen. Der Informationsfluss wird durch einen dünnen Pfeil symbolisch dargestellt.<sup>161</sup>

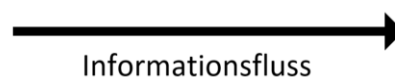


Abbildung 30: Informationsfluss

<sup>159</sup> (Erlach, 2007, S. 83)

<sup>160</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 83 f.)

<sup>161</sup> vgl. (Rother & Shook, 2011, S. 24 ff.)

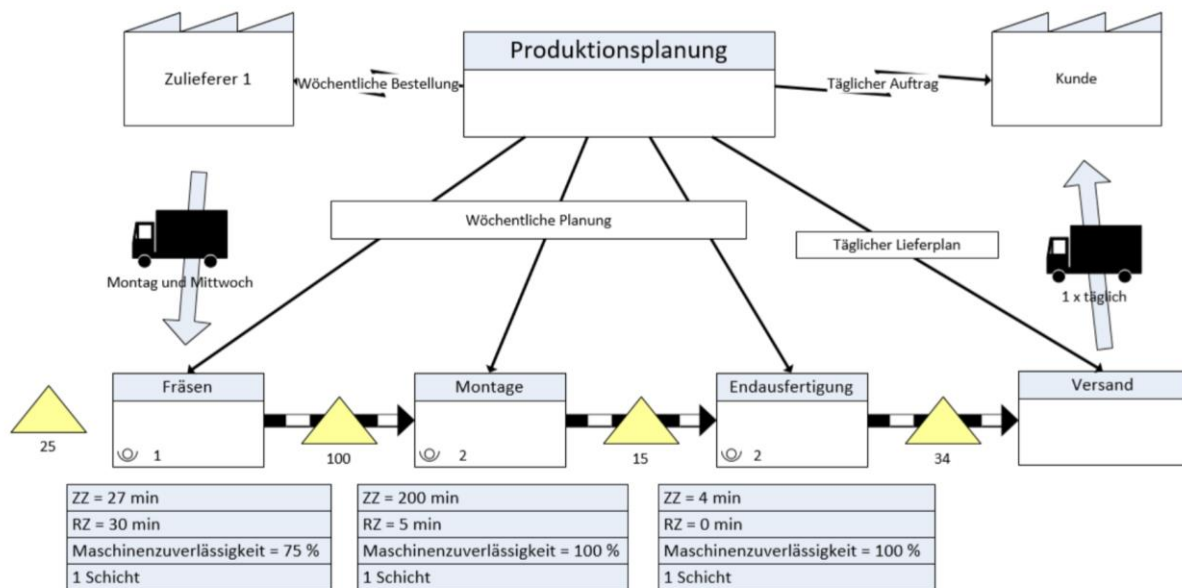


Abbildung 31: Beispiel Wertstromaufnahme, Informationsfluss vereinfacht

In der klassischen Literatur zur Wertstromanalyse (Rother 2000) werden der Informationsfluss und die Geschäftsprozesse nur vereinfacht dargestellt. Klaus Erlach beschreibt in seinem Buch „Wertstromdesign“ (Erlach 2010) eine genauere Darstellung dieser.

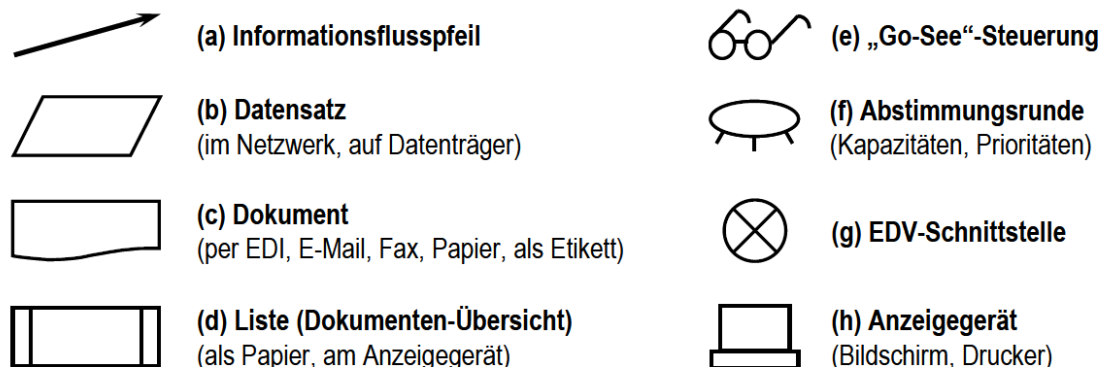


Abbildung 32: Symbole für die Darstellung des Informationsflusses<sup>162</sup>

### Durchlaufzeit

Um die Durchlaufzeit zu ermitteln, eignet sich folgendes Experiment: Man markiert ein Rohmaterial und misst die Zeit, bis das markierte Teil als Bestandteil eines Fertigproduktes den Versand erreicht hat. Das Teil muss alle entsprechenden Prozessschritte mit den zugehörigen Bearbeitungs- und Prozesszeiten sowie alle zwischengelagerten Bestände durchlaufen. Dieser Vorstellung entsprechend gibt der Gesamtbestand der

<sup>162</sup> (Erlach, 2007, S. 92)

Fabrik Auskunft über die Durchlaufzeit eines Produktes. Die Durchlaufzeit eines Wertstroms ergibt sich somit als Summe aller Lagerreichweiten im langsamsten Zweig des betrachteten Wertstroms.<sup>163</sup>

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

Formel 3: Durchlaufzeit DLZ<sup>164</sup>

DLZ	Produktions-Durchlaufzeit [d]
RW	Reichweite der Lagerbestände [d]
WIP	Umlaufbestand [Stk]
TB	Tagesbedarf [Stk/d]
#T	Anzahl der Gleichteile pro Produkt

Tabelle 1: Abkürzungen Durchlaufzeit<sup>165</sup>

## Zeitlinie

Die Zeiten der jeweiligen Prozesse werden auf der sogenannten Zeitlinie unterhalb der Wertstromdarstellung aufgetragen. Die Zeitlinie ist eine Linie mit zwei Niveaus. Der obere Bereich steht für den Materialfluss inklusive der Lager, welcher über den täglichen Bedarf auf die Reichweite umgerechnet wird. Der untere Bereich der Linie gehört zu den Produktionsprozessen und stellt die Prozesszeiten und die Bearbeitungszeiten dar. Am rechten Ende der Zeitlinie wird die Summe der jeweiligen Zeiten angegeben. Dies ermöglicht einen Blick auf die Differenz zwischen Bearbeitungszeit im Minutenbereich und Prozesszeit im Stundenbereich und Durchlaufzeit im Tages- bis Wochenbereich. Hohe Bestände in der Produktion (hohe Reichweiten auf der Zeitlinie) weisen auf Verstopfung im Gesamtablauf hin. Dies kann kapazitive Engpässe als Grund haben.<sup>166</sup>

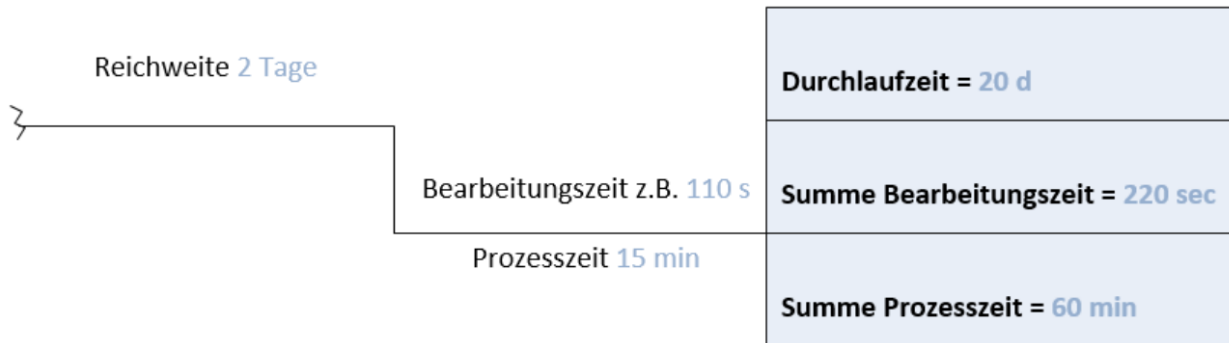
<sup>163</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 102 f.)

<sup>164</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 103)

<sup>165</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 103)

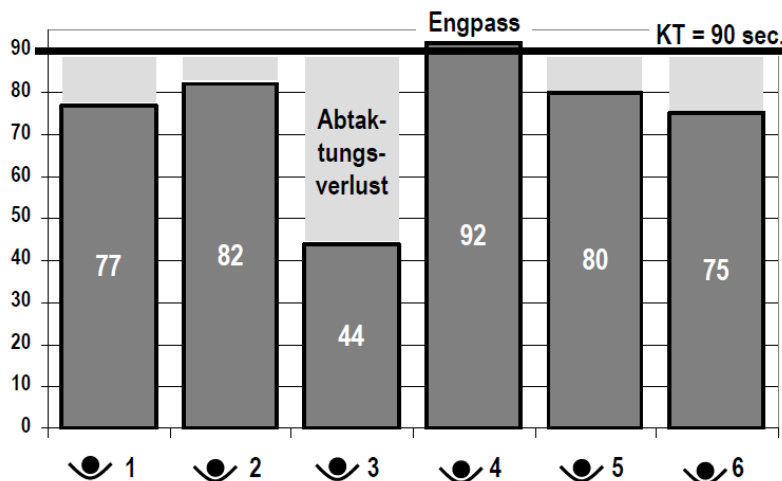
<sup>166</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 104 ff.)



Abbildung 33: Beispiel einer Zeitlinie<sup>167</sup>

### Taktabstimmung

Zur Beurteilung der Güte des Wertstroms untersucht man die Stimmigkeit der einzelnen Prozesszeiten untereinander. Als Werkzeug hierzu ist das Taktabstimmungsdiagramm (Operator Balance Chart). Die Taktabstimmung dient dem Ziel, Arbeitsinhalte möglichst gleichmäßig zu verteilen. Im Taktabstimmungsdiagramm bekommt jeder Prozess die Prozesszeit in Form eines Balkens aufgetragen. Über diese Darstellung wird die Auslastung der einzelnen Prozesse verglichen. Der höchste Balken ist der Engpass der Linie, der den maximalen Output bestimmt. Ebenfalls wird der Kundentakt eingezeichnet. Um den Kundenbedarf zu erzielen, muss jeder Prozess schneller als der Kundentakt sein, also eine geringere Taktzeit aufweisen.<sup>168</sup>

Abbildung 34: Taktabstimmungsdiagramm (Zahlenbeispiel) <sup>169</sup>

<sup>167</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 104)

<sup>168</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 109)

<sup>169</sup> (Erlach, 2007, S. 109)

## Potentialanalyse

Ziel der Wertstromanalyse ist es, Verbesserungspotentiale im Wertstrom hinsichtlich Durchlaufzeit sowie der Taktabstimmung sichtbar zu machen. Die Zeitlinie zeigt, an welchen Stellen es zu Engpässen kommt. Das Taktabstimmungsdiagramm zeigt, wie gut die Produktionsprozesse aufeinander abgestimmt werden und ob die Produktion auf den Kundenbedarf abgestimmt ist. Einige der folgenden Fehler sind typisch für Produktionsunternehmen:<sup>170</sup>

- Zu lange Durchlaufzeit, zu sehen an hohen Beständen und einer mit Material vollgestellten Fabrik
- Die Teilung der Prozesse durch Lager stört den Produktionsfluss und erhöht den logistischen Aufwand
- Die Produktionsstruktur ist unklar hinsichtlich der Zuordnung von Produktion zu Ressourcen
- Die Zykluszeit ist größer als die des Kundentakts, was sich in Produktionsengpässen auswirkt
- Die Mitarbeiter unterbrechen ihre wertschöpfende Tätigkeit für logistische, qualitätssichernde oder andere nicht stückbezogene Kosten
- Die Mitarbeiter haben Wartezeiten durch fehlende Teile oder fehlende Produktionspläne
- Die Verfügbarkeit einer Ressource ist so gering, dass dadurch der Kundentakt verfehlt wird
- Die Termintreue oder die Teilequalität der Lieferanten ist zu gering und die Lieferzeit für Teile ist zu groß

### 2.6.2 Balanced Scorecard

Ziel der Balanced Scorecard ist es, die Unternehmensleistung nicht nur mit finanzwirtschaftlichen Kennzahlen, welche nur die Vergangenheit wiedergeben, zu beschreiben. Eine Balanced Scorecard ermöglicht, ein Unternehmen ganzheitlich, aber zeitgleich detailliert zu betrachten. Die Ziele werden dabei bis auf die Mitarbeiterebene heruntergebrochen.<sup>171</sup>

Die Balanced Scorecard basiert auf vier Perspektiven mit je ein bis zwei Zielen:<sup>172</sup>

- Finanzperspektive: Kosten pro Stück, Umsatz pro Mitarbeiter
- Kundenperspektive: Image, Dienstleistungseigenschaften
- Interne Prozessperspektive: Prozessqualität, Durchlaufzeit

---

<sup>170</sup> vgl. (Erlach, 2007, S. 115)

<sup>171</sup> vgl. (Barthelemy, 2011)

<sup>172</sup> vgl. (Barthelemy, 2011, S. 27 ff.)

- Mitarbeiter-, Potenzial und Wachstumsperspektive: Fluktuation von Leistungsträgern, Umsatzverhältnis neuer Produkte zu alten

### 2.6.3 Prozesssimulation

In der Prozesssimulation generiert der Rechner eine große Zahl an angenommenen Prozessereignissen, führt diese Schritt für Schritt aus und zeichnet jeden Schritt in dieser Durchführung auf. Das Ergebnis dieser Simulation ist eine Statistik über die Zykluszeit, die durchschnittlichen Wartezeiten und die durchschnittliche Ausnutzung der Ressourcen. Input für diese Analysen sind Prozesskosten, Prozessdauer, Wahrscheinlichkeitsverteilungen.<sup>173</sup>

Heutzutage enthalten die meisten Business-Prozess-Modellierungsprogramme eigenen Simulationstools z.B. ADONIS, ARIS Arcitect & Designer, IBM Websphere Business Modeler.<sup>174</sup>

### 2.6.4 Weitere Kennzahlen

Eine Kennzahl dient zur Quantifizierung eines Zustands. Kennzahlen ermöglichen Aussagen über Vorgänge, Ziele und Ergebnisse. Sie sind für Unternehmen multifunktional und von hoher Bedeutung. Die Steuerungsfunktion der Kennzahlen hilft Unternehmen, Zustände zu erkennen und Handlungsnotwendigkeit abzuleiten.<sup>175</sup>

Die wichtigste Herausforderung besteht in der Auswahl der geeigneten Kenngrößen. Leistungskennzahlen beschreiben die Leistungskennzahlen der betrachteten Einheiten. Zu diesen Kennzahlen gehörten die Auftragsabwicklungszeit und die Bestandsreichweite.<sup>176</sup>

Diagnosekennzahlen beschreiben, wie sich der Zustand verändert, um eine Leistung zu verbessern. Sie dienen dazu, Leistungsursachen zu beschreiben. Sie sind in der Regel dazu geeignet, Maßnahmen zu verfolgen und deren Umsetzung zu kontrollieren.<sup>177</sup>

Konfigurationskennzahlen beschreiben die Komplexität in einem Unternehmen. Ein Beispiel ist die Anzahl der Produktvarianten, die ein Unternehmen liefern kann.<sup>178</sup>

---

<sup>173</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 235 ff.)

<sup>174</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 240 f.)

<sup>175</sup> (Becker, 2008, S. 181)

<sup>176</sup> (Becker, 2008, S. 181)

<sup>177</sup> (Becker, 2008, S. 181)

<sup>178</sup> (Becker, 2008, S. 182)

Mit Kennzahlen können die Prozesse im Hinblick auf die Prozessziele überprüft werden. Wenn die Erwartungen abweichen, kann durch Erfassen und Ableiten der Kennzahlen eine Änderung herbeigeführt werden.

## Kennzahlensysteme

*„Bei der Verfolgung einer einzigen Kennzahl kann die Leistung für das definierte Ziel systematisch verbessert werden. Es können sich aber andere Leistungen zugunsten der gewählten Kennzahl verschlechtern. Um diesen Effekt zu vermeiden, werden Kennzahlensysteme verwendet, die mehrere Aspekte gleichzeitig abdecken.“<sup>179</sup>*

Zu den bekanntesten Systemen gehört das DuPont-System. In diesem System ist die Hauptkennzahl der Return on Investment. In diesem System werden einzelne Ergebnisse analysiert, die Rentabilität des Unternehmens geprüft und langfristig unterschiedliche Bereiche verglichen. Nachteile dieses Systems sind die Nutzung von Spätindikatoren und der Fokus auf kurzfristige Gewinnmaximierung. Langfristige Effekte, wie die Auswirkung von Innovationen, werden nicht berücksichtigt.<sup>180</sup>

## Einsatz der Kennzahlen

Für Produktion und Logistik werden häufig Leistungs-, Qualitäts-, Kosten-, Flexibilitäts- und Mitarbeiterziele gemessen. Liefertermin, Lieferzeit, Durchlaufzeit, Auslastung, Bestandsreichweite und Produktqualität zählen als Leistungs- und Qualitätsziele. Wertschöpfung je Mitarbeiter, die Qualitätskosten, Garantiekosten und der Nacharbeitskostenanteil gehören zu den Kostenzielen. Als Mitarbeiterziele gelten Mitarbeiterfluktuation, Krankenquote und die Anzahl der Verbesserungsvorschläge als mögliche Messgrößen.<sup>181</sup>

*„Die Kennzahlen müssen mit Leben gefüllt werden. Es darf keine Kennzahl erfasst werden, die nicht berichtet wird. Es gibt keine Berichterstattung ohne Analyse und keine Analyse ohne nachfolgend eingeleitete Maßnahmen. Für ein Unternehmen bedeutet dies: Es sollen nur so viele Kennzahlen erfasst werden, wie auch hinterher weiterverarbeitet werden können.“<sup>182</sup>*

## Operative Kennzahlen

Operative Kennzahlen sind z. B. Mitarbeiteranzahl, Deckungsbeitrag, Umsatz, Gewinn.

---

<sup>179</sup> (Becker, 2008, S. 183)

<sup>180</sup> vgl. (Becker, 2008, S. 183 f.)

<sup>181</sup> vgl. (Becker, 2008, S. 183 f.)

<sup>182</sup> (Becker, 2008, S. 184)

## Produktionsbezogene Kennzahlen

Zusätzlich zu den Kennzahlen aus der Wertstromanalyse ist hier die Auslastung angeführt.

Die Auslastung (AL) ist der Quotient aus Durchsatz pro Zeiteinheit (DPZ) und Kapazität (KAPA). Der Durchsatz pro Zeiteinheit kann durch Abzählen der Teile in einem gewissen Zeitraum leicht ermittelt werden. Die Kapazität wird fälschlicherweise oft mit dem Durchsatz pro Zeiteinheit verwechselt, sie kann nicht durch Messung in der Fertigung bestimmt werden.<sup>183</sup>

$$AL = \frac{DPZ}{KAPA} \quad 0 \leq AL \leq 1$$

### Abbildung 35: Auslastung

**Zeitwirtschaft** „Die Zeitwirtschaft als eine zentrale Funktion im Unternehmen ermittelt, strukturiert und verwaltet anwendungsbezogene Zeitdaten und stellt diese anderen Unternehmensfunktionen, wie der Montageplanung oder der Kostenrechnung, zur Verfügung.“<sup>184</sup>

Die Abbildung 36 zeigt typische Abteilungen in Unternehmen, die auf eine korrekte Zeitwirtschaft angewiesen sind.

---

<sup>183</sup> vgl. (Kropik, 2009, S. 170)

<sup>184</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 79)

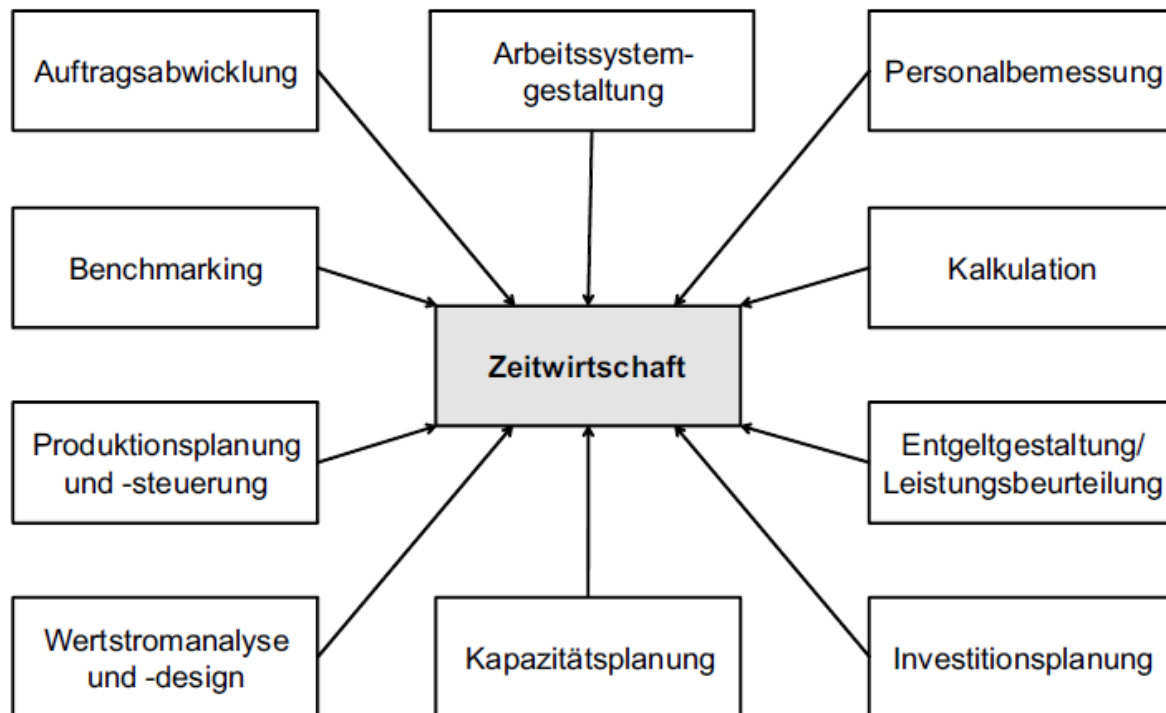


Abbildung 36: Zeitwirtschaft als wichtige Datenbasis im Unternehmen<sup>185</sup>

„In der Produktion bildet die Zeitwirtschaft die Basis zur Terminierung von Fertigungsaufträgen, zur Verteilung der Personal- und Betriebsmittelkapazitäten und zur Bestimmung der Durchlaufzeiten. Zudem macht ein Vergleich von Ist- und Sollzeiten Abweichungen im Fertigungs- und Montageablauf sichtbar und ermöglicht es, Verbesserungsmaßnahmen zu definieren und umzusetzen.“<sup>186</sup>

**Zeitarten** Unterschieden wird zwischen Ist- und Soll-Zeiten. **Ist-Zeiten** sind alle tatsächlich notwendigen Zeiten für die Ausführung bestimmter Aufgaben unter den jeweils bestehenden Bedingungen.<sup>187</sup>

**Soll-Zeiten** sind Zeiten, die aus Ist-Zeiten generiert werden. Sie beziehen sich auf planmäßige Bedingungen. Die Ermittlung erfolgt z. B. über Planzeitbausteine wie MTM.<sup>188</sup>

Die laut REFA bekannte Prozesszeit, also die Zeitdauer von Prozessen, wird in der Wertstromanalyse unter den Namen Zykluszeit geführt. Diese zwei Kennzahlen sind ident.

Zur Erstellung von Aufträgen sind nach REFA weitere Zeiten notwendig. Abbildung 40 zeigt diese auf.

<sup>185</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 80)

<sup>186</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 81)

<sup>187</sup> vgl. (REFA, 2012, S. 66 f.)

<sup>188</sup> vgl. (REFA, 2012, S. 66 f.)

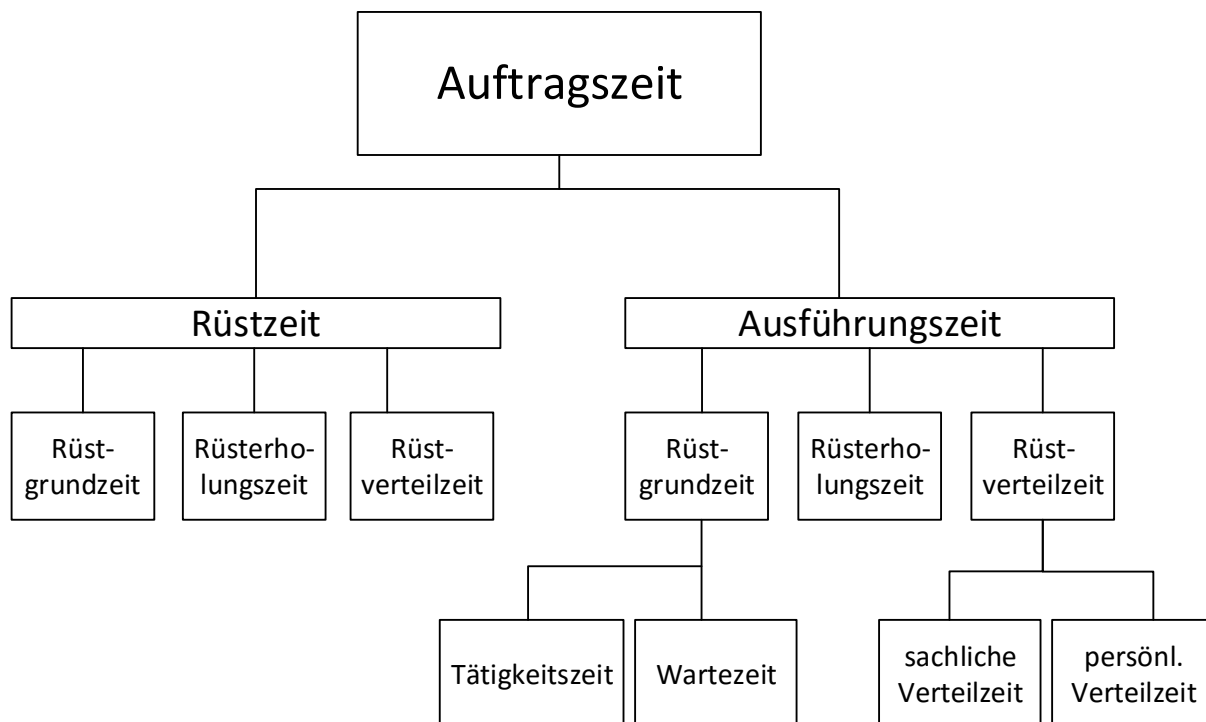


Abbildung 37: REFA Standard Zeitgliederung für die Auftragszeit<sup>189</sup>

### 2.6.5 Methoden zur Erfassung von Istzeiten

Bei bestehenden Arbeitssystemen können die Zeitdaten direkt gemessen werden. Als wichtiges Maß für die Genauigkeit einer Istzeitmessung ist der relative Vertrauensbereich. Dieser beschreibt die Schwankungsbreite um den Mittelwert der Stichprobe, innerhalb derer der wahre Mittelwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt.<sup>190</sup>

Neben der Direktmessung können Istzeiten auch durch Selbstaufschreiben, das Multimoment-Einzelzeitverfahren oder das Befragen der Arbeitsperson erhalten werden. Bei der Selbstaufschreibung werden die Zeiten der Arbeitstätigkeiten vom Mitarbeiter selbst notiert. Über reine Selbstaufschreibung können jedoch über die Zeitwerte hinaus keine Informationen, etwa zur Arbeitsplatzgestaltung, gewonnen werden.<sup>191</sup>

Mit Hilfe des Multimoment-Einzelzeitverfahrens werden die Häufigkeiten der einzelnen Tätigkeiten ermittelt. Über diese Häufigkeiten lässt sich der prozentuale Anteil der Tätigkeiten an der gesamten Arbeitszeit und letztlich die Ausführungszeit bestimmen. Typisches Anwendungsfeld ist die Ermittlung der Verteilzeiten oder die Verfügbarkeit von Maschinen.<sup>192</sup>

<sup>189</sup> vgl. (REFA, 2012, S. 75)

<sup>190</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 95 f.)

<sup>191</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 95 f.)

<sup>192</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 95 f.)

Auch durch Interviews der Mitarbeiter können Istzeiten ermittelt werden. Zusätzlich lassen sich bei der Befragung Erkenntnisse über mögliche Verbesserungen gewonnen werden.<sup>193</sup>

## Multimomentaufnahme (MMA)

Der Grundgedanke der Multimomentaufnahme besteht darin, mit Hilfe von vielen stichprobenartigen Beobachtungen Angaben über Arbeitssituationen zu treffen. Im Vergleich zur Ermittlung der Arbeitsdaten mit ununterbrochenen Methoden benötigt die MMA weit weniger Aufwand bei gleicher Aussagekraft.<sup>194</sup>

Die MMA eignet sich für die Ermittlung von Art und Umfang von real ausgeführten Arbeiten. Ganz speziell zur Ermittlung des Potenzials in Unternehmen. Auf Grundlage der MMA können Verbesserungsmaßnahmen überprüft werden. Typische Ergebnisse der MMA sind Anteilswerte, wie zum Beispiel der Anteil an Rüstzeit im Hinblick auf die betrachtete Arbeitszeit.<sup>195</sup>

Das REFA-Standardprogramm umfasst zehn Schritte zur Erstellung einer MMA:

1. Ziel festlegen
2. Ablaufarten festlegen und beschreiben
3. Notierung vorbereiten
4. Rundgangsplanung
5. Technische und organisatorische Vorbereitung
6. Probelauf
7. Testrundgänge
8. Notierungen weiterführen
9. Kontinuierliche Auswertung
10. Endauswertung

**Ziel festlegen** In Schritt 1 werden der Verwendungszweck, der Untersuchungsbe-  
reich, der Untersuchungszeitraum und die Beteiligten bestimmt. Die MMA kann z. B.  
zur Untersuchung folgender Prozesse oder Bereiche verwendet werden:<sup>196</sup>

- Auftragsdurchlauf und auszuführende Aufgaben (Häufigkeit, Dauer)
- Betriebsmittel (Nutzungsgrad/Unterbrechung der Nutzung)
- Personen (Tätigkeit/Unterbrechung der Tätigkeit)
- Arbeitsgegenstände (Nutzungsgrad)
- Arbeitsbedingungen (Gefährdung)

---

<sup>193</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 95 f.)

<sup>194</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 4)

<sup>195</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 33 ff.)

<sup>196</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 11)



**Ablaufart festlegen und beschreiben** Im Schritt zwei werden die zu untersuchenden Ablaufarten festgelegt und eindeutig beschrieben. Diese müssen so gewählt werden, dass sie dem Untersuchungszweck und den Bedingungen der Kurzzeitbeobachtung entsprechen. Außerdem müssen die Ablaufarten eindeutig erkennbar sein.<sup>197</sup>

**Notierung vorbereiten** Im dritten Schritt wird der Beobachtungsumfang gewählt. Dieser bestimmt den Aufwand und die Genauigkeit der Ergebnisse. In diesem Schritt wird, in Abhängigkeit vom gewählten Vertrauensbereich, die Anzahl der erforderlichen Notierungen errechnet.

$$n' = \frac{1,96^2 * p' * (100 - p')}{f'^2}$$

**Formel 4: MMA-Hauptformel, vorläufige Anzahl der Notierungen**<sup>198</sup>

$$n' = \frac{1,96^2 * p' * (100 - p')}{(\varepsilon' * p')^2}$$

**Formel 5: vorläufige Anzahl der Notierungen**<sup>199</sup>

Symbol	Begriff	Inhalt
n	Anzahl Notierungen	Größe der Stichprobe, Bezugswert (100%) für die Berechnung der Anteile p der definierten Ablaufarten.
n'	vorläufige Anzahl Notierungen	Vorläufiger Wert, der auf der Annahme des Anteils einer wichtigen Ablaufarten p' und eines gewählten Wertes für f' oder ε' beruht.
p	Anteilswert	Tatsächlicher Anteil einer bestimmten Ablaufart an der Gesamtheit n der Notierung
p'	Vorläufiger Anteil der interessierenden Ablaufart	Wert dient der Berechnung der vorläufigen Anzahl notwendiger Notierung, zumeist geschätzt
f	Vertrauensbereich absolut	Maß für die Qualität der Ergebnisse, mögliche zweiseitige Abweisung des tatsächlichen Wertes eines Anteilswertes p.
f'	Zulässiger absoluter Vertrauensbereich	Geforderter absoluter Vertrauensbereich; um so viele %-Punkte darf der Anteilswert eines Anteils p nach oben und unten nur abweichen.
ε	Vertrauensbereich relativ	Verhältnis der absoluten Abweichung f zum ermittelten Anteilswert p in %.

**Tabelle 2: Grundbegriffe MMA**<sup>200</sup>

Die Wahrscheinlichkeit, mit der innerhalb des ermittelten Vertrauensbereiches der wahre Wert p erwartet werden kann, wird bei MMA üblicherweise mit 95% gewählt. Die Ermittlung des Beobachtungsumfanges n' erfolgt mit Hilfe der Formeln 4 und 5,

<sup>197</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 12)

<sup>198</sup> (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 17)

<sup>199</sup> (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 17)

<sup>200</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 17)

wobei vom Anteil  $p'$  der interessierenden Ablaufart ausgegangen wird. Hierfür werden Erfahrungs- oder Schätzwerte herangezogen. Sind verschiedene Ablaufarten wichtig, wird für die Berechnung von  $n'$  die Ablaufart, deren Anteil  $p'$  in der Nähe von 50% liegt, ausgewählt.<sup>201</sup>

Für die Wahl des Vertrauensbereichs  $f'$  gibt REFA für Potentialermittlungen (Trendaussage, wenige Ablaufarten) einen Wert von 2,5% vor. Für eine Verteilzeitstudie (Betriebliche Vereinbarung, Solldatenermittlung) einen Wert von 1%.<sup>202</sup>

Die Anzahl der erforderlichen Notierungen  $n'$  kann nun mit Formel 5 ermittelt werden.

**Rundgangsplanung** Die Rundgangsplanung legt im Layout eine Route, von der aus alle Beobachtungen durchgeführt werden können, fest.

**Technische und organisatorische Vorbereitung** Aus der vorläufigen Anzahl der Beobachtungen werden die Anzahl der Tage und Beobachtungen pro Tag festgelegt. Die Zeitpunkte der Rundgänge werden zufällig gewählt. Damit wird eine unbewusste Beeinflussung durch den Beobachter vorgebeugt. Während der Pausenzeiten werden keine Durchgänge durchgeführt.<sup>203</sup>

**Probelauf und Testdurchgänge** Bei den Testdurchgängen wird entschieden, ob alle Vorbereitungen und Annahmen zutreffend sind. Das betrifft die Auswahl und Erkennbarkeit der Ablaufarten und z. B. die gewählte Route.

**Notierungen weiterführen/kontinuierliche Auswertung** Der Ablaufplan wird fortgesetzt und die Ergebnisse, wenn notwendig, kontinuierlich ausgewertet.

**Endauswertung** Die Auswertung umfasst zwei unterschiedliche Aufgaben:<sup>204</sup>

1. Aufarbeiten und Prüfen der ermittelten Angaben
  - a. Ermitteln der Gesamtzahl der Notierungen jeder Ablaufart
  - b. Berechnen des Anteils  $p$  jeder Ablaufart
  - c. Ermitteln des erzielten absoluten Vertrauensbereiches  $f$  für jede Ablaufart
  - d. Zusammenfassen der Ergebnisse in aussagekräftige Form
2. Bewertung der Zielerreichung bzw. der Verwendbarkeit der Ergebnisse und Beurteilung

Die ermittelten Daten geben keine Auskunft über die Ursachen, sie stellen eine Ist-Situation dar und müssen durch weitere Untersuchungen begleitet werden.

---

<sup>201</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 17 ff.)

<sup>202</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 17)

<sup>203</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 17 ff.)

<sup>204</sup> vgl. (REFA Bundesverband e. V., 2014, S. 30)

## 2.6.6 Methoden zur Ermittlung von Sollzeiten

Die bekanntesten Methoden zur Sollzeitermittlung zeigt Abbildung 41:

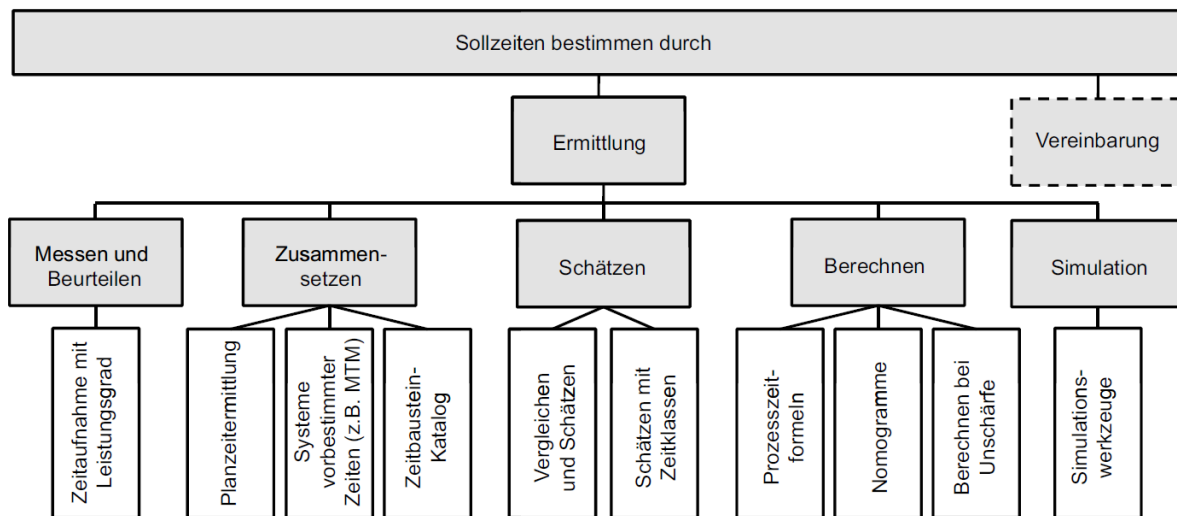


Abbildung 38: Methoden zur Bestimmung von Sollzeiten<sup>205</sup>

Hier seien die Systeme vorbestimmter Zeiten erwähnt. Vorbestimmte Zeiten sind Planzeiten, die durch Untersuchungen ermittelt und mit fest definierten Einflussgrößen tabellarisch erfasst wurden. Systeme wie MTM eignen sich vorwiegend zur Beschreibung und zeitlichen Betrachtung von manuellen Prozessen in verschiedenen Detaillierungsgraden. MTM gliedert die manuellen Abläufe in einzelne Bewegungselemente und ordnet jedem Bewegungselement, abhängig von Einflussgrößen wie die Bewegungslänge, eine Zeit zu. Durch diese Zerlegung und Zuordnung lassen sich die Sollzeiten ermitteln.<sup>206</sup>

## 2.7 Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden

Die qualitative Prozessanalyse ist eine Methode, um Prozesse systematisch zu erfassen, um diese als Prozessmodell darzustellen. Die Ergebnisse dieser Analysen sind oft nicht detailliert genug, um Entscheidungen zu treffen. Um diese Entscheidungen über Kosten und Prozesszeiten treffen zu können ist es notwendig, einzelne Prozesse in Form einer quantitativen Prozessanalyse genauer zu betrachten. Z.B. kann eine Engstelle im Prozessablauf durch die quantitative Analyse genauer untersucht werden.<sup>207</sup>

<sup>205</sup> (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 97)

<sup>206</sup> vgl. (Lotter & Wiendahl, 2006, S. 99 ff.)

<sup>207</sup> vgl. (Dumas, 2013, S. 213)

Prozesse lassen sich durch die vier Dimensionen Kosten, Zeit, Qualität und Flexibilität beschreiben. Kosten und Zeit sind quantitative Dimensionen. Die Analyse dieser Prozessgrößen ist vergleichsweise einfach und durch Methoden wie Zeitaufnahme, Schätzen oder Prozesssimulation möglich.<sup>208</sup>

---

<sup>208</sup> vgl. (Grossmann & Rinderle-Ma, 2015, S. 251 f.)

## 3 Fallstudie

### 3.1 Liebherr-Transportation Systems GmbH

Die Liebherr-Transportation Systems GmbH hat ihren Ursprung in der Firma Alex. Friedmann, die im Jahr 1871 gegründet wurde. Diese Firma erzeugte Injektoren für Lokomotiven und Schiffsdampfmaschinen. Im Laufe der Jahre erstellte das Unternehmen unterschiedliche Produkte für die Zugindustrie. Der heutige Produktschwerpunkt liegt bei Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Hydrauliksystemen für Schienenfahrzeuge.<sup>209</sup>

1978 wurde die Alex. Friedmann KG durch die Siemens AG übernommen. 1997 wechselte die Firma in das Eigentum der Liebherr Austria Holding. Die Liebherr-Transportation Systems GmbH, am Standort Korneuburg, ist Teil des Liebherr Konzerns in der Sparte Aerospace und Verkehrstechnik. Im Schwesternwerk in Bulgarien erfolgt der Großteil der Fertigung. Dieses Werk steht unter direkter Kontrolle der Liebherr-Transportation Systems GmbH und wird von Korneuburg aus gesteuert.<sup>210</sup>

2013 erfolgte die Verlagerung der Zug-Hydraulik Sparte vom Schwesternwerk der Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH nach Korneuburg.

### 3.2 Produktbeschreibung

Die Bestrebungen der Zugindustrie nach erhöhten Fahrgeschwindigkeiten sind durch die Gleisbeschaffenheit beschränkt. Bei hohen Geschwindigkeiten auf nicht optimalen Gleiskörpern ergeben sich, speziell in Kurven, negative Effekte für den Komfort im Fahrgastraum. Die „active lateral suspension“ (aktive Querdämpfung) ermöglicht durch eine Kombination aus Dämpfer und Aktuator eine Abhilfe.

Liebherr-Transportation Systems entwickelte in Kooperation mit Bombardier ein Elektro-Hydraulikaggregat, welches die aktive Querdämpfung ermöglicht. Diese Aggregate werden von Liebherr-Transportation Systems in Korneuburg produziert und gewartet.

---

<sup>209</sup> vgl. [www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)



Abbildung 39: Elektro-Hydraulikaggregat Liebherr<sup>211</sup>

Die Aggregate wurden so entwickelt, dass sie am Zug schnell montierbar und möglichst wartungsfrei sind. Das Hydrauliköl befindet sich dauerhaft im Aggregat und muss nicht, über Hydraulikleitungen, mit dem Zugsystem verbunden werden. Die Elektronik-Kontrolleinheit befindet sich direkt am Aktuator. Das Aggregat wird mechanisch und mit zwei Kabeln, für Stromversorgung und für Steuersignale, mit dem Zug verbunden.

### 3.3 Produktionsbeschreibung

Die Liebherr-Transportation Systems GmbH produziert für Bombardier zwei Serien Elektro-Hydraulikaggregate am Standort Korneuburg. Die Entwicklung und anfänglich auch die Vorserienproduktion erfolgten bei der Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH. Die Vorserienproduktion wurde im Mai 2013 nach Korneuburg verlagert und findet seitdem als Serienproduktion in der Abteilung Hydraulik statt.

Sechs Mitarbeiter montieren und testen im Jahr ca. 700 Aggregate. Die Fertigungsart ist eine Variantenfertigung mit zwei Varianten. Das Fertigungsprinzip ist eine Serienmontage ohne Takt.

Die Fertigung wird durch die Produktionssteuerung mit Wochenaufträgen (16 bis 20 Stück) gesteuert. Die Fertigung selbst gliedert sich in die Vormontage, die Montage

---

<sup>211</sup> [http://pictures.attention-ngn.com/portal/35/35122/products/1410795836.4838\\_6\\_o.jpg](http://pictures.attention-ngn.com/portal/35/35122/products/1410795836.4838_6_o.jpg) zuletzt aufgerufen am 27.10.2015

und den Prüfvorgang. Materialversorgung, Qualitätssicherung, Verpackung und Versand werden durch unterstützende Abteilungen abgewickelt.

Die zwei Serien, Roco und Zefiro, bestehen aus jeweils 126 (Roco) und 123 (Zefiro) verschiedenen Bauteilen, die von 54 verschiedenen Zulieferern geliefert werden. 82 Teile werden für beide Serien verwendet. Die Fertigung der zwei Serien erfolgt nie gleichzeitig, das Umrüsten zwischen Serie Roco und Serie Zefiro erfolgt montags.

Die Materialversorgung erfolgt durch die Abteilung Supply Chain. Die Materialversorgung erfolgt auftragsbezogen. 15 Materialien (Normteile) werden über ein Kanban Lager versorgt. Die Materialien werden nach der Wareneingangskontrolle eingelagert und dann, je nach Auftrag, kommissioniert, auf Transportwägen gelegt und durch die Produktionslogistiker in den Wareneingangsbereich der Hydraulik-Abteilung geliefert.

Im ersten Bereich der Hydraulikmontage erfolgen die Vormontagen der sechs Unterbaugruppen, dies gilt für beide Serien. Folgende Baugruppen werden montiert:

1. Elektronik-Gehäuse
2. Ventilblock
3. Ösenkopf
4. Speicher
5. Motor auf Platte
6. Zylinder

Elektronik-Gehäuse, Ventilblock und Ösenkopf werden durch eigene Produktionsaufträge gesteuert und als Unterbaugruppen gefertigt. Die Anlieferung und die Produktionssteuerung können unabhängig vom Endprodukt erfolgen.

Die Baugruppen Speicher, Motor auf Platte und Zylinder werden über den Produktionsauftrag des Endprodukts gesteuert und die Materialien mit diesem geliefert. Diese drei Baugruppen sind in der Stücklistenstruktur als sogenannte fiktive Baugruppen angelegt. Ein Produktionsauftrag des Endproduktes besteht meist aus 15-20 Stück.

Die Vormontage des Elektronik-Gehäuses erfolgt ESD-geschützt (elektrostatische Entladung) und nicht in der Abteilung-Hydraulik, sondern im Elektronik-Bereich. Die restlichen Baugruppen werden in der Abteilung-Hydraulik vormontiert. Die Bauteile der Baugruppen Ventilblock, Speicher, Motor auf Platte und Zylinder müssen vor dem Einbau gewaschen werden (Korrosionsvermeidung) und spätestens drei Stunden danach eingebaut werden. Die Unterbaugruppe Ventilblock wird nach der Montage an der Prüfanlage kalibriert und geprüft. Die fertigen Teile werden der Montage in unterschiedlichen Losegrößen zur Verfügung gestellt.

Die Montage des Endprodukts erfolgt auf fünf Montagewägen. Es werden fünf Endprodukte gleichzeitig montiert und die verbauten Teile dokumentiert. Nach der Montage werden die Geräte am Transportband abgelegt und mit Öl befüllt. Nach der Befüllung wird bei der Serie Roco das Elektronik-Gehäuse montiert, bei der Serie Zefiro erfolgt die Montage des Elektronik-Gehäuse vor dem Befüllen, da sich hier die Ölzufuhr von der Seite bewerkstelligen lässt. An dieser Schnittstelle erfolgt die Übergabe zum Prüfen.

Erster Schritt beim Prüfvorgang ist die elektronische Durchschlagsprüfung. Danach erfolgen die Installation der Software und Prüfzyklen um die hydraulischen Systeme zu überprüfen. Nach der erfolgreichen Überprüfung erfolgen die Erstellung der Dokumentation, die Endausfertigung, die Fertigmeldung des Auftrags und anschließend die Weitergabe der fertigen Aufträge an die Verpackung.

Die Verpackung erfolgt in eigenen Transportbehältern (Holzkisten mit Kunststoffeinlagen), die notwendigen Dokumente und Protokolle werden beigelegt. Die Lieferung erfolgt einmal die Woche.



Abbildung 40: Arbeitsplätze zur Vormontage





Abbildung 41: Arbeitsbereich der Montage



Abbildung 42: Prüfmaschine

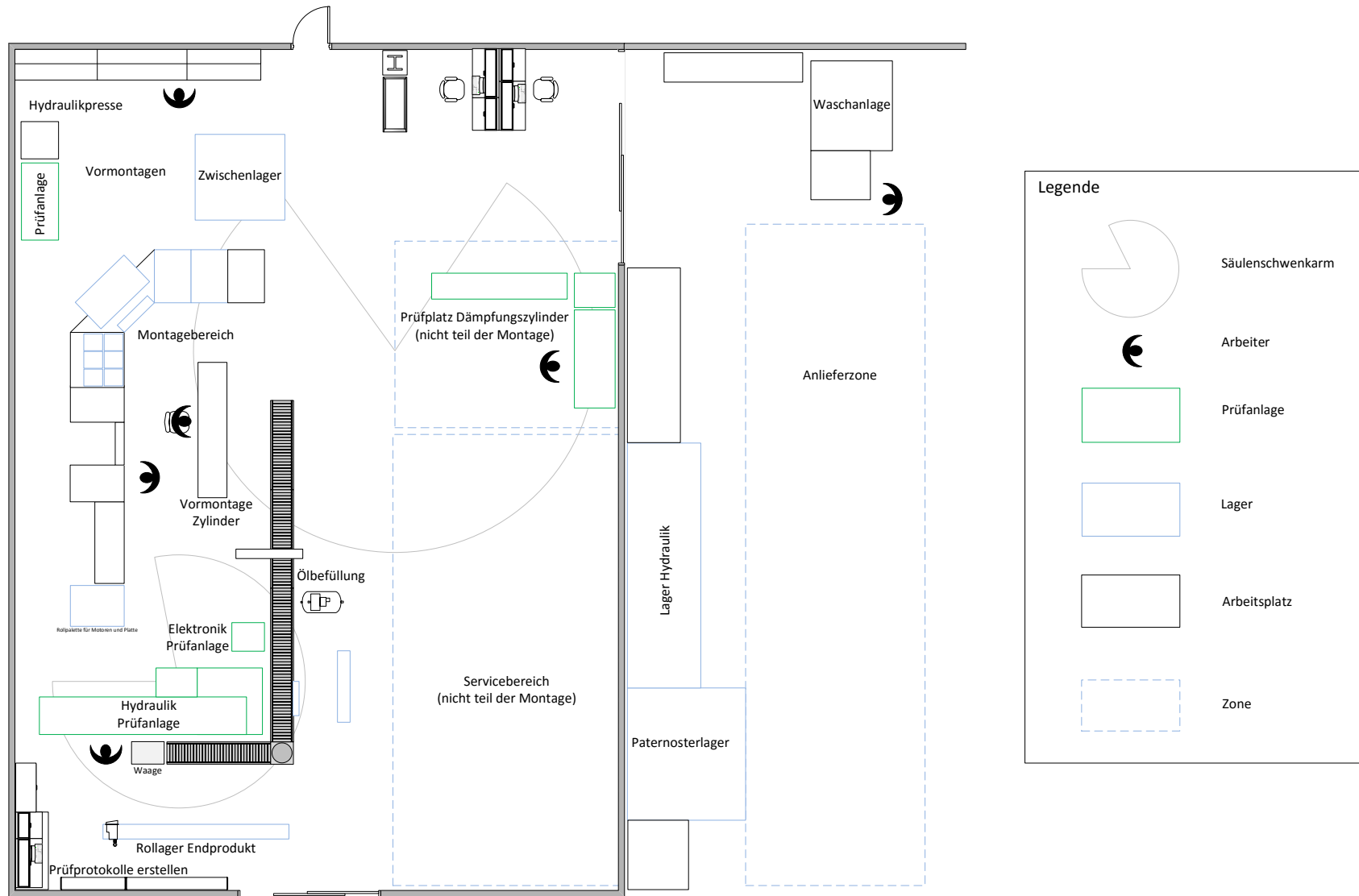


Abbildung 43: Layout Abteilung Hydraulik Liebherr-Transportation Systems GmbH

### 3.4 Vorgehensweise bei der Prozessanalyse

1. Erstellen der qualitativen Prozessanalyse
  - a. Definition der Kernprozesse
  - b. Ist-Aufnahme der Prozesse durch Interviews mit Mitarbeiter vor Ort
  - c. Erfassung und Darstellung der Logik der Prozesse aus der Prozesssicht mit Hilfe von EPKs
2. Detaillierung der Produktionsprozesse durch Methoden der quantitativen Prozessanalyse
  - a. Wertstromanalyse zur Analyse der Produktion
  - b. Multimomentaufnahme zur Gewinnung von weiteren Produktionskennzahlen
3. Erstellung des Soll-Konzept

### 3.5 Qualitative Prozessanalyse

Die qualitative Prozessanalyse stellt die Logik der Prozesse dar und dient als Ausgangsbasis für die quantitative Prozessanalyse. Die Software ARIS Architect & Designer 9.8 dient zur Darstellung der Prozessmodelle. Die Übersicht über die Kernprozesse wird durch ein Wertschöpfungskettendiagramm ermöglicht. Die jeweiligen Kernprozesse werden mit erweiterten ereignisgesteuerten Prozessketten aus der Prozesssicht beschrieben. Die Prozess- oder Steuerungssicht beschreibt die Verbindungen zwischen den Sichten und ermöglicht die Beschreibung des ablaufbezogenen, zeitlich-logischen Zusammenhangs. Die Zerlegung der Prozesse in die einzelnen Sichten wird in dieser Arbeit nicht angewendet, da in diesem Fall die Prozesssicht ausreicht, um die Zusammenhänge der Sichten darzustellen.

Die Prozesse werden mit einer dezimalen Gliederung versehen. Die Kernprozesse, als grobe Übersicht, werden von 1 an fortlaufend nummeriert. Die Kernprozesse werden als EPK detailliert beschrieben. Einzelne Prozesse/Funktionen in EPKs können weitere Ebenen unterstellt haben. Die Ziffern der einzelnen Detaillierungsebenen werden durch einen Punkt getrennt. Hinter der letzten Gliederungsziffer steht kein Punkt. Diese Gliederung soll die Identifikation der Prozesse in den unterschiedlichen Analysen ermöglichen.

Im ersten Vorgespräch wurden die wesentlichen Kernprozesse definiert. Durch Interviews mit Mitarbeitern vor Ort wurde die genaue Prozessstruktur aufgezeigt. Die Frage, was nach der erfolgten Bestellung passiert, leitet einen durch die Organisation. Dies wird in der Prozesssicht, welche die Verbindung zwischen den anderen Sichten behandelt, dargestellt.

Als erste Übersicht wurden die Kernprozesse als Wertschöpfungskettendiagramm inklusive der Organisationssicht (mit Organisationseinheiten) dargestellt (siehe Abbildung 44). Der erste Kernprozess **1 Anfrage/Angebotsabwicklung** beschreibt die Abwicklung neuer Anfragen und Angebote. Dieser Prozess endet in der Serienproduktion und wird danach nicht mehr durchlaufen. Der Kernprozess **2 Auftragseinlastung** beschreibt die Abwicklung von Bestellungen oder Bestelländerungen. Dieser Kernprozess löst die Produktion aus. Die Produktion wird durch die Abteilung Produktion & Logistik gesteuert, dies findet im Kernprozess **3 Produktionssteuerung und Disposition** statt. Der Prozess **4 Materialbereitstellung** wird durch die Abteilung Supply Chain und durch die Abteilung Produktion & Logistik ausgeführt. Im Kernprozess **5 Montage und Prüfen** werden die Produktionsprozesse beschrieben. Der Kernprozess, die **6 Auslieferung**, beschreibt die notwendigen Schritte, um das Endprodukt auszuliefern. **7 Service und Wartung** gilt als Kernprozess, wird aber nicht in dieser Arbeit behandelt.

### 3.5.1 Wertschöpfungskettendiagramm

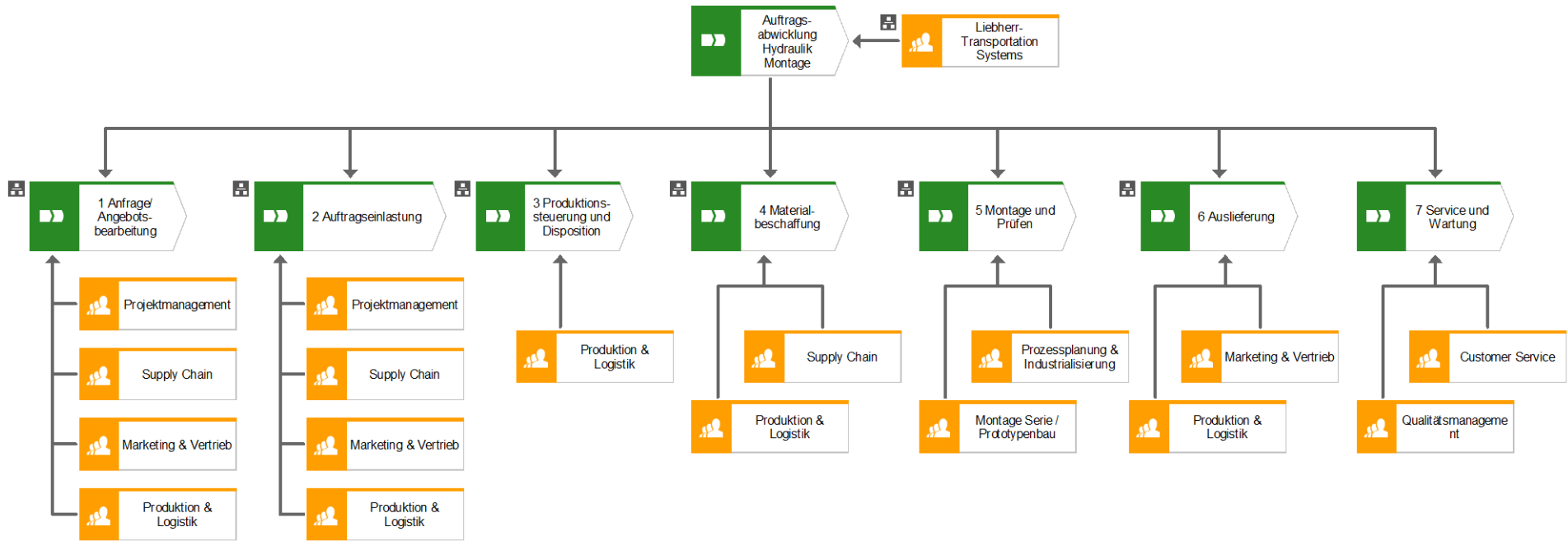


Abbildung 44: WSK Lieberr-Transportation Systems GmbH

### 3.5.2 Anfrage/Angebotsabwicklung

Der Kernprozess „1 Anfrage/Angebotsabwicklung“ wird in Abbildung 45 als EPK dargestellt. Ausgelöst wird der Prozess durch eine Kundenanfrage. Diese Anfrage wird im Prozess „1.1 Kundenanfrage überprüfen“ auf Machbarkeit überprüft. Wird das Projekt angenommen, durchläuft es den Produktentwicklungsprozess. Dieser stellt die Abläufe vom ersten Konzept bis zum Serienanlauf dar. Ziel dieses Produktentwicklungsprozesses ist die Serienproduktion. Der Produktentwicklungsprozess wird für jedes Produkt nur einmal durchlaufen. Die Prozesse zur Abhandlung der Bestellung eines Produktes werden im Prozess „2 Auftragseinlastung“ beschrieben.

### 3.5.3 Auftragseinlastung

Der Kernprozess „2 Auftragseinlastung“ wird in Abbildung 46 dargestellt. Auslöser ist eine neue Bestellung bzw. eine Bestelländerung vom Kunden. Diese Bestellung geht an das Projektmanagement. Das Projektmanagement prüft die Bestellung auf Vertragskonformität und leitet diese an die Abteilung Produktionsplanung & Steuerung weiter.

Die Produktionsplanung & Steuerung erstellt das SOP-Dokument (SOP...Sales and Operations Planning). Dieses Dokument enthält einen groben Produktions- und Absatzplan und informiert die an der Produktion beteiligten Abteilungen über die Bestellung. Die Abteilungen Projektmanagement, Forschung & Entwicklung, Supply Chain, Marketing & Vertrieb und Produktion & Logistik müssen die Machbarkeit der Bestellung im SOP-Rundlauf mit einer Unterschrift bestätigen. Der SOP-Rundlauf kann nur mit allen erforderlichen Unterschriften abgeschlossen werden. Bei einem nicht erfolgreichen SOP-Rundlauf ist eine neue Bestellung erforderlich.

Bei erfolgreichem SOP-Rundlauf wird ein Verkaufsauftrag im ERP-System angelegt. Als ERP-System wird INFOR verwendet. Sämtliche Produktionsdaten beziehen sich auf dieses System. Durch den Verkaufsauftrag im System erstellt das ERP-System den Produktionsvorschläge und den Bestellvorschlag.

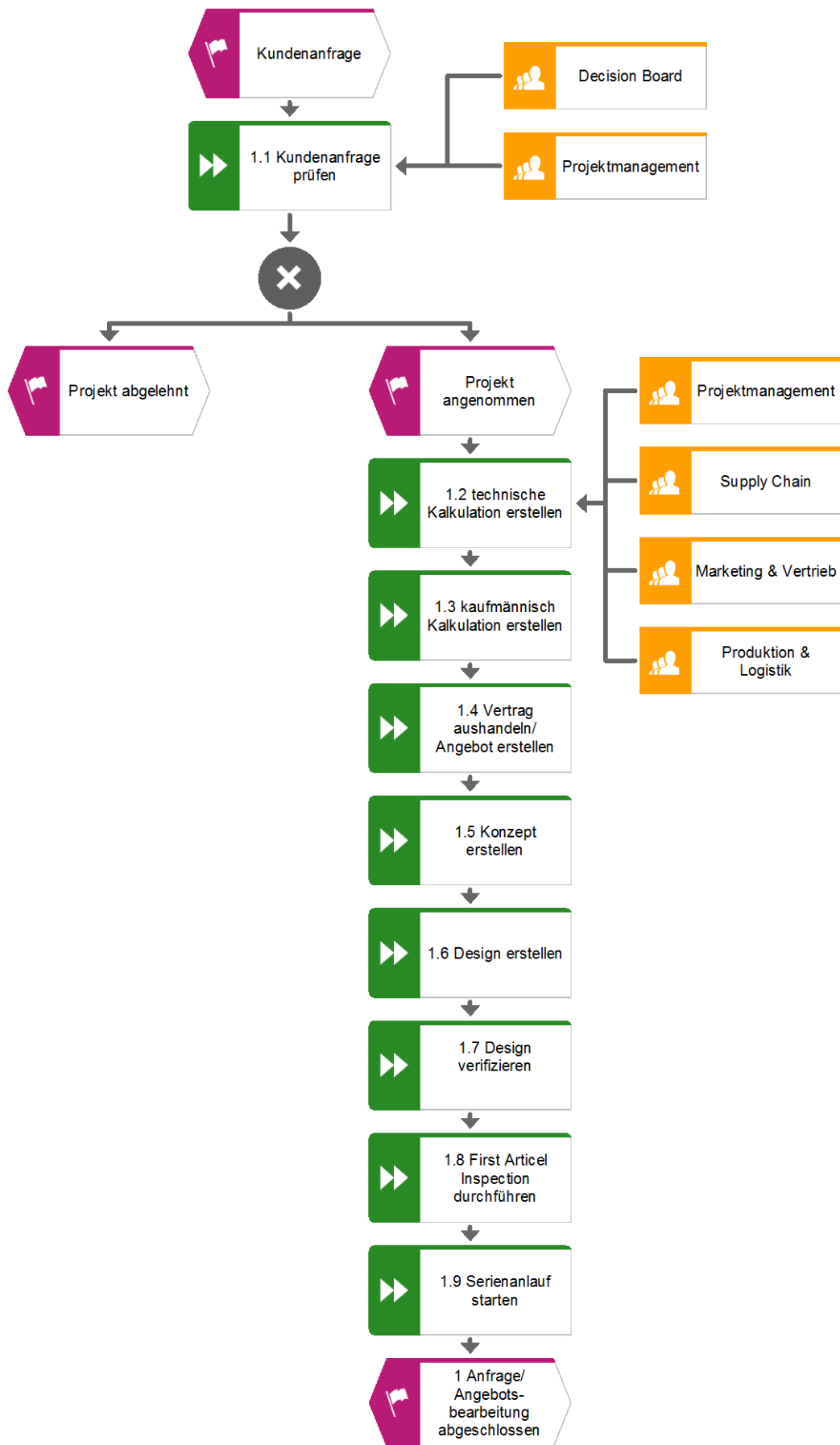


Abbildung 45:1 Anfrage/Angebotsabwicklung EPK

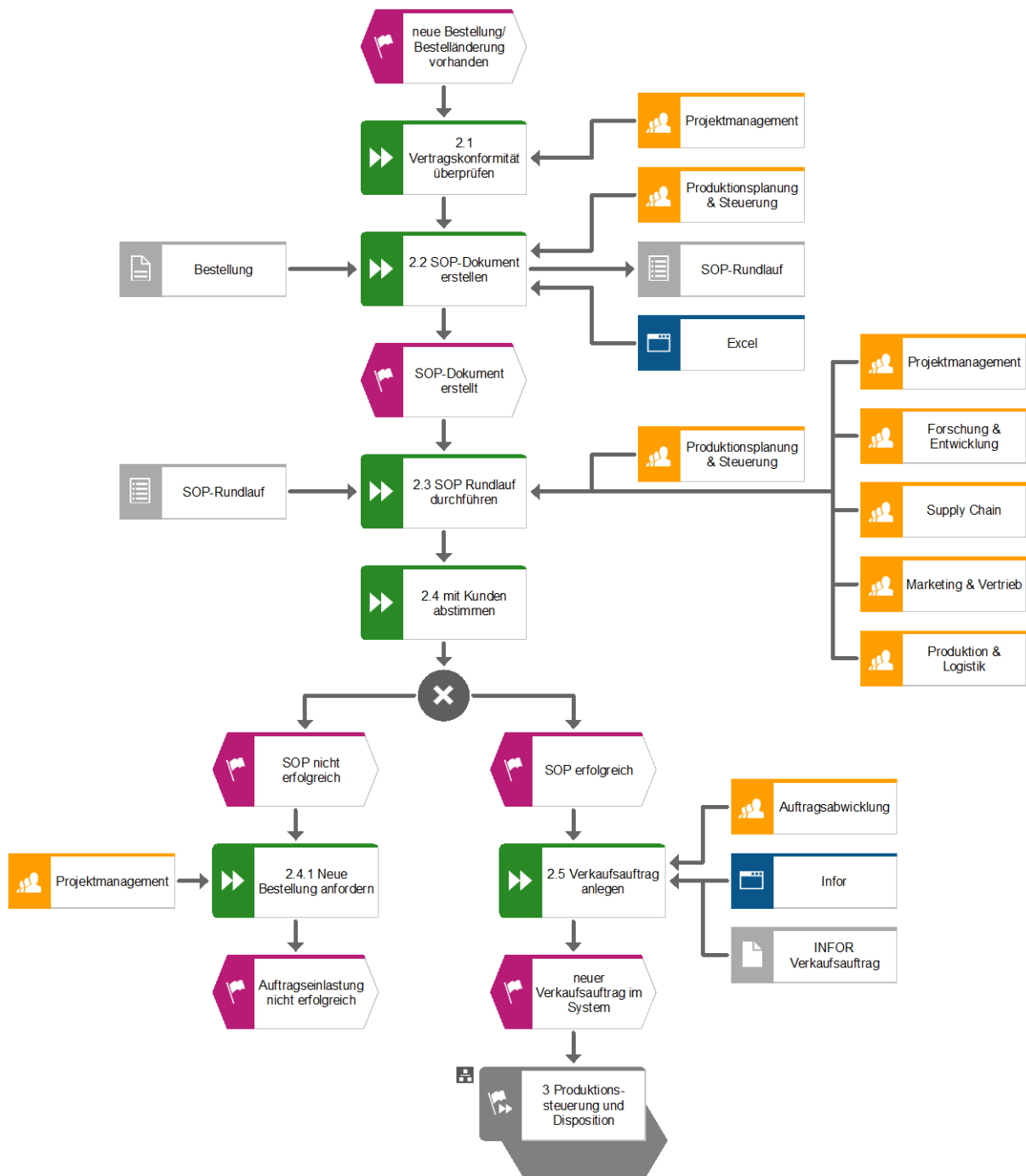


Abbildung 46: 2 Auftragseinlastung EPK



### 3.5.4 Produktionssteuerung und Disposition

Der Kernprozess „3 Produktionssteuerung und Disposition“ wird durch einen neuen Verkaufsauftrag im ERP-System ausgelöst (siehe Abbildung 47). Der erste Prozess bzw. die erste Funktion im Prozessmodell ist „3.1 MRP-Lauf ausführen“. Dieser wird täglich vom ERP-System gestartet (MRP...Manufacturing Resources Planning). Dabei wird das Produktsortiment prognostiziert und geplant und mit den groben Kapazitätsdaten abgeglichen. Diese Planungen werden laufend immer wieder überarbeitet. Der MRP-Lauf erstellt dabei Bestellvorschläge für die Materialbeschaffung und grobe Produktionsvorschläge für die Produktionsplanung & Steuerung. Dieser MRP-Lauf verwendet Daten; welche von der Abteilung Produktion & Logistik gepflegt werden. In der quantitativen Prozessanalyse wurden die Soll-Zeiten des Systems mit den im Zuge der Wertstromanalyse neu aufgenommenen Prozesszeiten überprüft und aktualisiert.

Der INFOR Bestellvorschlag wird anschließend in der Materialbereitstellung bearbeitet. An dieser Stelle (Abbildung 47) befindet sich eine Prozessschnittstelle zu „4 Materialbeschaffung“ (Abbildung 48). Die Materialbeschaffung wird vor dem Produktionsvorschlag behandelt, da die Lieferzeit für einige Gussteile (Speicher) bis zu 100 Tage betragen kann.

Der Produktionsplan wird alle zwei Wochen erstellt. Dazu wird im Prozess „3.2“ der Produktionsvorschlag überprüft und überführt. Anschließend erfolgt die Feinplanung der Produktion. Diese Feinplanung erfolgt in Abstimmung mit der Abteilung Prozessplanung und Industrialisierung, welche für die Hydraulikmontage verantwortlich ist. Die Abteilung Prozessplanung und Industrialisierung war für die Verlagerung der Montage von Deutschland nach Österreich zuständig. Diese Verlagerung ist bereits abgeschlossen, der Anschluss der Produktionsabteilung Hydraulik an den Rest der Produktion ist noch nicht erfolgt.

Die Feinplanung der Produktion erfolgt in MS Excel. Der fertige Produktionsplan wird in der zweimal wöchentlich stattfindenden Produktionsbesprechung vorgestellt und auf Einhaltung überprüft.

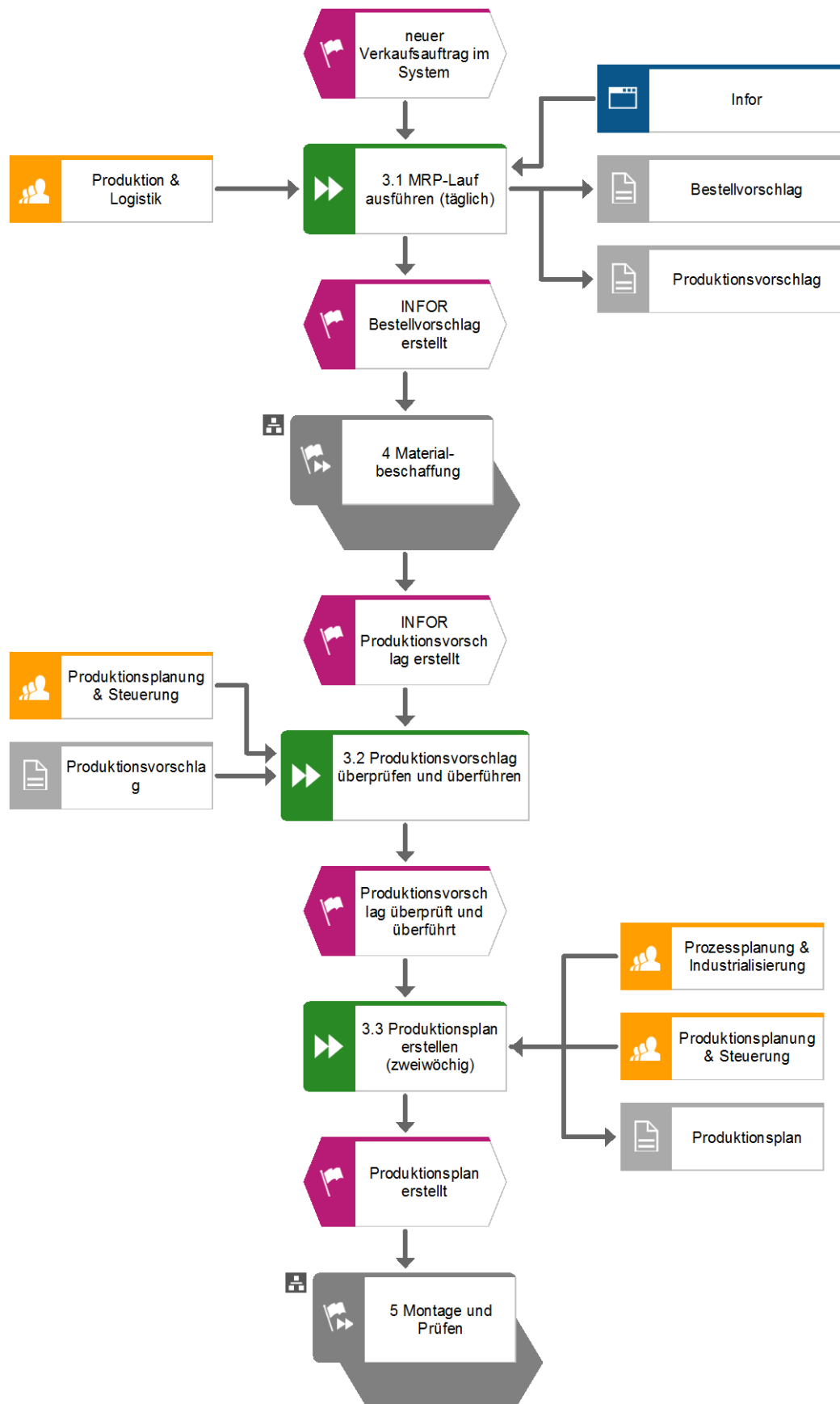


Abbildung 47: 3 Produktionssteuerung und Disposition EPK

### 3.5.5 Materialbeschaffung

Der MRP-Lauf (siehe Abbildung 47) generiert im ERP-System den INFOR-Bestellvorschlag. Dieser wird im Kernprozess 4 Materialbeschaffung (siehe Abbildung 48) abgehandelt. Die Abteilung Supply Chain kontrolliert und überprüft den Bestellvorschlag und erstellt die Materialbedarfsliste.

Dieser Materialbedarf wird bei den unterschiedlichen Lieferanten bestellt. Der Liefertermin ist jeweils eine Woche vor Produktionsbeginn. Die Bauteile für Roco und Zefiro werden von 34 Zulieferern geliefert. Nach der erfolgten Bestellung wird auf die Auftragsbestätigung gewartet. Wird diese nicht zeitnah geliefert, erfolgt das Mahnwesen.

Die angelieferten Waren werden auf sechs Rollbahnen abgelagert. Die Wareneingangskontrolle erfolgt nach dem First In, First Out Prinzip. Dieses System erlaubt keine Priorisierung von Teilen. Jene Teile, die dringend benötigt werden, können nur durch mündliche Absprache mit den Lagerarbeitern bevorzugt werden.

Die Wareneingangskontrolle überprüft die angelieferte Ware auf Qualitätsmerkmale und vermerkt den Liefertermin im ERP-System. Bei zu späten Lieferungen geht eine Mahnung an den Kunden.

Nach der erfolgten Wareneingangskontrolle werden die Teile im Etagenlager eingelagert und die Fertigware wird auf Bestand gebucht. Ab diesem Zeitpunkt gilt die Ware für die Produktion als abrufbereit.

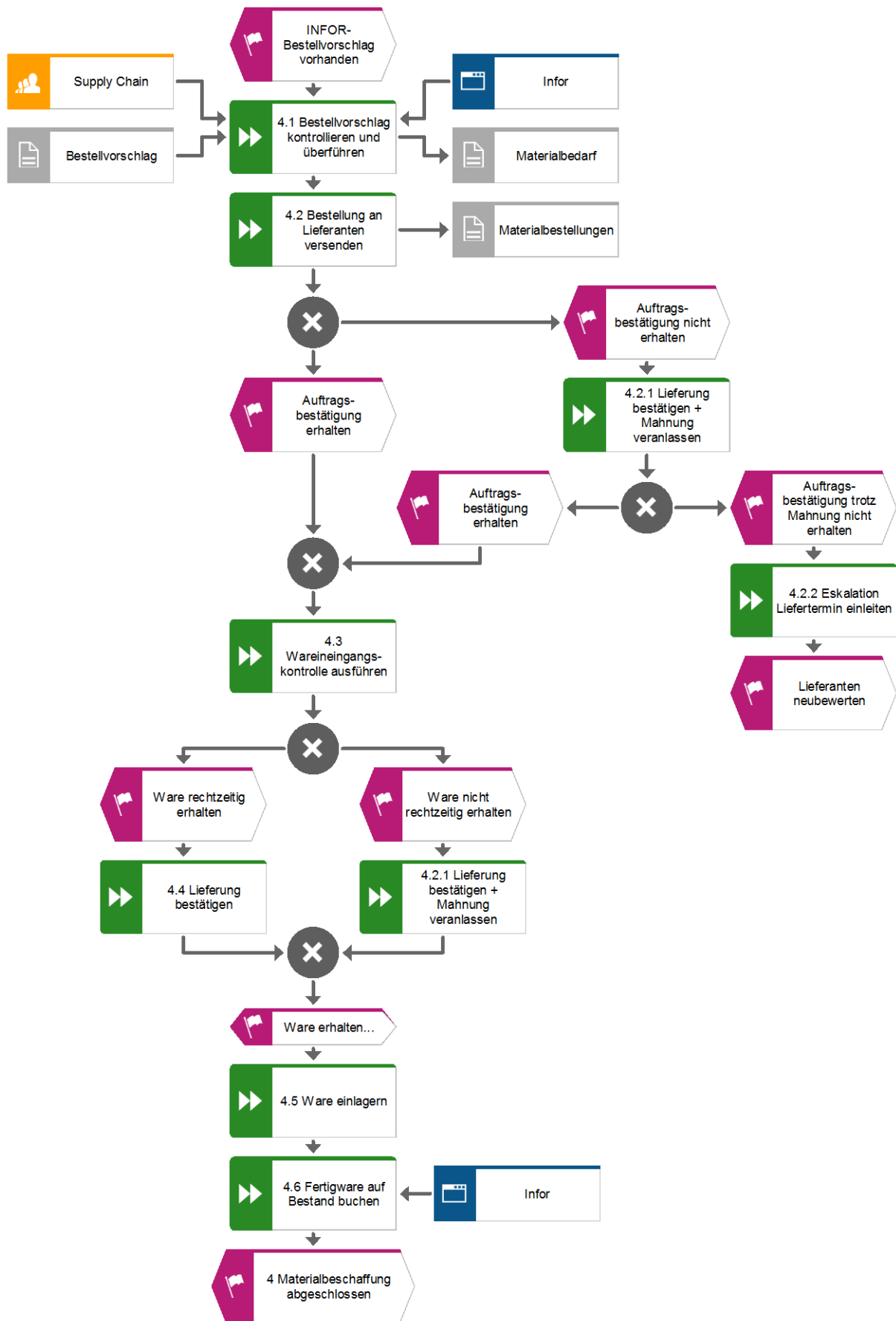


Abbildung 48: 4 Materialbeschaffung EPK

### 3.5.6 Montage und Prüfen

Im Kernprozess 5 werden die Montage und das Prüfen der Hydraulikaggregate beschrieben. Das Ereignis zu Beginn (siehe Abbildung 49) ist der erstellte Produktionsplan. Der Produktionsleiter erstellt bzw. generiert die notwendigen Dokumente (Produktionsauftrag, Auftragsmeldeschein, Materialliste, Technische Stückliste) und druckt diese aus. Der Produktionsauftrag beinhaltet die notwendigen Daten zur Produktion (Stückzahl, Liefertermin). Der Auftragsmeldeschein enthält die notwendigen Barcodes zum Erstellen der ERP-System Meldungen. Die Materialiste enthält die zu kommissionierenden Teile. Die technische Stückliste beschreibt alle notwendigen Teile des Hydraulikaggregats.

Die vollständige Mappe des Produktionsauftrags wird an das Lager gesendet. Im Lager werden die Teile laut Materialliste kommissioniert.

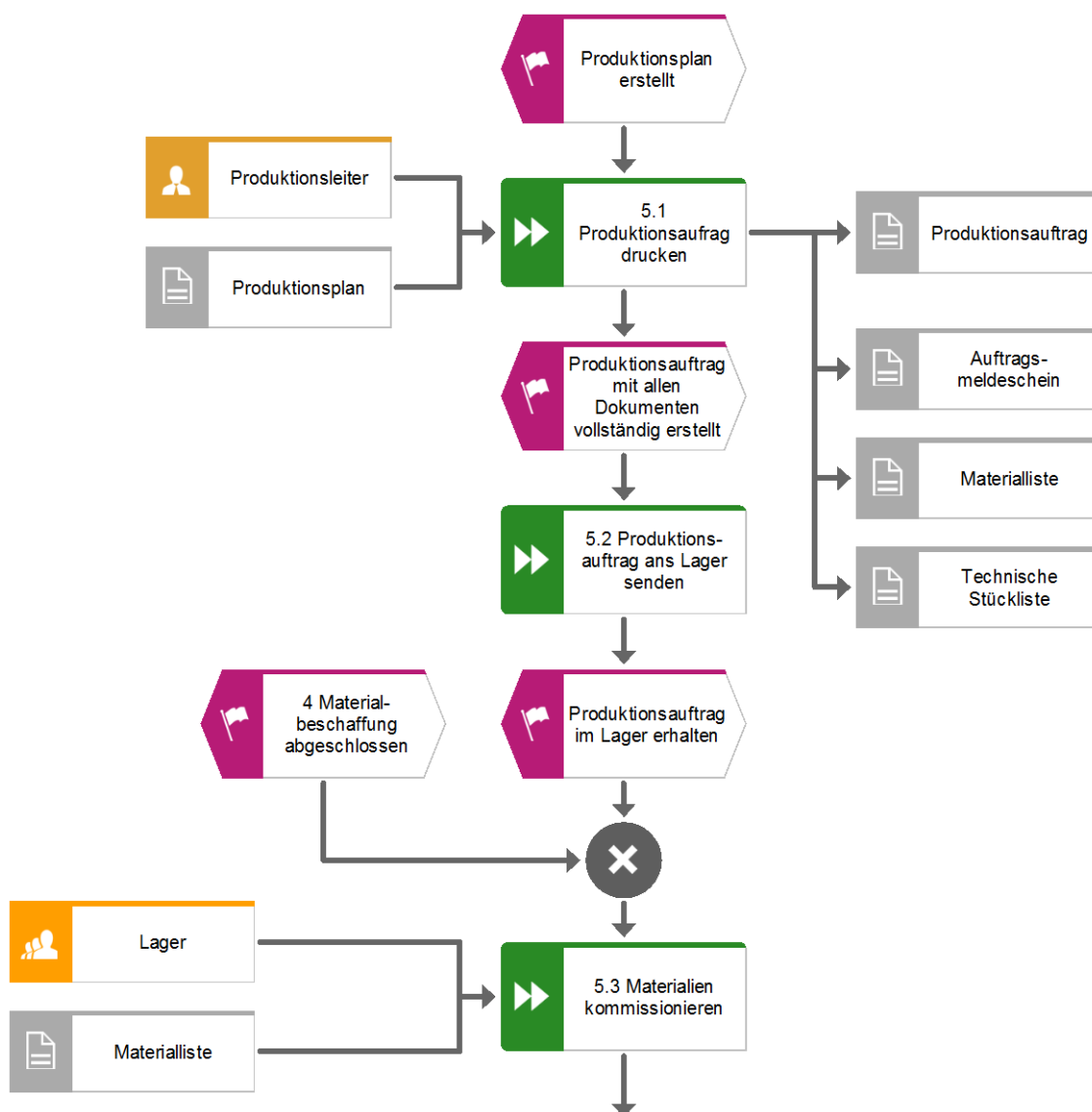


Abbildung 49: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 1

Beim Kommissionieren wird überprüft, ob alle Teile vorhanden sind. Sollten Teile fehlen, wird geklärt, ob ein Teil des Auftrags produzierbar ist (siehe Abbildung 50). Nach dem Abschluss der Kommissionierung werden die Materialien vom Produktionslogistiker zur Hydraulik-Produktion geliefert.

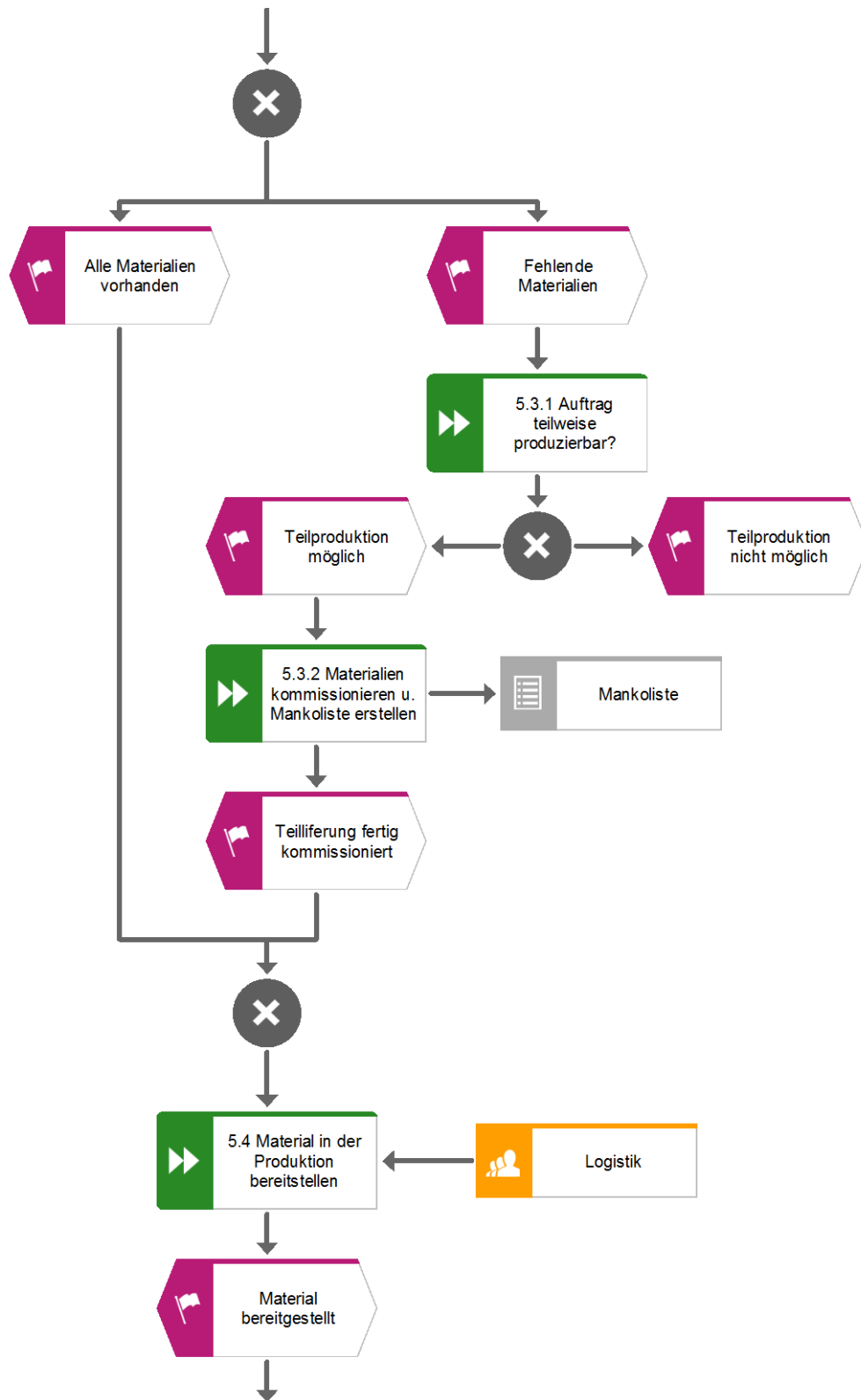


Abbildung 50: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 2

Nach dem Bereitstellen des Materials in der Hydraulik Produktion überprüft diese die Teile auf Vollständigkeit (siehe Abbildung 51). Sollte Material fehlen, wird im Infor überprüft, ob sich das Material im Haus befindet, und anschließend das Lager kontaktiert.

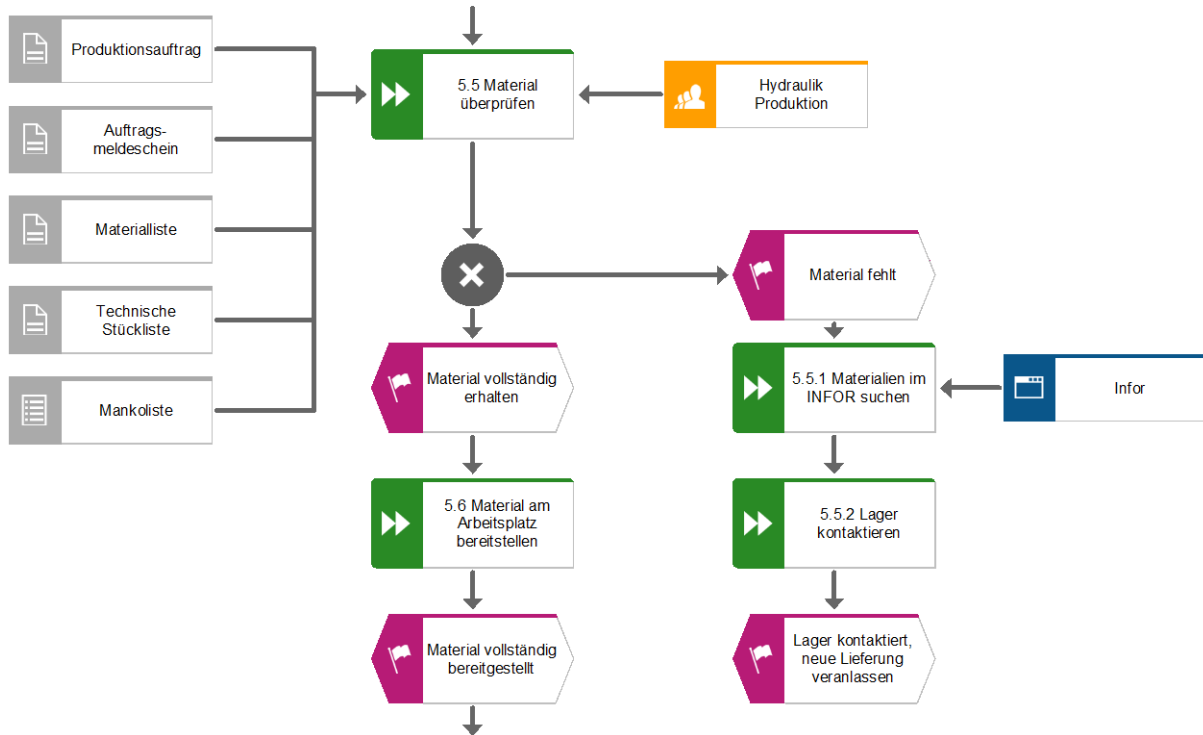


Abbildung 51: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 3

Nachdem das Material vollständig bereitgestellt wurde, beginnen die Produktionsprozesse (siehe Abbildung 52). Der Prozess 5.7 Vormontagen Hydraulik hat das Prozessmodell aus Abbildung 53 hinterlegt. Diese Prozesse haben noch eine Ebene auf höherer Detaillierung hinterlegt (siehe Abbildung 54).

Die genauere Beschreibung dieser Produktionsprozesse und die Bewertung dieser erfolgt im Zuge der Wertstromanalyse. ARIS Architect & Designer 9.8 ermöglicht die Hinterlegung von Kosten und Prozesszeiten über diese Daten können die Prozessabläufe simuliert werden.

Nach dem Abschluss der Vormontagen erfolgt das Montieren des Hydraulik-Aktuators. Im Anschluss wird der Aktuator mit Öl befüllt und geprüft. Das Funktionieren von Elektronik und Hydraulik wird getestet (siehe Abbildung 55). Beim Auftreten von Fehlern wird das Gerät von den Monteuren zerlegt und repariert. Der funktionstüchtige Aktuator wird endausgefertigt, protokolliert und der fertige Auftrag im System gemeldet. Der abgeschlossene Auftrag wird an das Lager geliefert.

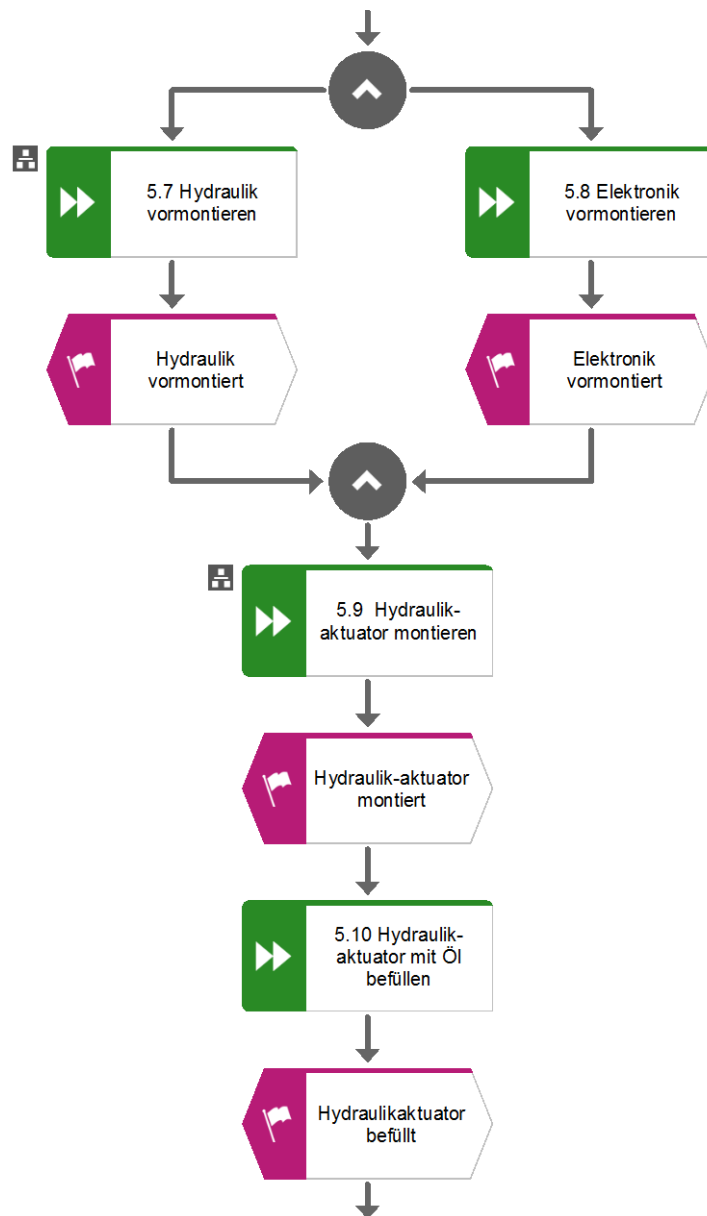


Abbildung 52: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 4



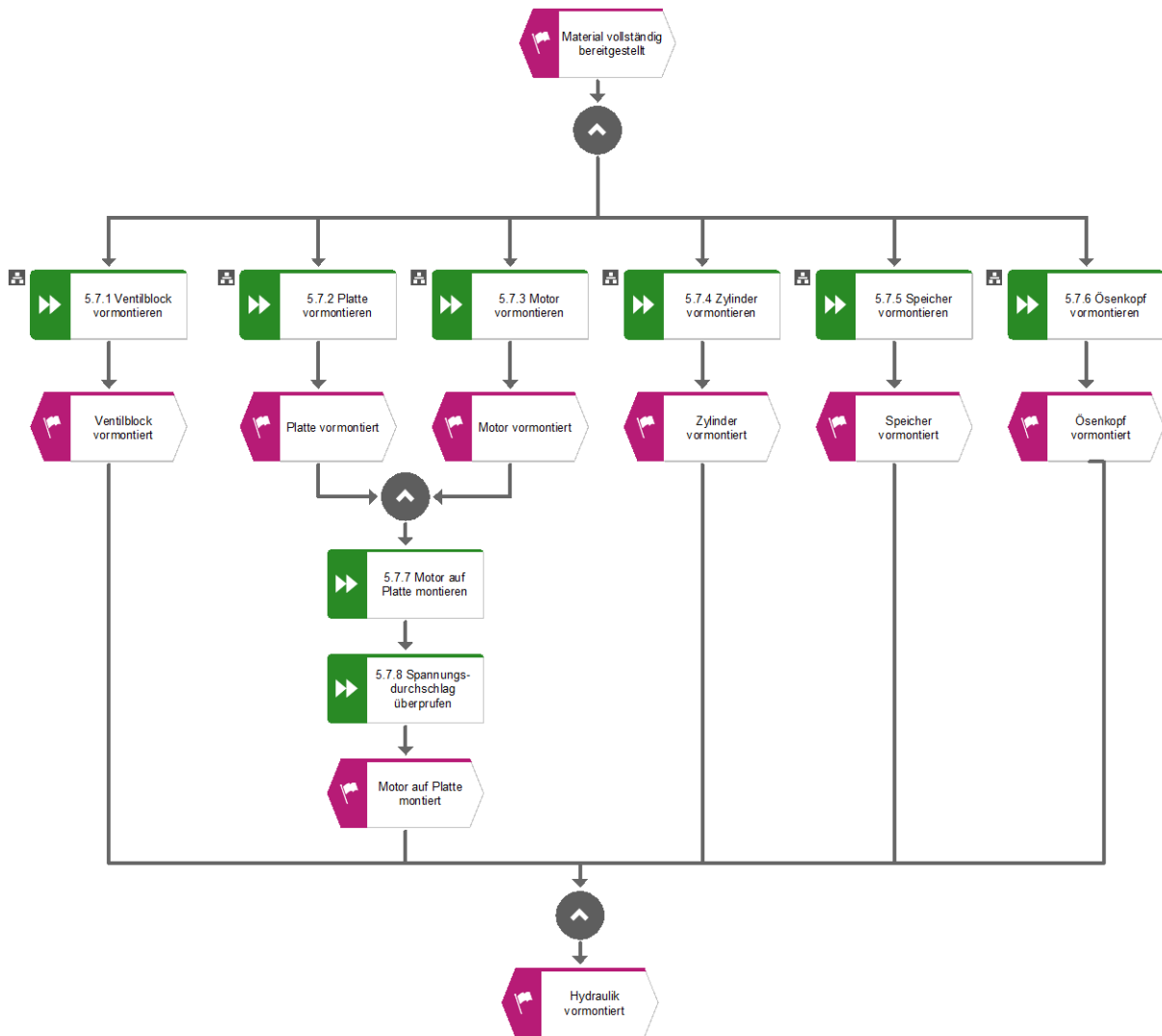


Abbildung 53: 5.7 Vormontagen Hydraulik EPK

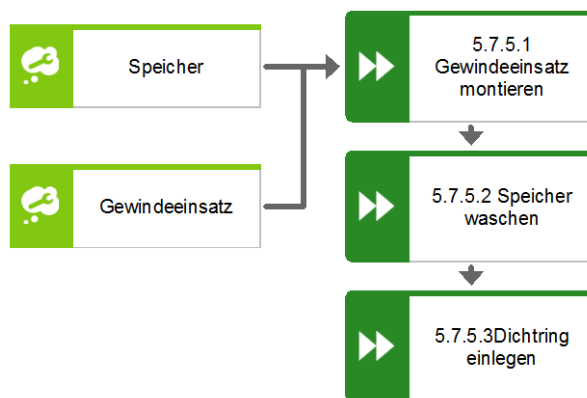


Abbildung 54: 5.7.5 Vormontage Speicher EPK mit Materialien Speicher

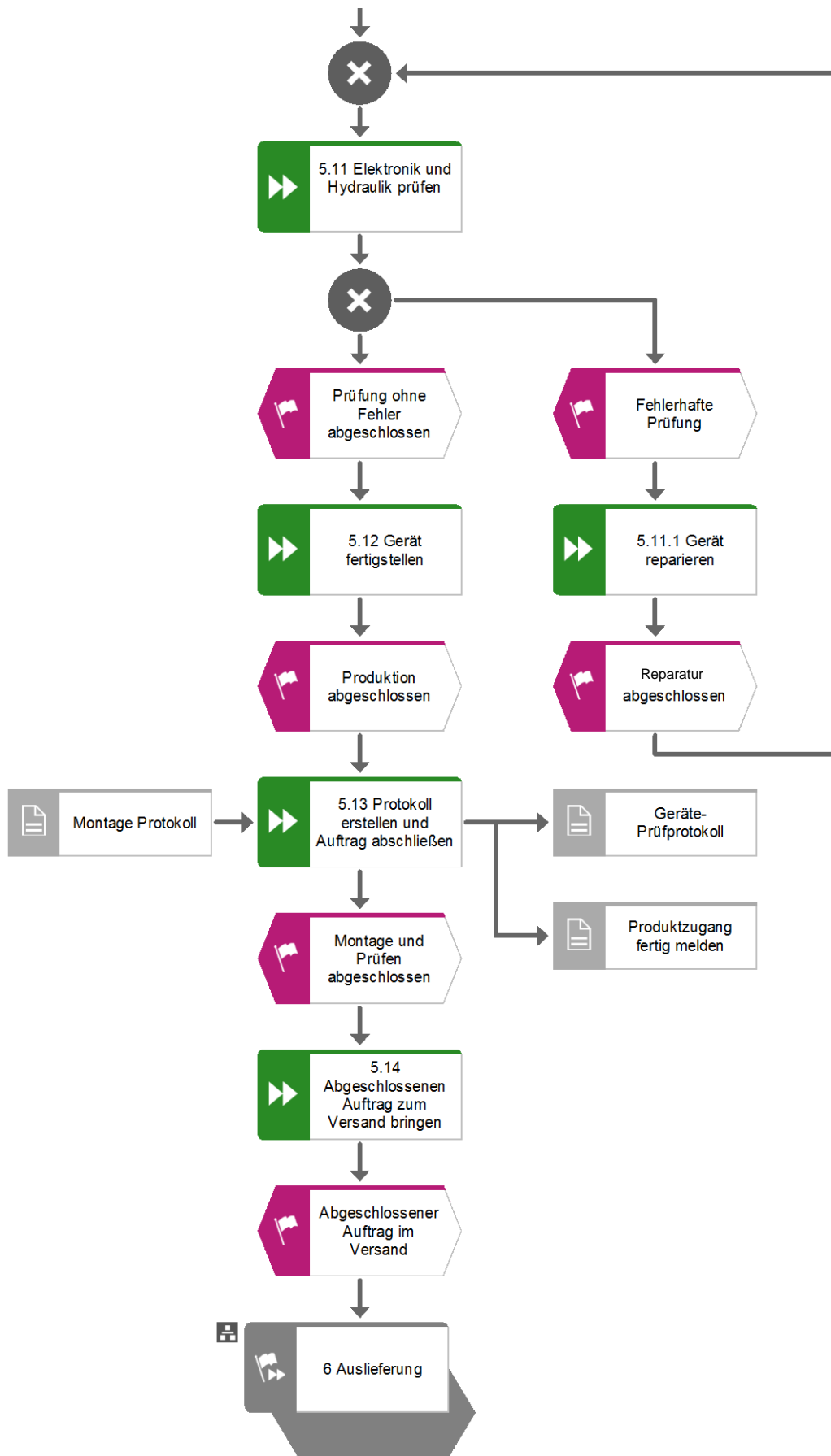


Abbildung 55: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 5

### 3.5.7 Auslieferung

Nach der erfolgten Montage und der Prüfung der Hydraulikaggregate werden die fertigen Teile an das Lager geliefert. Diese verpacken die Teile in Holzkisten mit Kunststoffeinlagen. Die fertig verpackten Waren werden im ERP-System auf Bestand gebucht. Die auf Bestand befindlichen Teile werden, dem Liefertermin entsprechend, versendet. Die Lieferung von 16-20 Stück der Hydraulikaggregate erfolgt einmal wöchentlich.

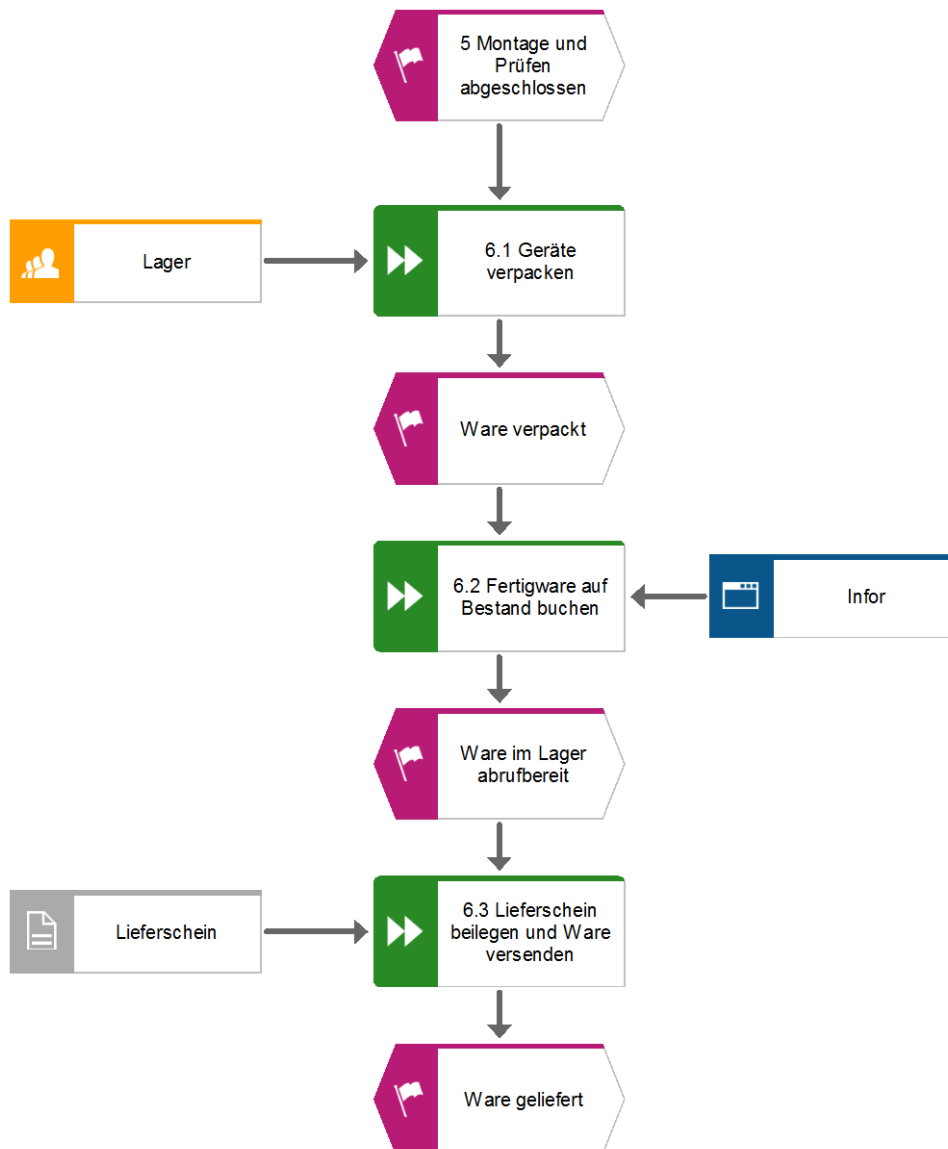


Abbildung 56: 6 Auslieferung EPK

## 3.6 Quantitative Prozessanalyse

Ausgangsbasis der quantitativen Prozessanalyse ist die detaillierte qualitative Prozessanalyse. Ausgewählte Prozesse werden in der quantitativen Prozessanalyse bewertet. Diese Arbeit legt den Fokus der quantitativen Prozessanalyse auf die Produktionsprozesse. Die in der Wertstromanalyse beschriebenen Prozesse können über die Nummerierung eindeutig den Prozessmodellen der qualitativen Prozessanalyse zugeordnet werden.

### 3.6.1 Wertstromanalyse

#### Kundentakt

Die Jahresgesamtstückzahl beträgt für das Jahr 2015 266 Stück der Serie Roco sowie 459 Stück der Serie Zefiro. Die zwei Serien werden als eine Produktfamilie betrachtet. Die Jahresstückzahlen sind gut prognostizierbar, da die Anzahl der zu liefernden Geräte vertraglich festgelegt ist. Die verfügbare Betriebszeit errechnet sich aus 45 Produktionswochen mit jeweils 38,5 Stunden Arbeitszeit pro Woche. Die persönlichen Verteilzeiten werden abgezogen. Diese werden firmenintern mit 10% angegeben.

$$KT_{15} = \frac{\text{verfügbare Betriebszeit pro Jahr [min]}}{\text{Kundenbedarf pro Jahr [Stk.]}} = \frac{45 \text{ Wochen} * 38,5 \text{ h} * 0,9}{266 + 459} = 129 \text{ min}$$

#### Formel 6: Kundentakt 2015 Liebherr Hydraulik Aggregate

Der Kundentakt mit 129 Minuten pro Stück ergibt 16 Stück pro Woche. Die jetzige Produktion mit 16 bis 20 Stück liegt sehr nahe am Kundentakt und damit an der Just in Time-Bereitstellung. Die Lagerung von Endprodukten wird zum Großteil vermieden, Ausnahmen ergeben sich nur während der Urlaubszeiten und Feiertage.

Für 2016 mit einer Stückzahl von 400 Stück der Serie Roco und 190 Stück der Serie Zefiro errechnet sich der Kundentakt wie folgt:

$$KT_{16} = \frac{\text{verfügbare Betriebszeit pro Jahr [min]}}{\text{Kundenbedarf pro Jahr [Stk.]}} = \frac{45 \text{ Wochen} * 38,5 \text{ h} * 0,9}{400 + 190} = 159 \text{ min}$$

#### Formel 7: Kundentakt 2015 Liebherr Hydraulik Aggregate

Der Kundentakt mit 159 Minuten pro Stück ergibt eine wöchentliche Stückzahl von 13 Stück für 2016. Um die Urlaubszeit, Lieferprobleme und Krankenstand auszugleichen, empfiehlt sich eine Wochenproduktion von 14 oder 15 Stück.

**Produktionsprozesse** Der erste Eindruck vom Shop Floor vermittelt das Bild eines Lagers für Klimageräte. Mitarbeiter sind zunächst nicht zu sehen. Das Hauptprodukt dieses Werkes sind Bahn-Klimageräte, die einen hohen Platzbedarf erfordern. Das Lager der fertigen Hydraulikaggregate ist im Vergleich klein. Der Prozessablauf stellt sich flussaufwärts folgendermaßen dar (Abbildung 58: Wertstromanalyse):

- **6.1 Verpacken + Einlagern** Die fertigen Aggregate kommen auf Wagen mit maximal 10 Stück zur Verpackung. Ein Mitarbeiter hebt die Produkte in eigene Transportkisten, die mit Kunststoffeinlagen ausgelegt sind. Die Kosten pro Kisten sind mit 100 € nicht unerheblich. Die Prozesszeit mit 30 Minuten ergibt sich zum großen Teil aus dem Suchen der Kunststoffeinlagen. Die verpackten Produkte werden im Lager auf Bestand gebucht und können ab diesem Zeitpunkt versendet werden.
- **5.12 Endausfertigung + 5.13 Protokolle erstellen** Zur Korrosionsvermeidung werden die Geräte an den Kanten mit Korrosionsschutz versehen. Die Lager werden eingefettet und die restlichen Hinweisschilder aufgeklebt. Die Arbeiten der Endausfertigung können zum Teil während des automatischen Prüfvorgangs durchgeführt werden. Das Fertigstellen der Protokolle erfolgt, während der Prüfautomat still steht.
- **5.11 Elektronik und Hydraulik prüfung** Die mechanische Prüfung erfolgt am Prüfautomat. Während eines 50 Minuten dauernden Zyklus werden die Funktionen der Hydraulikaggregate überprüft und die Software aufgespielt. Vor der mechanischen Überprüfung wird eine elektrische Durchgangsprüfung ausgeführt. Die Maschinenzuverlässigkeit beträgt 95 %, die Maschine wird zwei Wochen im Jahr gewartet. Vor der Prüfanlage befindet sich ein Transportband, welches als Zwischenlager verwendet wird. Auf diesem Transportband lassen sich bis zu 25 Geräte lagern. Sollte der Prüfvorgang nicht erfolgreich sein, wird das Gerät in der Abteilung zerlegt und repariert.
- **5.10 Hydraulik Aktuator mit Öl befüllen** Das Befüllen mit Öl erfolgt am Transportband und benötigt 11 Minuten. Die Füllmenge wird notiert, diese Notiz wird aber nicht weiter verwendet.
- **5.9 Montieren des Hydraulik-Aktuators** Die Montage der Geräte benötigt ca. 30 Minuten (Details siehe 3.6.7) und findet auf drehbaren Montagewagen statt. Es werden fünf Geräte gleichzeitig montiert. Teilweise befinden sich Werkzeug und Material nicht im Bereich des Arbeitsraums. Die verbauten Teile werden dokumentiert und im Protokoll vermerkt.
- **5.7 Vormontage Hydraulik** Die Vormontagen finden parallel statt. Die Koordination der Mitarbeiter ist nicht gesteuert. Die Zuteilung des Teams erfolgt selbstständig. Es fällt auf, dass häufiger Material fehlt. Eine Übersicht, wer wo arbeitet, ist nur schwer möglich. Die MMA im folgenden Kapitel untersucht diese Tatsache. Die internen Materialtransporte sind nicht optimal, da es an geeigneten Transportwagen fehlt. Das Kanban Lager ist nur zu einem kleinen Teil gefüllt. Die Anlieferung der restlichen Teile erfolgt in Schütten. Bei 135 verschiedenen Teilen ist der Aufwand zu kommissionieren sehr groß.
- **6.8 Vormontage Elektronik** Diese findet in einem getrennten Bereich statt, die Anlieferung des Materials ist nicht festgelegt und dadurch teilweise chaotisch.

Die Fertigung erfolgt in einer Losgröße von sechs bis zehn Stück. Der Arbeitsplatz ist nicht optimal ausgerüstet.

- **5.3 Kommissionieren** Das Kommissionieren wird von der Abteilung Lager bewerkstelligt. Zum Kommissionieren im Lager werden so genannte Kommissionier-Wägen verwendet. Für den Transport zur Produktion werden die Materialien auf so genannte A-Wägen umsortiert. Ein Teil der Materialien wird auf Europoolpaletten geliefert. Es fällt auf, dass fast alle Teile in einzelnen Schütten geliefert werden. Das Kanban-Lager besteht aus 10 verschiedenen Teilen.
- **4.5 Einlagern** Hier erfolgt das Einlagern der Materialien ins Lager.
- **4.3 Wareneingangskontrolle** Nach der Anlieferung erfolgt die Wareneingangskontrolle. Hier werden Qualitätsmerkmale stichprobenartig überprüft.

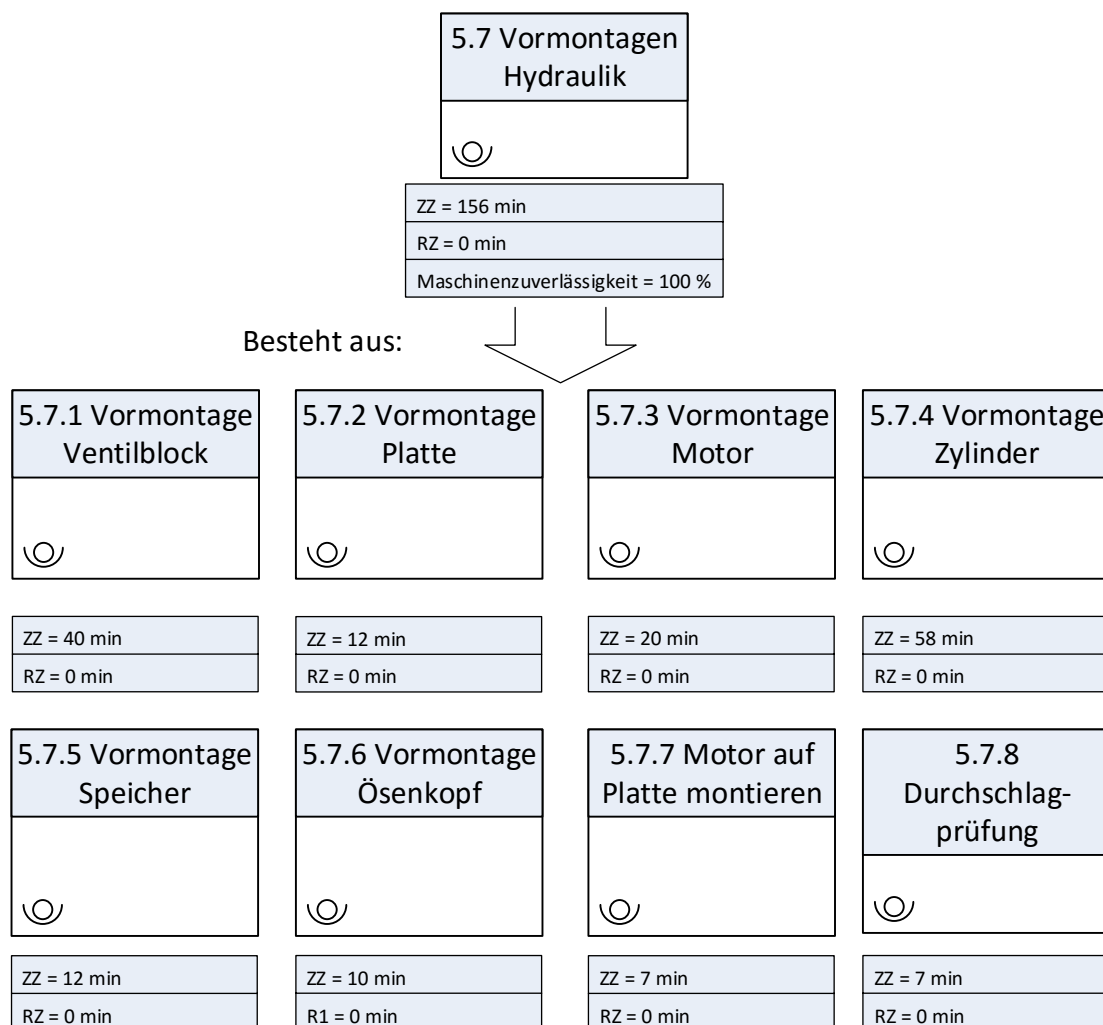


Abbildung 57: 5.7 Vormontage Hydraulik Darstellung Wertstromanalyse

- **5.7.1 Vormontage Ventilblock** Die Ventile werden zuerst mit der Handpresse eingepresst und dann an der Pressanlage eingestemmt. Danach werden die Ventilblöcke gewaschen, fertig montiert und an der Hydraulikanlage kalibriert. Diese Vormontagen werden an unterschiedlichen Arbeitsplätzen durchgeführt.
- **5.7.2 Vormontage Platte** Die Gewinde der Platte werden mit Gewindeeinsätzen verstärkt, danach erfolgt das Waschen der Platte. Die Ventile werden eingepresst und an einer Prüfanlage drei Minuten überprüft.
- **5.7.3 Vormontage Motor** Die Kabel werden vercrimpt und mit einer Dichtung versehen. Die Crimpkontakte sind teilweise mit zu kleinem Durchmesser ausgeführt, was zu einem aufwendigen Fügen führt.
- **5.7.4 Vormontage Zylinder** Die Vormontage der Zylinder erfolgt im Bereich der Endmontage. Die Vorrichtungen für die Vormontage des Zylinders werden auch in der Endmontage verwendet. Die notwendigen Bauteile werden vor dem Einbau gewaschen. Die Produktion erfolgt in Sechser-Losen.
- **5.7.5 Vormontage Speicher** Für die Vormontage des Speichers ist kein Arbeitsplatz definiert. Diese erfolgt in der Nähe der Waschanlage auf einem Wagen. Die Gewindeeinsätze werden eingeschraubt. Die Speicher werden gewaschen und der Dichtring wird eingesetzt.
- **5.7.7 Motor auf Platte montieren** Vormontierte Motoren und Platten werden verschraubt. Die fertig montierte Baugruppe wiegt 29,3 kg und wird nur von einem Arbeiter gehandhabt.
- **5.7.8 Durchschlagprüfung** Durchschlagsprüfung der Motorkabel, wird am Prüfgerät, welches auch bei der Prüfung nach der Montage verwendet wird, durchgeführt.
- **5.7.6 Vormontage Ösenkopf** Das Sphärolager wird in das Ösenkopf-Gehäuse gepresst. Diese Vormontage findet nicht in der Hydraulikmontage statt.

Für die Produktionsprozesse wurden die Zykluszeiten ZZ und die Rüstzeiten RZ aufgenommen. Die Maschinenzuverlässigkeit des Prüfautomaten wurde anhand der Daten aus der Qualitätssicherung ermittelt. Die gesamten Daten sind in der Wertstromanalyse eingetragen. Die gesamte Bearbeitungszeit beträgt 371 Minuten. Zusätzlich zu dieser Zeit kommen noch die notwendigen Zeiten für das Materialhandling hinzu.

**Materialfluss** Am Tag der Bestandsaufzeichnung lagen 25 Geräte auf Lager, die am selben Tag noch versendet wurden. Der Vormontage und die Montage hatten keine Materialien verfügbar und konnten nicht produzieren. Lieferzeitpunkt der Materialien ist teilweise am Tag der Produktion. Am Wareneingang wird nicht nach Prioritäten eingelagert – so kann es vom Wareneingang zur Produktionsanlieferung bis zu zwei Tagen dauern. Die errechnete Durchlaufzeit beträgt 14,3 Tage.

**Geschäftsprozesse** Die Liebherr-Transportation Systems GmbH fertigt nur nach Aufträgen. Mit den Hauptkunden bestehen langfristige Verträge, diese ermöglichen eine gute Planbarkeit der gesamten Produktion. Neue Bestellungen oder Bestelländerungen werden über einen SOP-Rundlauf (sales operations planning) überprüft. In diesem SOP-Rundlauf müssen die an der Produktion beteiligten Abteilungen die Machbarkeit des Auftrags überprüfen. Die Serienmontage wird über die Abteilung Produktionsplanung und Steuerung in Absprache mit der Abteilung Industrialisierung gesteuert. Die Abteilung Hydraulik wird, im Gegensatz zur restlichen Produktion, von der Abteilung Industrialisierung geleitet. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die Abteilung Industrialisierung den neuen Produktionsaufbau der Hydraulik geführt hat. Diese Zuständigkeit ist seitdem in der Abteilung geblieben. Der Leiter der Industrialisierung gilt als produktionsverantwortlich für die Hydraulik, obwohl das im Organigramm nicht dargestellt wird. Die Personalverantwortung trägt der Meister der Produktion, obwohl dieser keinen Einblick in die Fertigung hat. Durch diese Konstellation gibt es keinen Personalaustausch mit anderen Abteilungen im Werk.

**Auftragsabwicklung** Nach dem Fertigstellen und dem Verpacken der Produkte erscheinen diese im System als Bestand auf. Die Auftragsabwicklung führt die restlichen Schritte, um den Versand zu bewerkstelligen, aus. Zur Lieferung werden Lieferschein, Prüfzeugnis und Prüfprotokolle beigefügt. Bei erfolgter Lieferung erhält der Kunde eine Lieferinformation.

**Produktionsplanung und Steuerung** Die Produktionsplanung und Steuerung prüft und überführt die vom ERP System im MRP-Lauf (manufacturing resources planning) erstellten Planungsvorschläge. In Abstimmung mit der Abteilung Industrialisierung erfolgt die Feinplanung der Abteilung Hydraulik. Zu Beginn des Produktionsauftrages werden die Dokumente Produktionsauftrag, Auftragsmeldeschein, Materialliste und technische Stückliste gedruckt und dem Lager zur Verfügung gestellt. Das Lager kommissioniert nach der Materialliste und legt die Dokumente bei. Von da an wird der Auftrag durch die Produktion „gepusht“. Rückmeldungen der Produktion an die Produktionsplanung und Steuerung erfolgen durch das Melden der fertigen Arbeitsgänge. Die zu meldenden Arbeitsgänge überlappen sich teilweise, da in unterschiedlichen Losgrößen gefertigt wird. Es wurde festgestellt, dass teilweise die Arbeitsgänge des kompletten Auftrags gleichzeitig fertig gemeldet werden. Dies führt dazu, dass die vom System aufgenommenen Zeiten unbrauchbar sind und keine Übersicht durch das System möglich ist. Drei der sechs Unterbaugruppen (Ösenkopf, Ventilblock und Elektronik-Gehäuse) werden als eigene Produktionsaufträge geführt. Nach dem Vergleich der Soll-/Ist-Zeiten im System konnte festgestellt werden, dass die Systemzeiten teilweise abweichen. Für die Wertstromanalyse wurden die Prozesszeiten neu aufgenommen.



**Supply Chain** Die Abteilung Supply Chain ist für den Einkauf zuständig. Da im Werk nur montiert wird, entsteht ein Großteil der Kosten bei den Zulieferern (85% der Herstellkosten entstehen durch die Materialkosten, 15% der Gesamtkosten entstehen durch die Montage). Der Einkauf bestellt nach den Bedarfsvorschlägen, die im MRP-Lauf ermittelt wurden.

Die in der Abbildung 61 gezeigte Wertstromanalyse beschreibt die Hydraulikmontage. Die Prozesszeiten wurden über mehrere Messungen aufgenommen. Die Wertstromanalyse beschreibt beide Serien, da die Herstellung sehr ähnlich ist. Die Abbildung 61 wurde in Microsoft Visio mit der Vorlage „Wertstromzuordnung“ erstellt.

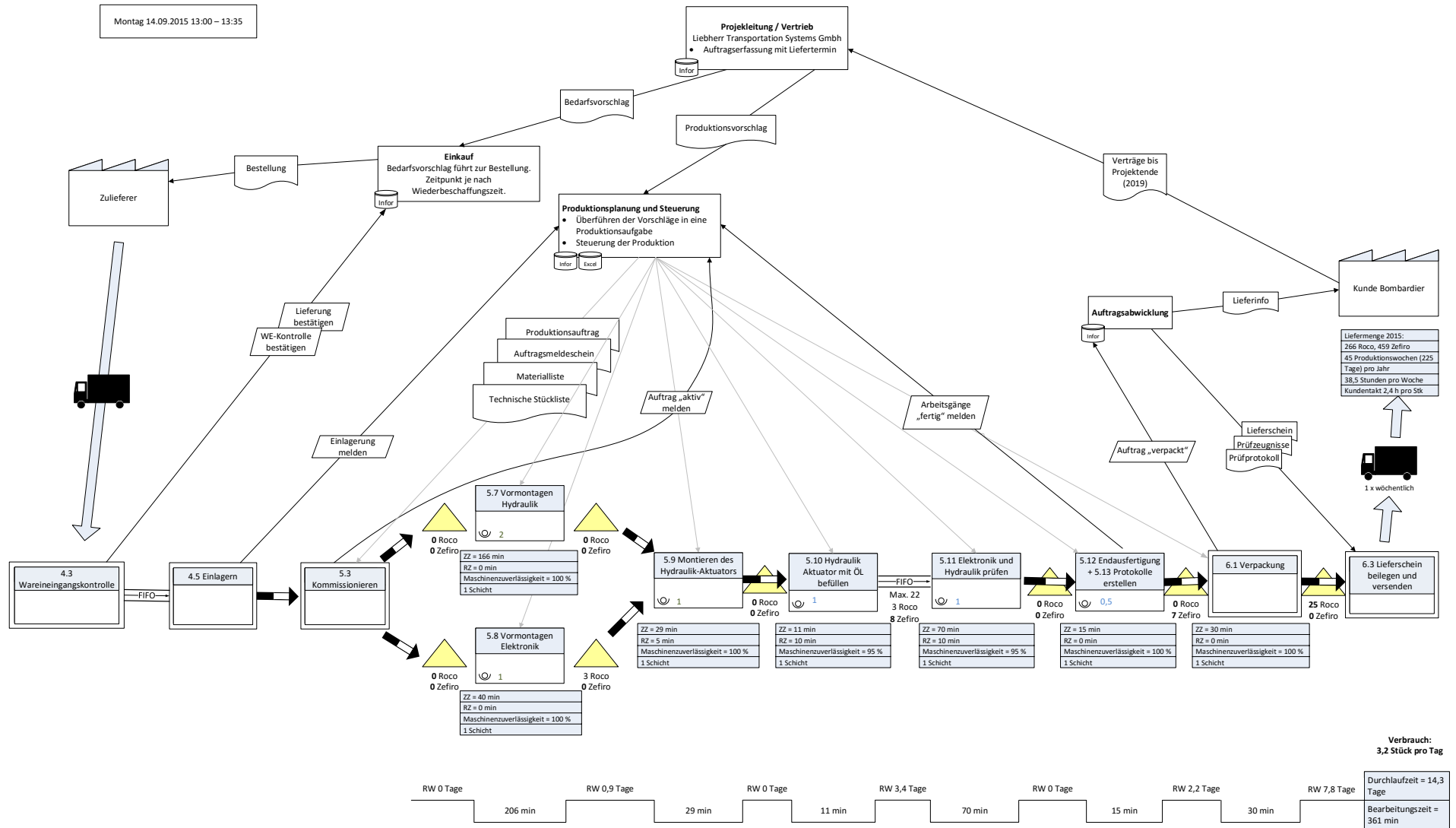


Abbildung 58: Wertstromanalyse

### 3.6.2 Kennzahlen

Ein wesentlicher Teil der Prozesskennzahlen ist in der Wertstromanalyse dargestellt. Zusätzlich zu dieser wurden zwei Multimomentaufnahmen (MMA) durchgeführt. Der Prüfautomat (Prozess 5.11 Elektronik und Hydraulik prüfen) gilt als Engstelle der Produktion, das heißt, dieser würde die minimal-mögliche Taktzeit auf die Prozesszeit des Prüfens begrenzen. Der MMA-Prüfautomat versucht, die unterschiedlichen Betriebszustände am Prüfautomat, besonders im Hinblick auf wertschöpfende Arbeit (Prüfen) und nicht-wertschöpfende Arbeiten (z.B. Dokumente ausfüllen), abzubilden.

Bei mehreren Durchgängen durch die Produktion entstand der Eindruck, dass die Arbeitsplätze der Vormontage und der Montage nicht immer besetzt sind. Die zweite MMA versucht, die Auslastung der Arbeitsplätze zu beschreiben.

### 3.6.3 Multimomentaufnahme Vorgehensweise

Die MMAs wurden nach den REFA-Standardvorgaben durchgeführt. Der Rundgang wurde so festgelegt, dass für beide Multimomentaufnahmen nur ein Durchgang notwendig ist. Folgender Ablauf wurde angewendet:

1. Ziel festlegen
2. Ablaufarten festlegen und beschreiben
3. Notierung vorbereiten
4. Rundgangsplanung
5. Technische und organisatorische Vorbereitung
6. Probelauf
7. Testrundgänge
8. Notierungen weiterführen
9. Kontinuierliche Auswertung
10. Endauswertung

### 3.6.4 Multimomentaufnahme Wertschöpfung am Prüfautomat

Datum	24.07.2015		21.10.2015		Auswertung		
	09:15	09:27	09:23	14:13			
Zeit	1	2	113	114	Summe	Verteilung	Teilsummen
Prozesstyp	1	2	113	114			
Manuelles Prüfen					6	5,26%	
Automatisches Prüfen				1	19	16,67%	
Beladen					7	6,14%	
Messwert eingeben					5	4,39%	
Deckel zuschrauben		1			2	1,75%	
Entladen und Ablegen					7	6,14%	40,35%
Wartezeit d. Endausfertigung					12	10,53%	
keine Teile					0	0,00%	
kein Personal					15	13,16%	
Persönliche Unterbrechung					6	5,26%	
Protokolle ausfüllen	1		1		21	18,42%	
Protokolle drucken					3	2,63%	50,00%
Besprechung Vorgesetzter					3	2,63%	
QS Unterbrechung/ Schulung					5	4,39%	
Umrüsten					3	2,63%	9,65%
Summe	1	1	1	1	114	100,00%	100,00%

**Tabelle 3: MMA-Prüfen grün: Wertschöpfung, rot: Verschwendung, orange: zusätzl. Tätigkeiten**

Die Tabelle 3 zeigt das Ergebnis der Multimomentaufnahme zur Ermittlung der wertschöpfenden Tätigkeiten am Prüfautomat. Ausgewertet wurden 114 Aufnahmen zwischen 24.07. 2015 und 21.10. 2015. Die Werte 3-112 sind ausgeblendet. Die grün markierten Tätigkeiten beschreiben die wertschöpfenden Arbeiten. Rot markiert sind Tätigkeiten, die nicht wertschöpfend sind, das heißt, der Prüfstand ist nicht in Betrieb. Gelb markiert sind die zusätzlichen Tätigkeiten am Prüfstand. Die Vermutung, dass viel Zeit für Protokolle verwendet wird, hat sich bestätigt.

### 3.6.5 Multimomentaufnahmen Auslastung der Arbeitsplätze

Datum	03.09.2015		07.09.2015				21.10.2015			Auswertung		
Zeit	09:34	10:28	08:34	08:46	09:51	10:07	08:34	09:23	14:13	Summe	Anteil	
Aufzeichnung Nr.	1	2	3	4	5	6	88	89	90			
Arbeitsplatz besetzt?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja		
Ventilblock	0	0	0	0	0	0	1	0	1	18	20,00%	
Waschanlage	0	0	0	0	0	0	1	0	0	26	28,89%	
Motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	24,44%	
Zylinder	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23	25,56%	
Elektronik-Gehäuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	23,33%	
Montage	1	0	1	1	1	1	1	1	0	59	65,56%	
Öl Befüllung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	8,89%	
Prüfen+Endausf.	1	1	1	0	1	0	1	1	1	64	71,11%	
Nacharbeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7,78%	
Summe	4	3	3	2	3	2	5	3	3	248	275,56%	

**Tabelle 4: MMA-Auslastung Arbeitsplätze**

Die Tabelle 4 zeigt das Ergebnis der Multimomentaufnahme zur Ermittlung der Auslastung der Hydraulikmmontage. Ausgewertet wurden 90 Aufnahmen zwischen 3.9. 2015 und 21.10. 2015. Die Werte 7-87 sind ausgeblendet. Beim Durchgang wurden nur jene Arbeitsplätze mit 1 markiert, an denen ein Arbeiter tätig war. Der Gesamtwert von 275,56% bedeutet, dass im Durchschnitt drei Arbeitsplätze immer besetzt sind. Bei vier bis fünf Arbeitern ist dieser Wert zu niedrig. Als Gründe dafür gelten häufiges Materialholen, Servicearbeiten und Überkapazitäten.

### 3.6.6 Auswertung der rückgemeldeten Auftragszeiten

Jeder Produktionsauftrag wird im System rückgemeldet. Für die Serien Roco und Zefiro gibt es jeweils einen Hauptauftrag und Aufträge für die Vormontagen Ventilblock, Elektronik-Gehäuse und Ösenkopf, die zurückgemeldet werden. Die Vormontagen Motor und Platte und Zylinder werden über den Hauptauftrag gefertigt.

In den jeweiligen Aufträgen werden die Arbeitsgänge an das System gemeldet. Die vier Arbeitsgänge des Hauptauftrags sind Waschen, Montage, Prüfen, Endausfertigen. Die Vormontagen Ventilblock, Ösenkopf und Elektronik-Gehäuse enthalten nur einen Arbeitsgang.

Das jetzige System ist nicht transparent, da die Arbeitsgänge nicht dem tatsächlichen Produktionsablauf. Z. B. erfolgt die Montage gleichzeitig mit dem Waschvorgang, da die Waschanlage 30 Minuten läuft und keine Arbeiter benötigt. Die Endausfertigung erfolgt teilweise während des Prüfens.

Die Auswertungen und Kontrollen der Ist-Zeiten erfolgten nur an den fertiggestellten Hauptaufträgen. Die Ist-Zeiten der Vormontagen Ventilblock, Ösenkopf und Elektronik-

Gehäuse wurden nicht kontrolliert obwohl diese als eigene Aufträge im System rückgemeldet wurden.

Die erste Auswertung des Soll-Ist-Vergleichs der Vormontagen erfolgte im September 2015. Hier wurde festgestellt, dass die Soll-Zeit für die Vormontage des Ventilblocks mit 13 min falsch war. Diese wurde auf 60 min erhöht (Sprung in der Sollzeit-Kennlinie der Abbildung 61).

Die Abbildung 58 zeigt die Auswertung des Soll-Ist-Vergleichs für das Jahr 2015. Erstellt wurde die Auswertung im Dezember 2016.

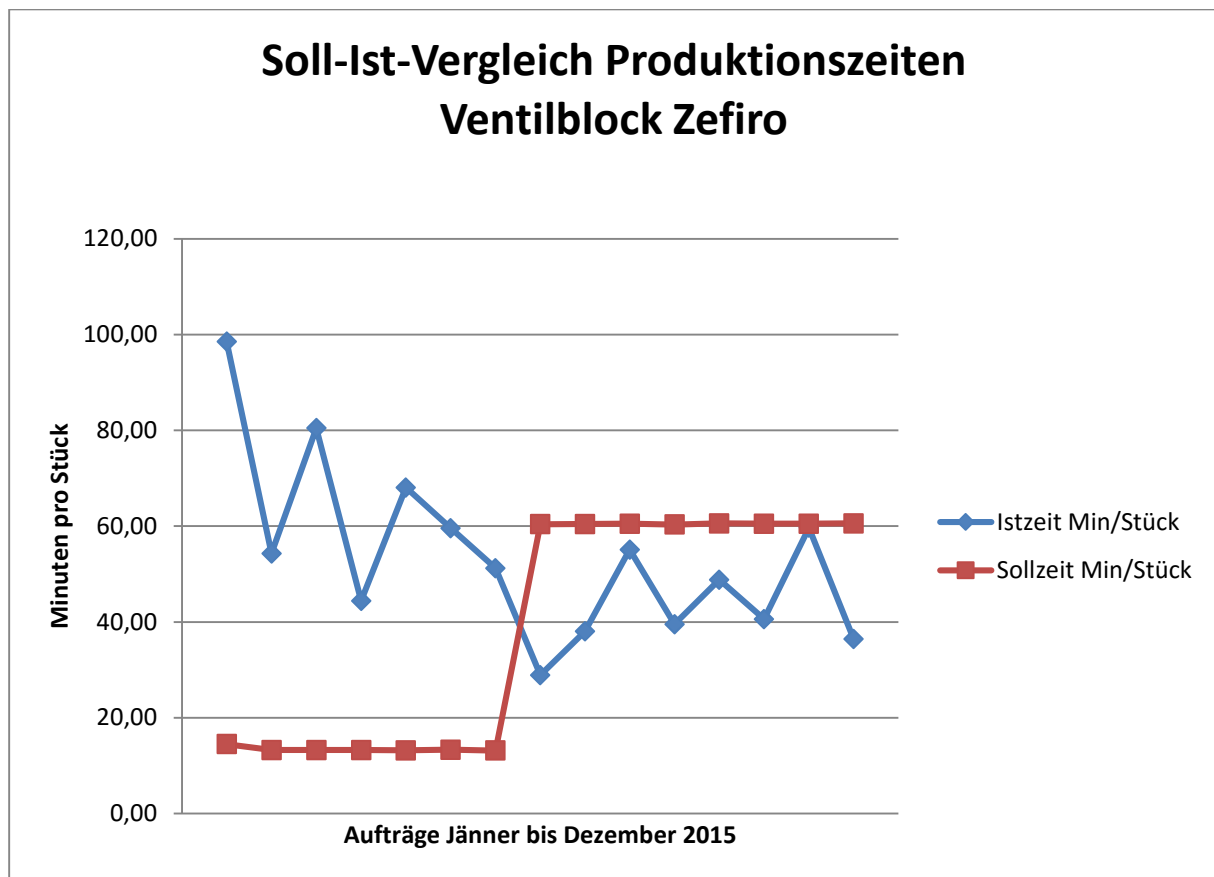


Abbildung 59: Soll-Ist-Vergleich Produktionszeiten Ventilblock der Aufträge 201

### 3.6.7 Aufnahme der Prozesszeiten-5.9 Montieren des Hydraulik-Aktuators

Im Prozess 5.9 werden alle vormontierten Teile zusammgebaut. Um den Montageprozess besser zu verstehen, wurde dieser Bereich genauer als die restlichen Prozessschritte analysiert. Die jetzige Produktion findet in Fünfer-Losgrößen auf Montagewagen statt. Dieser Losgrößenfertigung wurde die Einzelmontage von fünf Endprodukten gegenübergestellt.

Arbeitsgang	Gerät 1 in min		Gerät 2 in min		Gerät 3 in min		Gerät 4 in min		Gerät 5 in min		Mittelwert Zeit Dokumente ausfüllen je Gerät	Mittelwert Montagezeit je Gerät
	Zeit Dokumente ausfüllen	Montagezeit	Zeit Dokumente ausfüllen	Montagezeit	Zeit Dokumente ausfüllen	Montagezeit	Zeit Dokumente ausfüllen	Montagezeit	Zeit Dokumente ausfüllen	Montagezeit		
Zylinder montieren (je 6 Schrauben)		3,45		3,15		3,15		3,50		3,48		3,35
Kupplung und Pumpe montieren		2,38		1,55		1,50		1,58		1,92		1,79
Dokumente ausfüllen	0,17		0,10		0,33		0,23		0,23		0,21	
Vorrichtung drehen		0,03		0,05		0,07		0,08		0,06		0,06
Pumpe montieren (je 2 Anschlüsse)		1,00		0,97		0,85		0,97		1,00		0,96
Langes Rohr am Zylinder montieren		0,27		0,33		0,30		0,45		0,52		0,37
Vorrichtung drehen		0,03		0,03		0,05		0,06		0,05		0,04
Pumpe montieren (je 2 Anschlüsse)		0,68		0,62		0,60		0,68		0,67		0,65
2 Rohre an Pumpe montieren		2,08		2,28		2,33		2,23		2,47		2,28
Dokumente ausfüllen	0,10		0,10		0,12		0,12		0,15		0,12	
Speicher montieren		2,00		1,93		1,83		1,97		1,95		1,94
Dokumente ausfüllen	0,08		0,13		0,23		0,16		0,18		0,16	
Vorrichtung drehen		0,05		0,07		0,08		0,06		0,10		0,07
Speicher und Widerstandsthermometer montieren		1,92		1,97		1,78		1,70		1,53		1,78
Filter montieren (auspacken)		0,47		0,47		0,42		0,62		0,60		0,52
Dokumente ausfüllen (Positionssensor)	0,33		0,30		0,47		0,23		0,27		0,32	
Positionssensor montieren		0,37		0,35		0,40		0,63		0,28		0,41
Filter und Positionssensor verschrauben		1,20		1,25		1,30		1,28		1,23		1,25
Ventilblöcke montieren		0,83		0,83		0,67		0,68		0,78		0,76
Dokumente den Ventilblöcken zuordnen	0,50		0,40		0,42		0,30		0,27		0,38	
Dokumente ausfüllen	0,20		0,08		0,08		0,20		0,18		0,15	
Ventilblöcke montieren		0,83		0,73		0,62		0,65		0,75		0,72
Dokumente ausfüllen	2,78		2,87		2,90		2,80		2,97		2,86	
Deckel montieren		2,67		2,67		2,67		2,70		2,63		2,67
Dokumente ausfüllen	0,22		0,22		0,22		0,40		0,22		0,26	
Vorrichtung drehen		0,10		0,07		0,07		0,06		0,06		0,07
Faltenbalg montieren		0,60		0,63		0,60		0,53		0,43		0,56
Krepp zuschneiden und Dokumente an Gehäuse kleben	0,57		0,75		0,60		0,70		0,68		0,66	
Kolben montieren und Gestell zum Förderband stellen		2,50		2,50		2,27		2,55		2,40		2,44
Gerät mit Kran auf Förderband legen, Gestell wegstellen		1,40		1,22		1,12		1,10		1,03		1,17
<b>Summe</b>	<b>4,95</b>	<b>24,86</b>	<b>4,95</b>	<b>23,67</b>	<b>5,37</b>	<b>22,68</b>	<b>5,14</b>	<b>24,08</b>	<b>5,15</b>	<b>23,94</b>	<b>5,11</b>	<b>23,85</b>
	<b>29,81</b>		<b>28,62</b>		<b>28,05</b>		<b>29,22</b>		<b>29,09</b>		<b>28,96</b>	

Abbildung 60: Zeitaufnahme Montage Roco fünf Geräte einzeln

Arbeitsgang	Zeit für 5 Geräte		Zeit für 1 Gerät	
	Summe Dokumente ausfüllen in min	Summe Montagezeit in min	Dokumente ausfüllen je Gerät in min	Montagezeit je Gerät in min
Zylinder montieren (je 6 Schrauben)		15,60		3,12
Kupplung und Pumpe montieren		9,20		1,84
Dokumente ausfüllen	0,50		0,10	
Vorrichtung drehen		0,20		0,04
Pumpe montieren (je 2 Anschlüsse)		4,20		0,84
Langes Rohr am Zylinder montieren		1,10		0,22
Vorrichtung drehen		0,20		0,04
Pumpe montieren (je 2 Anschlüsse)		4,00		0,80
2 Rohre an Pumpe montieren		10,60		2,12
Dokumente ausfüllen	0,90		0,18	
Speicher montieren		8,00		1,60
Dokumente ausfüllen	1,50		0,30	
Vorrichtung drehen		0,40		0,08
Speicher und Widerstandsthermometer montieren		6,40		1,28
Filter montieren (auspacken)		1,60		0,32
Dokumente ausfüllen (Positionssensor)	0,90		0,18	
Positionssensor montieren		2,00		0,40
Filter und Positionssensor verschrauben		8,00		1,60
Ventilblöcke montieren		2,10		0,42
Dokumente den Ventilblöcken zuordnen	1,80		0,36	
Dokumente ausfüllen	0,80		0,16	
Ventilblöcke montieren		6,80		1,36
Dokumente ausfüllen	15,50		3,10	
Deckel montieren		13,35		2,67
Dokumente ausfüllen	1,10		0,22	
Vorrichtung drehen		0,40		0,08
Faltenbalg montieren		2,10		0,42
Krepp zuschneiden und Dokumente an Gehäuse kleben	3,10		0,62	
Kolben montieren und Gestell zum Förderband stellen		13,80		2,76
Gerät mit Kran auf Förderband legen, Gestell wegstellen		6,25		1,25
<b>Summe</b>	<b>26,10</b>	<b>116,30</b>	<b>5,22</b>	<b>23,26</b>
		<b>142,40</b>		<b>28,48</b>

Abbildung 61: Zeitaufnahme Roco fünf Geräte gleichzeitig



## 4 Ergebnisse

Ziel dieser Diplomarbeit war es, eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden zur Prozessanalyse in Produktionsunternehmen zu finden und an einem Fallbeispiel zu evaluieren.

Für die qualitative Prozessanalyse wurde das ARIS-Konzept gewählt. Dieses Konzept ermöglichte die Beschreibung der Prozesse im Unternehmen und die Darstellung der Prozesslogik. Zur Darstellung der Prozessmodelle wurden ein Wertschöpfungskettendiagramm und ereignisgesteuerte Prozessketten verwendet. Durch Interviews mit Mitarbeitern und Beobachtungen im Unternehmen konnten die Prozessmodelle erstellt werden. Das Wertschöpfungskettendiagramm diente zur Darstellung der Kernprozesse, also der groben Darstellung aller Prozesse im Unternehmen. Jeder dieser Kernprozesse wurde in weiterer Folge durch ein Prozessmodell in Form einer ereignisgesteuerten Prozesskette im Detail modelliert. Mit Hilfe dieser Prozessketten wurden sowohl Geschäftsprozesse wie die Produktionssteuerung als auch die Produktionsprozesse analysiert. Jeder Prozess wurde auf Sinnhaftigkeit untersucht. Über die Prozessmodelle konnten z.B. redundante Prozesse identifiziert und unnötige Organisationswechsel (Schnittstellen) aufgezeigt werden.

Durch diese Analyse konnte die Logik der Prozesse dargestellt werden. Bei der Aufnahme der Prozesse, die in Form von mündlichen Interviews mit den Mitarbeitern erfolgte, konnten außerdem Verbesserungsvorschläge der Mitarbeiter übermittelt werden. Über diese qualitative Analyse war es möglich, die Abläufe im Unternehmen in relativ kurzer Zeit zu verstehen.

Hier sei angemerkt, dass die ARIS-Methodik auch die Funktionssicht, Datensicht und Organisationssicht behandelt. In dieser Arbeit wurden die Prozesse nur aus der Prozesssicht, welche die anderen drei Sichten verbindet, dargestellt. Die Zerteilung in die einzelnen Sichten war hier nicht notwendig, empfiehlt sich aber bei komplexen Prozessabläufen.

Eine detaillierte Bewertung, speziell für die Produktionsprozesse, wurde durch die quantitative Prozessanalyse ermöglicht. In der quantitativen Prozessanalyse wurden ausgewählte Prozesse durch Kennzahlen erweitert. Durch eine einheitliche Nummerierung der Prozesse wird die Zuordnung der Prozesse in den unterschiedlichen Analysen ermöglicht.

Zur quantitativen Prozessanalyse wurde eine Wertstromanalyse erstellt. In der Wertstromanalyse wurden die Kennzahlen Prozesszeit, Rüstzeit, Anzahl der Mitarbeiter, Bestände und Durchlaufzeit für die Produktionsprozesse aufgenommen. Die Wertstromanalyse enthält auch qualitative Aspekte der Prozessanalyse, auch sie ermög-

licht die Darstellung der logischen Prozessabfolge. Der Fokus hier liegt auf der Beschreibung von Produktionsprozessen, Geschäftsprozesse wie Produktionssteuerung werden nicht dargestellt.

Die Aufnahme der Prozesszeiten für die Wertstromanalyse ermöglichten das detaillierte Untersuchen der Produktionsschritte, dabei konnten Verbesserungsvorschläge gefunden werden.

Zur weiteren quantitativen Untersuchung wurden zwei Multimomentaufnahmen erstellt. Da die Wertstromanalyse nur eine Momentbetrachtung ist, konnten durch die Multimomentaufnahme Werte zur Auslastung von Produktionsanlagen gemessen werden.

Die Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden zur Prozessanalyse ist aus Sicht des Autors sehr gut geeignet, um eine Prozessanalyse durchzuführen. Die qualitative Prozessanalyse mit der Verwendung der ARIS-Methodik ermöglicht eine Beschreibung der Prozesse und der Ablauflogik. Durch die quantitative Prozessanalyse können gezielte Bereiche detailliert untersucht werden. Gerade bei Produktionsunternehmen kann eine Prozessanalyse dieser Form Vorteile bringen, da eine Gesamtübersicht auf alle Prozesse und die notwendige Detaillierung einzelner Prozesse ermöglicht wird.

Im Fallbeispiel Hydraulikfertigung der Liebherr-Transportation Systems GmbH ergab die Prozessanalyse folgende Ergebnisse. Die Gliederung erfolgt in Geschäftsprozesse und Produktionsprozesse. Für die kommende Umsetzung der Ergebnisse wurde ein neues Layout erstellt.

## 4.1 Ergebnisse am Fallbeispiel: Geschäftsprozesse

**Geschäftsprozesse** Die Geschäftsprozesse der Liebherr-Transportation Systems GmbH zeichnen sich durch eine hohe Standardisierung aus. Durch die Aufbauorganisation und die festgelegten Verantwortungsbereiche kommt es kaum zu Entscheidungskonflikten. Diese Tatsachen führen zu langen Entscheidungswegen und einer starren sowie unflexiblen Organisation. Es fällt auf, dass die Produktion im Werk in Korneuburg stellenweise nur zweitrangig behandelt wird. Der Fokus liegt sehr stark auf dem Tochterwerk in Bulgarien. Die Abteilungszugehörigkeit und Personalverantwortung der Hydraulik-Abteilung ist nicht korrekt definiert, laut Organigramm ist die Abteilung Montage Serie/Prototypenbau zuständig. Die Abteilung Industrialisierung hat die Führung der Hydraulik-Montage, nach der Umlagerung aus dem Schwesternwerk Lindberg und der Vorserienproduktion, noch nicht an die Abteilung Montage Serie/Prototypenbau abgegeben. Dies führt dazu, dass die Personalverantwortung zwar beim Abteilungsleiter der Montage Serie/ Prototypenbau liegt, diese aber durch den Abteilungsleiter der Prozessplanung und Industrialisierung ausgeführt wird.

**Einkauf** Die Wiederbeschaffungszeit einiger Bauteile liegt bei mehr als 100 Tagen, was zu einem starren Produktionsplan führt. Auf schwankende Bestellmengen kann man mit dem jetzigen System schlecht reagieren. Der Einkauf versorgt die Produktion Just in Time. Die Anlieferung soll fünf Tage vor Produktionsbeginn erfolgen. Die Bestandsmengen bleiben hier gering, dies führt aber auch zu unmittelbarem Produktionsstillstand bei kleinstem Lieferverzug und Reklamationen.

**Produktionssteuerung** Das ERP-System Infor erzeugt Produktionsvorschläge nach Liefertermin. Da diese keine Kapazitäten berücksichtigen, erfolgt die Feinplanung der Produktion im Werk durch die Produktionssteuerung. Anders als die restlichen Abteilungen der Produktion erfolgt die Feinplanung durch die Industrialisierung in Absprache mit der Produktionssteuerung. Die Zuordnung der fünf Arbeiter in der Hydraulik-Montage ist nicht gesteuert.

**Produktionsauswertung** Die Auswertung der Prozesszeiten erfolgt nur am Hauptauftrag. Die Vormontage-Aufträge (Elektronik-Gehäuse, Ventilblock, Ösenkopf) wurden nicht kontrolliert. Bei dieser Überprüfung konnten Abweichungen festgestellt werden. Im Rahmen des neuen Layouts sollten die Sollzeiten überprüft und angepasst werden. Die Auswertung der Aufträge erfolgt auf Kostenbasis, also als Darstellung von Produktionskosten und den zugehörigen Materialkosten. Da die Materialkosten mehr als 80% des Wertes betragen, sieht man im Diagramm den Unterschied in den Produktionskosten kaum.

## 4.2 Ergebnis am Fallbeispiel: Produktionsprozesse

**Materialversorgung** Die Anlieferung der Kleinteile über Kanban ist für 26 Teile vorgesehen. Die beiden Serien teilen sich 88 Gleichteile, von denen ein Großteil C-Teile sind. Diese würden sich ebenfalls über Kanban versorgen lassen.

Die jetzige auftragsbezogene Kommissionierung nimmt viel Zeit in Anspruch, da für jeden Auftrag auch die Kleinteile neu kommissioniert werden müssen. Nach dem Kommissionieren werden die Teile auf so genannte A-Wagen umgeladen. Diese Wagen sind zu groß und im Lager zu unhandlich. Es empfiehlt sich, die komplette Anlieferung auf handlichere Wagen umzustellen und das Umladen wegzulassen. Die Wagen sollten beschriftet werden, um die Anlieferung standardisiert zu ermöglichen. Es gibt Teile, die in der Stückliste mit null Stück enthalten sind. Diese müssen per Hand ausgefasst werden.

Die A-Teile werden auf Europoolpaletten geliefert und im Anlieferbereich abgelagert. Zur Verbesserung der Ergonomie sollte eine Hebebühne verwendet werden.

Der Materialtransport im Bereich der Hydraulik-Montage erfolgt über die A-Wagen. Diese sollten durch kleinere Wagen ersetzt werden. Für das neue Layout sind für die verschiedenen Unterbaugruppen eigene Materialwagen herzustellen.

Die jetzigen Werkstückträger ermöglichen kein einfaches Aufnehmen der ersten Vormontagegruppe. Die Baugruppe „Motor auf Platte“ wiegt 29,8 kg und sollte durch zwei – wird aber von einem – Arbeiter auf den Werkstückträger per Hand gehoben werden. Das Abladen der fertig montierten Baugruppe erfolgt über einen Kran. Der Abstand zwischen Montage und Prüfbereich wird über ein 10 m langes Förderband zurückgelegt. Dieses wird als Puffer vor der Prüfanlage genutzt. Auf diesem Band lassen sich mehr als 25 Teile lagern. Die Länge dieses Puffers sollte reduziert werden, da die Bestände Fehler verdecken und keine Taktung möglich machen.

**Produktion** Das neue Produktionslayout (Abbildung 63) zeichnet sich durch einen wesentlich kleineren Montagebereich aus. Die Vormontagen wurden komplett aus der Linie genommen. Die Anordnung und Aufteilung der Arbeitsplätze versucht, unnötige Wege zu vermeiden und Platz für eine geordnete Materialanlieferung zu schaffen. Die Materialwagen können an den Vormontageplätzen direkt zum Arbeitsplatz gestellt werden, ein neuerliches Umräumen der Materialien wird dadurch verhindert. Der Puffer wird verkürzt und sollte maximal drei Teile aufnehmen können. Das Endausfertigen sollte durch Monteure erledigt werden, um die Wortschöpfung am Prüfautomaten zu erhöhen. Im Zuge der Erstellung des Layouts wurden die Stücklisten überarbeitet und den entsprechenden Unterbaugruppen zugeordnet.

Der Montagebereich wird um die Hälfte verkleinert. In der jetzigen Anlage befindet sich ungenützter Raum. Die Werkzeuge werden stehend gelagert, um Platz zu sparen und damit die Wege zu verkürzen. Die Produktion wird von einer Fünfer-Losgrößenfertigung auf Einzelfertigung umgestellt. Die Anlieferung der Vormontage-Teile erfolgt besser sichtbar, um fehlende Teile sofort nachproduzieren zu können.

Die Prozesszeiten sollten in der neuen Anordnung angepasst werden. Durch die direkte Materialanlieferung und neue Arbeitsplatzgestaltung sind klare Verbesserungen erzielbar. Die in der Wertstromanalyse aufgenommene Prozesszeit bzw. Bearbeitungszeit (ohne Verpacken) beträgt 341 Minuten pro Stück.

Im System (Auftragszeit für Montage, Ösenkopf, Elektronik-Gehäuse und Ventilblock) ist eine Sollzeit von 423 (471 mit 10 % persönliche Verweilzeit) Minuten hinterlegt.

Die Vormontage Ventilblock wird nach außen verlagert, da nach dem Einstemmen und Einpressen der ersten Teile die Waschmaschine benutzt werden muss. Die folgende Montage wird am Arbeitsplatz neben der Waschanlage fertig gestellt und das Einstellen an der Kalibriereinheit. Danach erfolgt die Umlagerung auf den Montagewagen, der sich direkt in die Montagelinie stellen lässt.

Die Vormontage „Motor und Platte“ wird an einem Arbeitsplatz und als eigener Auftrag durchgeführt. Die Prüfanlage der Motorplatte wird direkt angestellt. Für die Durchschlagsprüfung wird ein neues Prüfgerät benötigt. Die Weitergabe erfolgt direkt in die Linie.

Die Vormontage „Zylinder“ wird als eigener Auftrag durchgeführt. Die Montage erfolgt gleich wie gehabt. Die Bereitstellung der fertigen Unterbaugruppe erfolgt stehend über zwei Führungsschienen, da so auch der Zylinder eingebaut wird. Eine neue Vorrichtung für die Zylindermontage wird benötigt. Die jetzige Vorrichtung wird an den beiden Stationen Vormontagebereich und Montage verwendet.

Die Vormontage „Elektronik-Gehäuse“ wird von der Elektronik-Abteilung in den Bereich der Hydraulikmontage umgelegt. Die Montage erfolgt in einem ESD-geschützten Bereich. Die Bereitstellung der Materialien erfolgt auf einem Montagewagen, welcher in den Bereich der Montage gestellt werden kann. Die Vormontage „Speicher“ erfolgt am Arbeitsplatz neben der Waschanlage. Die Bereitstellung erfolgt auf einem Montagewagen. Die Vormontage „Ösenkopf“ bleibt wie gehabt. Ein neuer Montagewagen zur Bereitstellung der Unterbaugruppe sollte den Platzbedarf verringern.

Die Abbildung 62 beschreibt eine mögliche Taktung bzw. die Aufteilung der Arbeitspakete. Arbeitsplätze mit weniger Arbeitsinhalt sollten die Materialversorgung übernehmen. Am Prüfautomat ist durch ein Verringern des Dokumentationsaufwands eine Einsparung von 10 Minuten möglich (siehe 3.6.4).

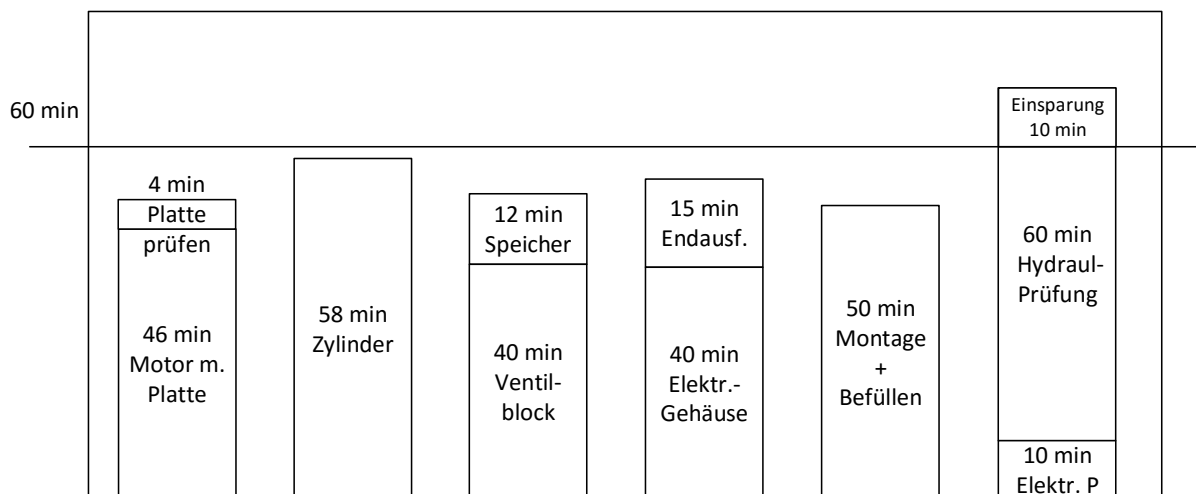


Abbildung 62: mögliche Taktung

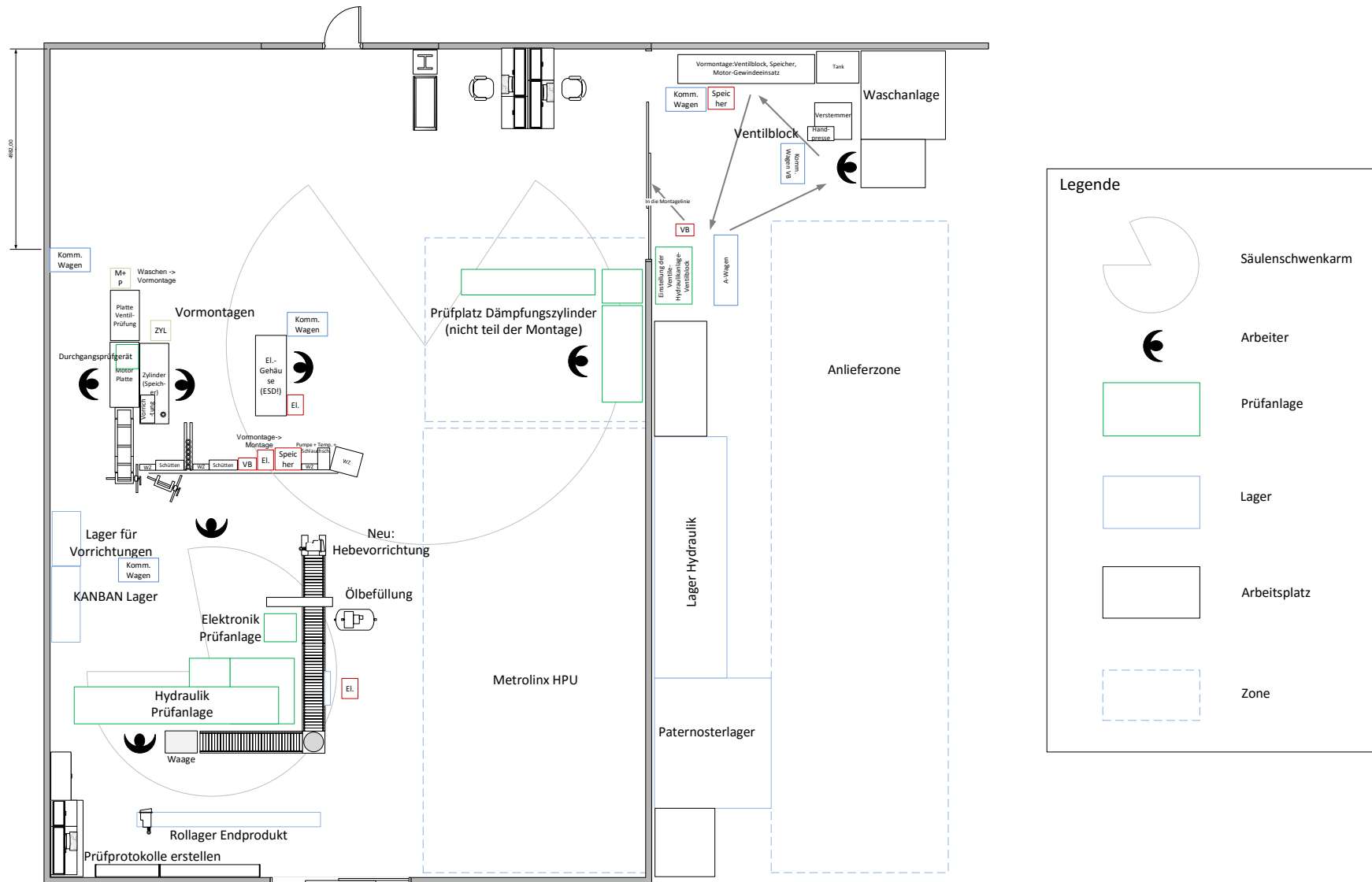


Abbildung 63: Soll-Layout Abteilung Hydraulik

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit thematisiert die Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden der Prozessanalyse am Fallbeispiel einer Hydraulikmontage. Durch den Kostendruck, die Forderung nach bester Qualität und höchster Liefertreue sind Unternehmen gefordert, ihre Prozesse zu optimieren. Die Kombination aus qualitativer und quantitativer Prozessanalyse ist eine Möglichkeit, um Firmen ganzheitlich zu verstehen und Verbesserungspotential aufzuzeigen.

Die qualitative Prozessanalyse mit dem verwendeten ARIS-Konzept diente zur Beschreibung der Organisation aus den unterschiedlichen Sichten. Die Frage „Was passiert mit einem Auftrag?“ war die Grundlage für eine detaillierte Analyse der Ablauforganisation. Die Prozesse, die Prozesslogik und die zugehörigen Prozessteilnehmer wurden abgebildet. Die quantitative Prozessanalyse detaillierte ausgewählte Prozesse um diese besser zu verstehen. Durch eine Auswahl an geeigneten Kennzahlen und die Wertstromanalyse wurde eine quantitative Bewertung der Prozesse erreicht.

Die Kombination aus qualitativer und quantitativer Prozessanalyse ermöglichte die systematische Analyse der Organisation sowohl im Hinblick auf Geschäftsprozesse als auch auf Produktionsprozesse. Diese Kombination schließt die Schwächen der anderen Analyse aus. Mit dem theoretischen Hintergrund zu Lean-Produktion, Wertstromdesign und Produktionssystemen ließen sich Verbesserungen aufzeigen und umsetzen.

Am Fallbeispiel Liebherr-Transportation Systems GmbH zeigte sich, dass die kombinierte qualitative und quantitative Prozessanalyse zu positiven Ergebnissen führte. Die Ausrichtung der Organisation nach dem Wertstrom und der Leitsatz „Verschwendung vermeiden“ führen zu einem verbesserten Produktionslayout. Die Erstellung des Layouts erfordert das Wissen über die Produktionsabläufe. Die in dieser Arbeit durchgeführte Prozessanalyse ermöglicht ein schnelles Verstehen des Unternehmens und ist ein optimaler Zugang, um am Sollzustand Verbesserungen zu vorzunehmen.

In einer potentiellen weiterführenden Arbeit könnte das Soll-Konzept umgesetzt werden. Nach der Umsetzung sollten die Prozesse durch geeignete Analysemethoden erneut untersucht werden.

## 6 Anhang

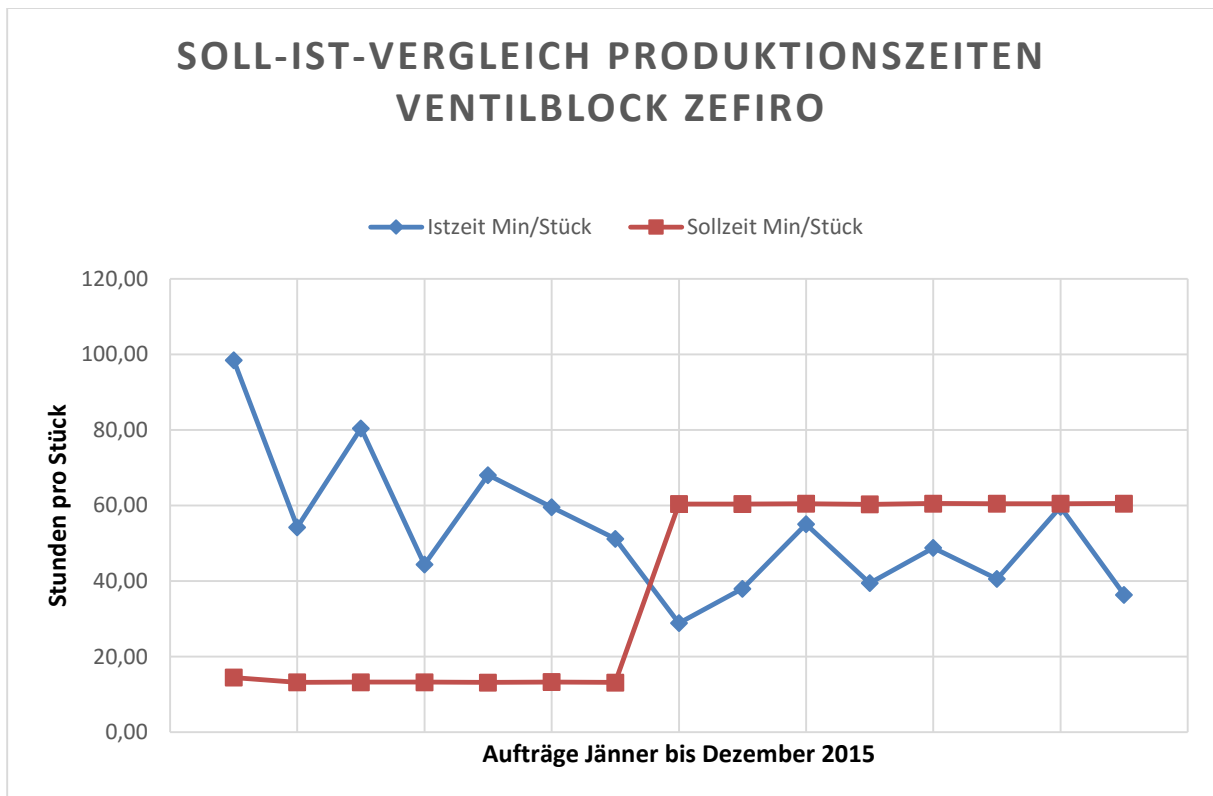


Abbildung 64: Soll-Ist-Produktionszeiten Ventilblock Zefiro

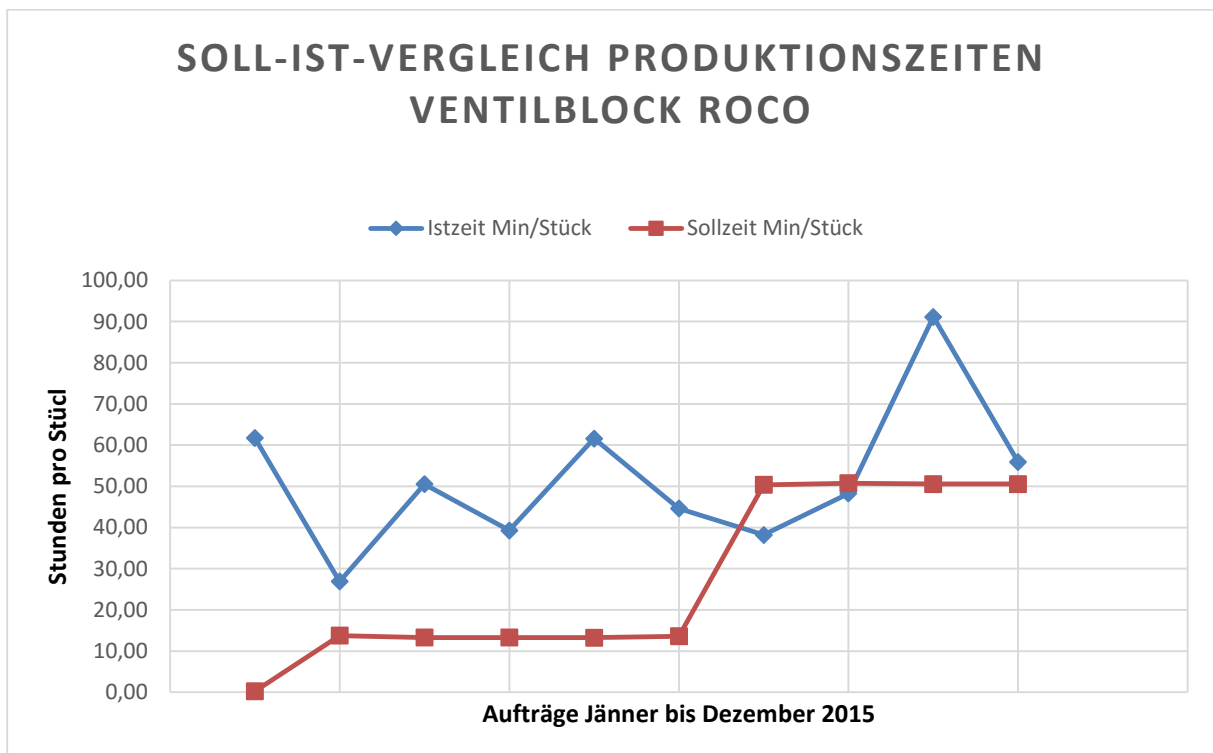


Abbildung 65: Soll-Ist-Produktionszeiten Ventilblock Roco



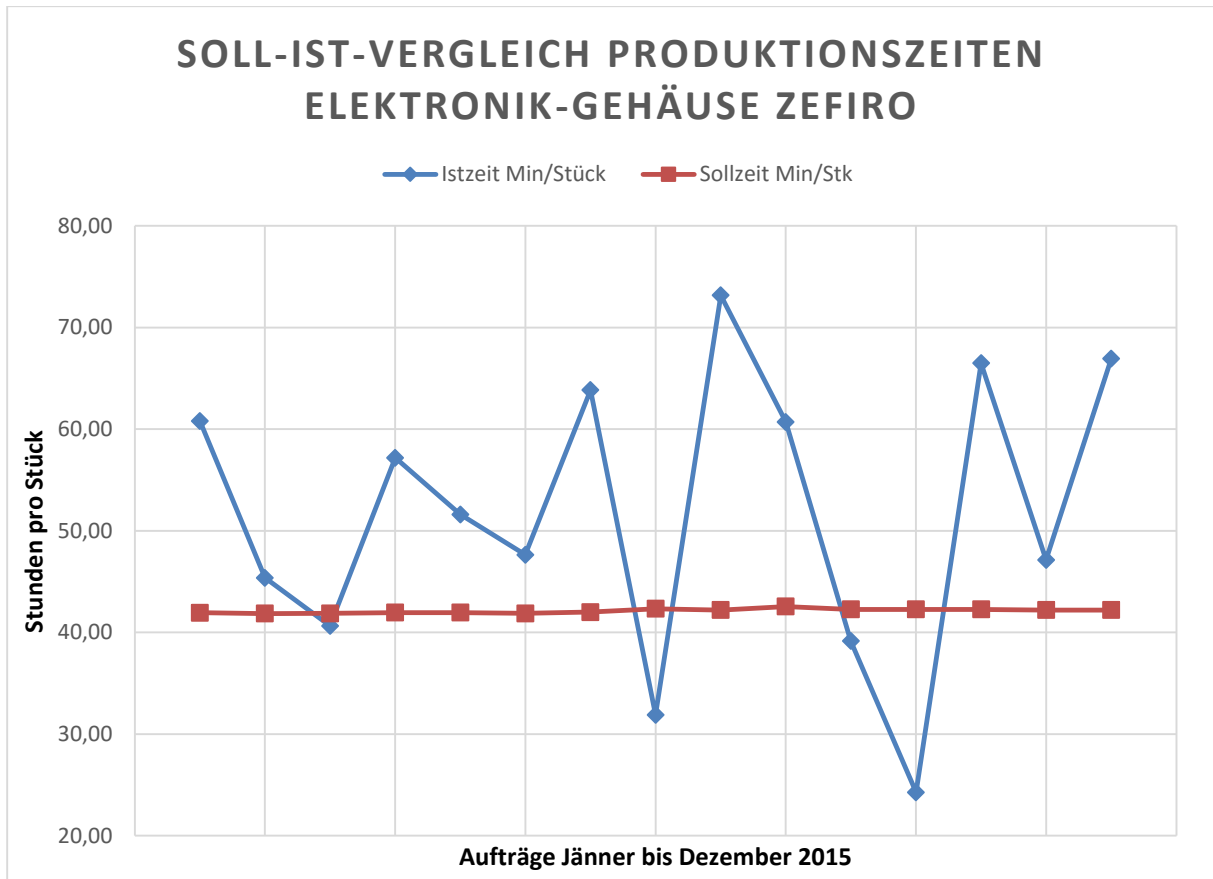


Abbildung 66: Soll-Ist-Produktionszeiten E-Gehäuse Zefiro

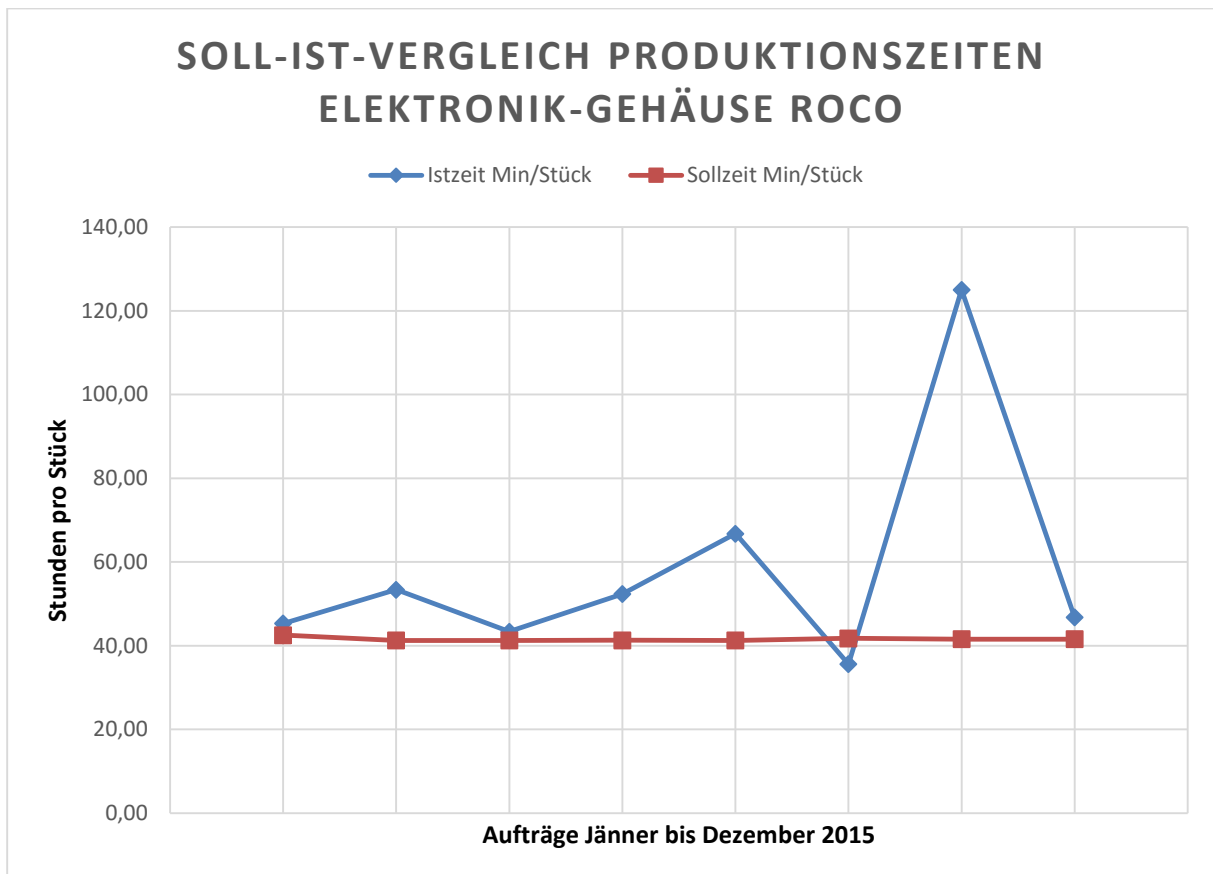


Abbildung 67: Soll-Ist-Produktionszeiten E-Gehäuse Roco

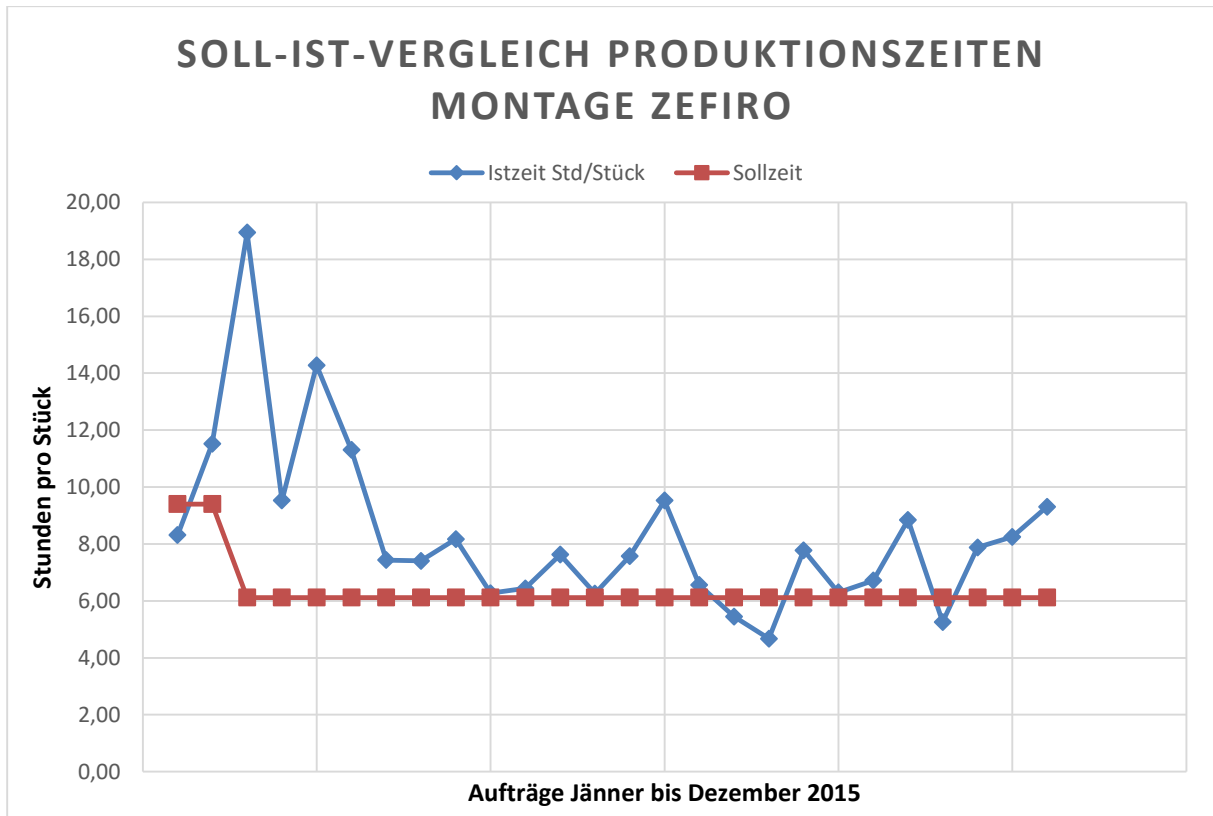


Abbildung 68: Soll-Ist-Produktionszeiten Montage Zefiro

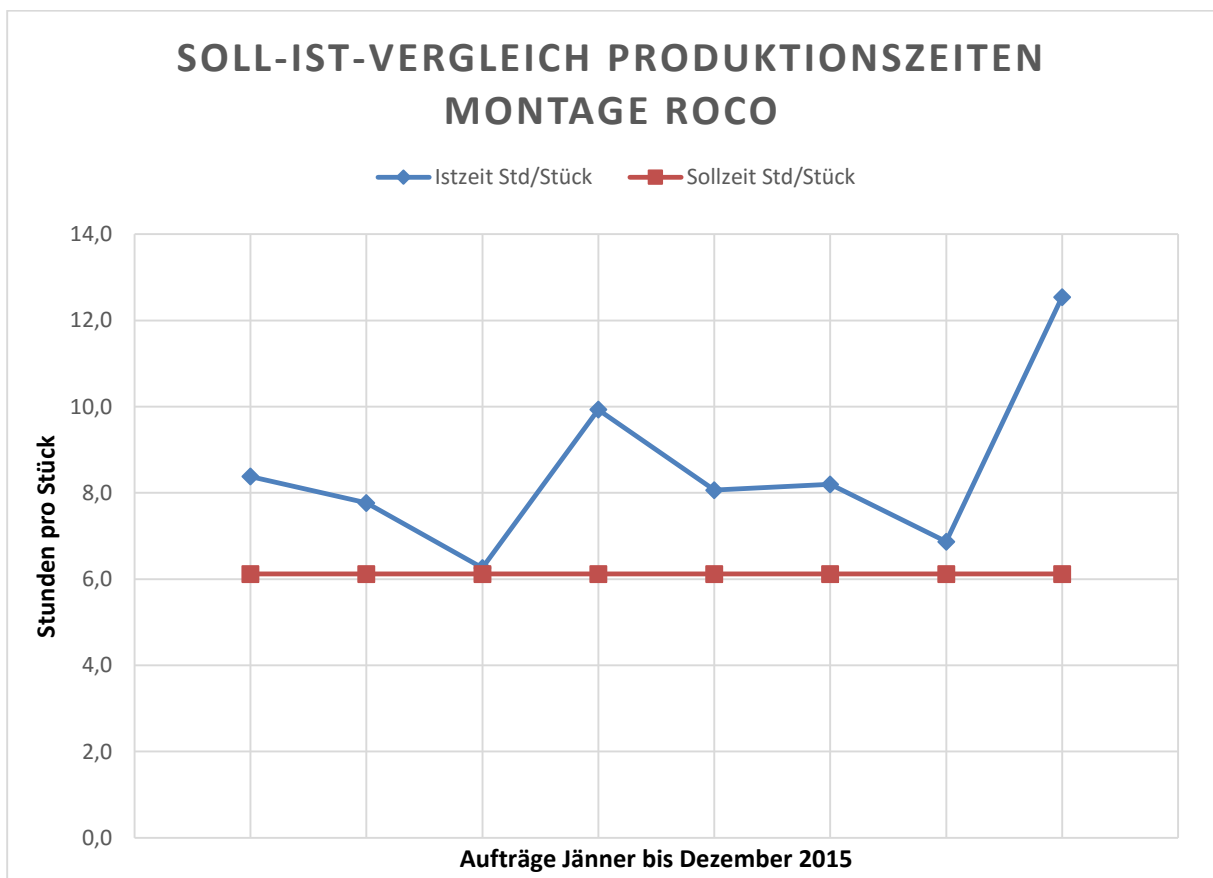


Abbildung 69: Soll-Ist-Produktionszeiten Montage Roco

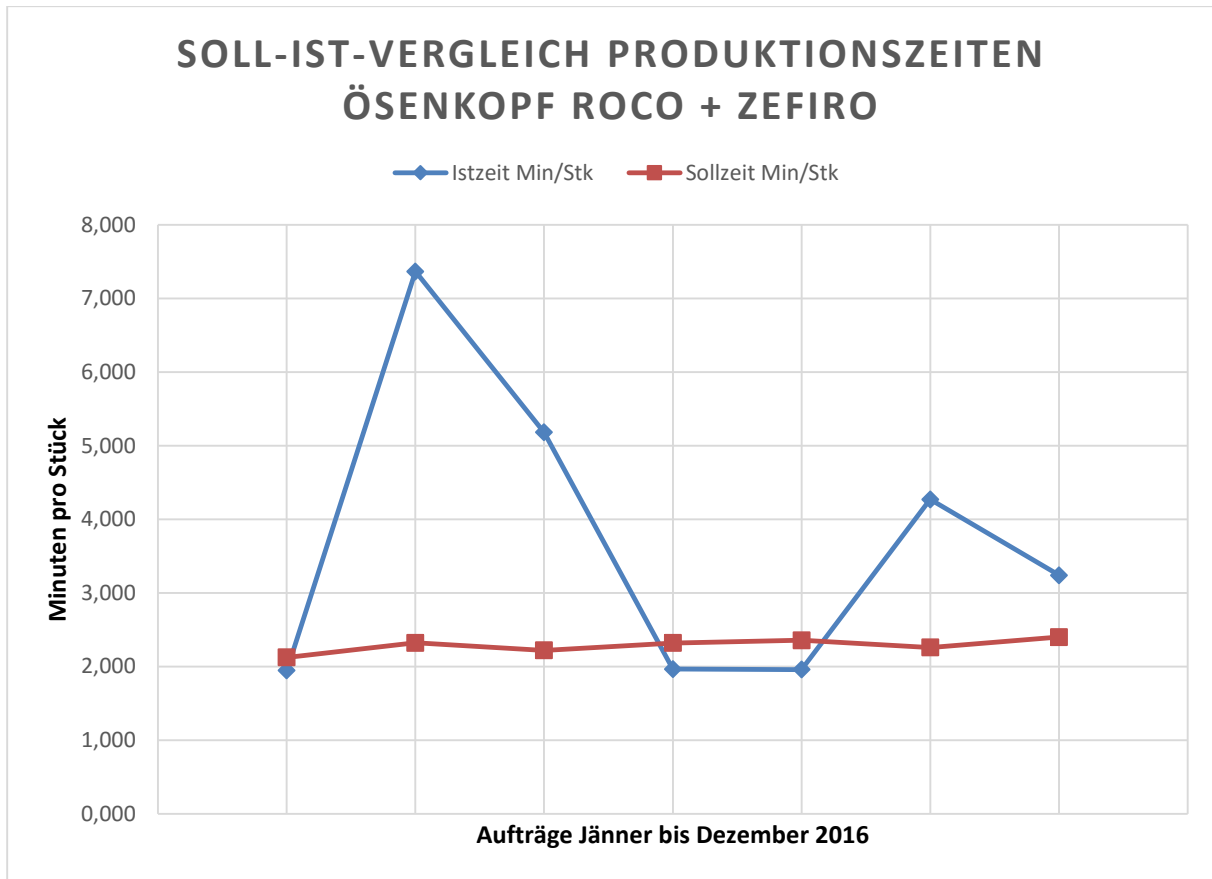


Abbildung 70: Soll-Ist-Produktionszeiten Ösenkopf Zefiro und Roco

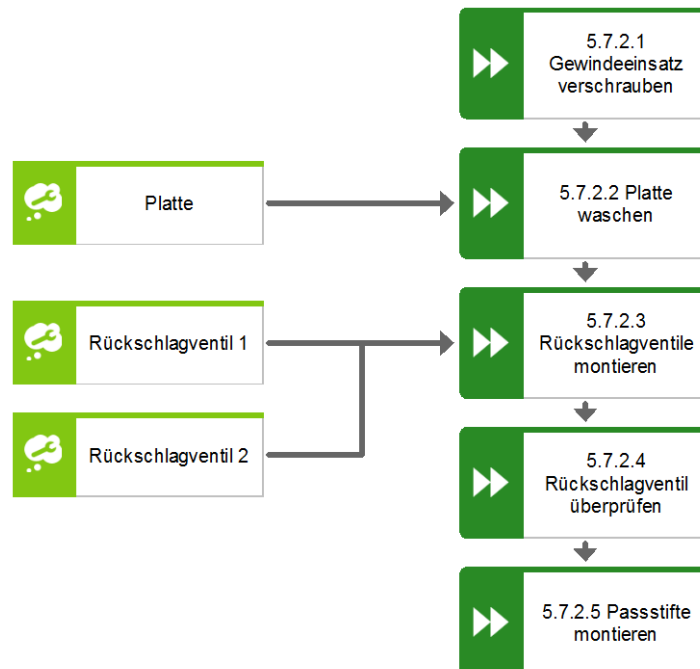


Abbildung 71: 5.7.2 Platte vormontieren

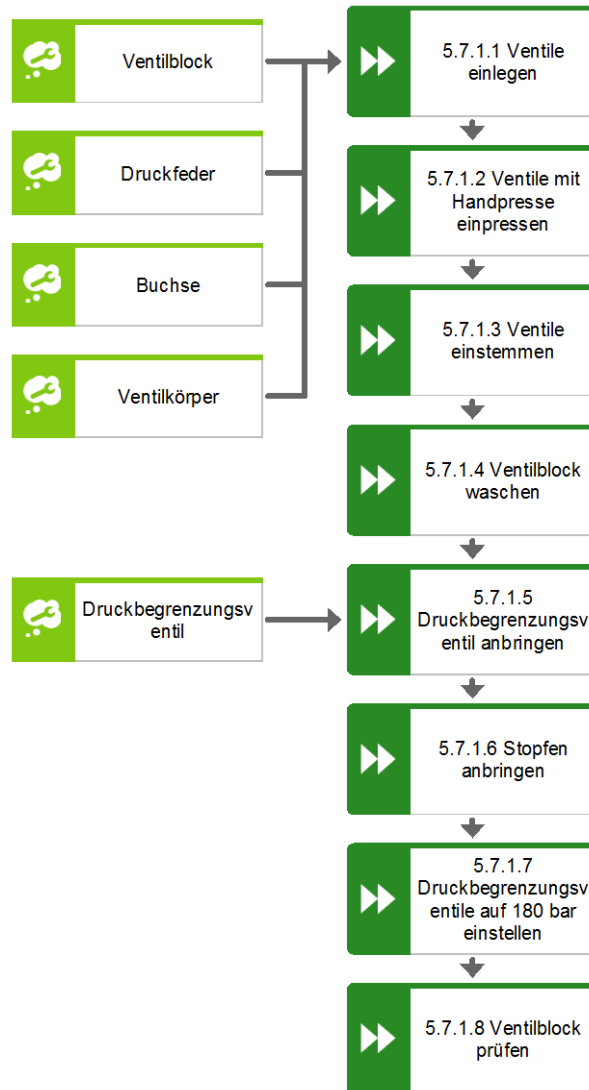


Abbildung 72: 5.7.1 Ventilblock vormontieren

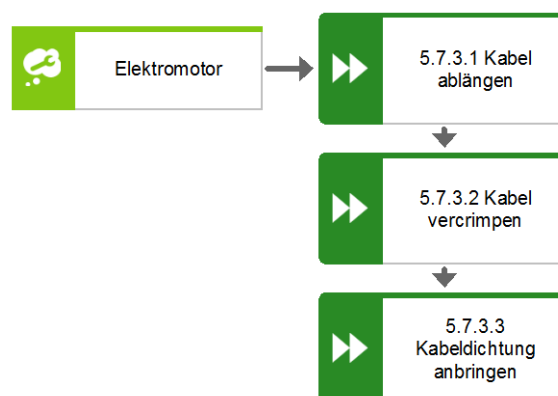


Abbildung 73: 5.7.3 Motor vormontieren

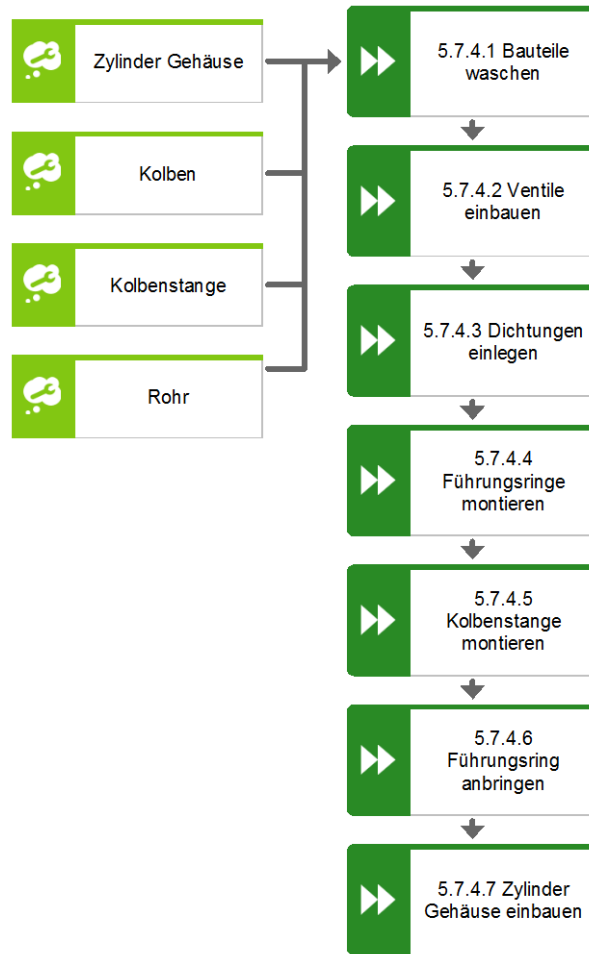


Abbildung 74: 5.7.4 Zylinder vormontieren

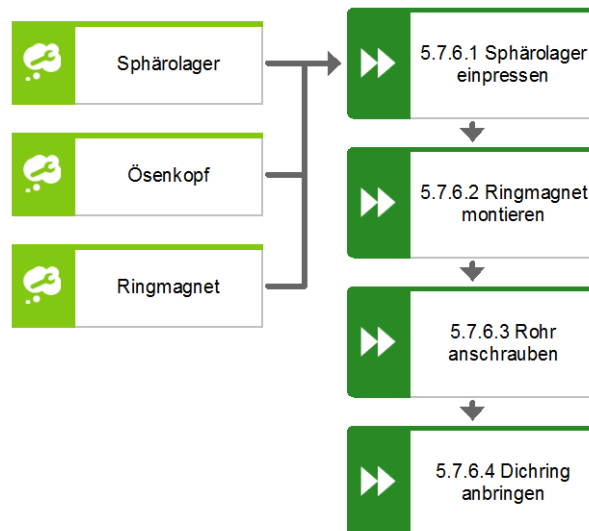


Abbildung 75: 5.7.6 Ösenkopf vormontieren

## 7 Literaturverzeichnis

- Barthelèmy, F.; et al.: *Balanced Scorecard: Erfolgreiche IT-Auswahl, Einführung und Anwendung: Unternehmen berichten*, Springer-Verlag, Heidelberg, 2011.
- Becker, T.: *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*, Springer Verlag, Berlin, 2008
- Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 8580:2003-09, Fertigungsverfahren-Begriffe, Einteilung, 2003-09
- Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN ISO 9000:2014-07, Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe, 2014-07*
- Dickmann, P.: *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer, Berlin Heidelberg, 2009
- Dumas, M., & La Rosa, M.: *Fundamentals of business process management*, Springer, Heidelberg, 2013.
- Erlach, K.: *Wertstromdesign, 2. Auflage*, Springer, Berlin, 2007
- Gadatsch, A.: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management*, Springer, Wiesbaden, 2012
- Grossmann, W.; Rinderle-Ma, S.: *Fundamentals of Business Intelligence*. Springer, Heidelberg, 2015.
- Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K.: *A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations; Business Process Management Journal; 19(1), 169-196; 2013*
- Keynes, J. M.: *Economic possibilities for our grandchildren*, In *Essays in persuasion* S.348-373, 1933
- Kletti, J., & Schumacher, J.: *Die perfekte Produktion Manufacturing Excellence durch Short Interval Technology (SIT)*, Springer, Berlin Heidelberg, 2011
- Kropik, M.: *Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung*, Springer, Berlin Heidelberg, 2009
- Liker, J. K.: *Der Toyota Weg, 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns, 6. Auflage*, FinanzBuch Verlag, München, 2009
- Lotter, B., & Wiendahl, H.-P.: *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis, 2. Auflage*, Springer, Berlin Heidelberg, 2006

- Nakuci, E.: *Data Generation for the Simulation of Artifact-Centric Processes*, Universität Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2014.
- Obermeier, S., Fischer, H., Fleischmann, A., & Dirndorfer, M.: *Geschäftsprozesse realisieren*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014
- REFA Bundesverband e.V.: *Arbeitsdatenmanagement 1 REFA-Grundausbildung Teil 1 Ermittlung und Analyse und Gestaltung von Prozessen*, REFA, Frankfurt, 2012
- REFA Bundesverband e. V.: *Multimomentaufnahme REFA-Grundausbildung 2.0 Teil 2A Ermittlung und Anwendung von Prozessdaten*, REFA, Darmstadt, 2014
- Rother, M., & Shook, J.: *Sehen lernen: Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*, Lean Management Institut, Mülheim, 2011
- Scheer, A.: *ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen*, Springer, Berlin, 1998
- Schuh, G.: *Change Management – Prozesse strategiekonform gestalten*, Springer, Berlin, 2005
- Seidlmeier, H.: *Prozessmodellierung mit ARIS. Eine beispielorientierte Einführung für Studium und Praxis, 2.Auflage*, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2006
- Shah, R., & Ward, P. T.: Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management* 25, 785-805, 2007
- Skidelsky, R., & Skidelsky, E.: *Wie viel ist genug?, Vom Wachstumswahn zu einer Ökonomie des guten Lebens*, Antje Kunstmann, München, 2013
- Software AG.: *ARIS-Methode, Aris Version 9.8 – Service Release*, Software AG, Darmstadt, 2015
- Stachowiak, H.: *Allgemeine Modelltheorie*, Springer Verlag, Wien, 1973
- Stone, K. B.: Four decades of lean: a systematic literature review, *International Journal of Lean Six Sigma* Vol.3, No. 2, 112-132, 2012
- Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 4400, Logistikkennzahlen für die Beschaffung, Blatt 2*, Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf, 2001
- Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 5200, Fabrikplanung Planungsvorgehen, Blatt 1*, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2011

Weske, M.: *Business Process Management Concepts, Languages, Architectures*, Springer, Potsdam, 2012

Westkämpfer, E.: *Einführung in die Organisation der Produktion*, Springer, Stuttgart, 2005

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D.: *The machine that changed the world*, Simon and Schuster, New York, 1990



## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hierarchische Aufbauorganisation .....	5
Abbildung 2: Matrixorganisation .....	6
Abbildung 3: Beispiel einer Ablauforganisation .....	6
Abbildung 4: Die vier Zieldimensionen der Produktion .....	8
Abbildung 5: Aufgaben der Arbeitsvorbereitung .....	9
Abbildung 6: Fertigungsarten und Fertigungsprinzipien .....	10
Abbildung 7: Charakteristische Merkmale von Fertigungsarten .....	11
Abbildung 8: Hauptgruppe der Fertigungsverfahren .....	12
Abbildung 9: Funktionen der Montage .....	13
Abbildung 10: Struktur einer Montagezelle .....	14
Abbildung 11: Baustellenmontage für ein Getriebe .....	15
Abbildung 12: Personalwechsel bei der Gruppenmontage (Beispiel) .....	16
Abbildung 13: Fließmontage nach dem One-Piece-Flow-Prinzip .....	17
Abbildung 14: Einsatz: manueller, hybrider und automatischer Montagekonzepte ...	18
Abbildung 15: Manuelle Montagesysteme ohne automatisierten Umlauf .....	19
Abbildung 16: Hybride Montagesysteme mit automatisiertem Werkstückumlauf .....	20
Abbildung 17: Kategorien des TPS.....	24
Abbildung 18: Einfacher Bestellprozess vom Vertriebspartner .....	29
Abbildung 19: Bestellprozess .....	30
Abbildung 20: ARIS-Haus.....	33
Abbildung 21: Beispiel Organigramm .....	34
Abbildung 22: Objekttypen im Wertschöpfungskettendiagramm .....	35
Abbildung 23: Beziehungen im Wertschöpfungskettendiagramm.....	36
Abbildung 24: Ereignisverknüpfungen-Regeln.....	37
Abbildung 25: Funktionsverknüpfung-Regeln .....	38
Abbildung 26: Beispiel Ursache-Wirkungs-Diagramm .....	40
Abbildung 27: Beispiel Prozesskasten mit Datentabelle .....	43
Abbildung 28: Prozesskasten mit gemeinsam genutzten Ressourcen .....	43
Abbildung 29: Symbole des Materialflusses .....	45
Abbildung 30: Informationsfluss.....	45
Abbildung 31: Beispiel Wertstromaufnahme, Informationsfluss vereinfacht .....	46
Abbildung 32: Symbole für die Darstellung des Informationsflusses .....	46
Abbildung 33: Beispiel einer Zeitlinie.....	48
Abbildung 34: Taktabstimmungsdiagramm (Zahlenbeispiel) .....	48
Abbildung 35: Auslastung.....	52
Abbildung 36: Zeitwirtschaft als wichtige Datenbasis im Unternehmen.....	53
Abbildung 37: REFA Standard Zeitgliederung für die Auftragszeit .....	54
Abbildung 38: Methoden zur Bestimmung von Sollzeiten.....	58
Abbildung 39: Elektro-Hydraulikaggregat Liebherr .....	61

---

Abbildung 40: Arbeitsplätze zur Vormontage.....	63
Abbildung 41: Arbeitsbereich der Montage.....	64
Abbildung 42: Prüfmaschine.....	64
Abbildung 43: Layout Abteilung Hydraulik Liebherr-Transportation Systems GmbH.....	65
Abbildung 44: WSK Liebherr-Transportation Systems GmbH.....	68
Abbildung 45:1 Anfrage/Angebotsabwicklung EPK.....	70
Abbildung 46: 2 Auftragseinlastung EPK.....	71
Abbildung 47: 3 Produktionssteuerung und Disposition EPK.....	73
Abbildung 48: 4 Materialbeschaffung EPK.....	75
Abbildung 49: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 1.....	76
Abbildung 50: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 2.....	77
Abbildung 51: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 3.....	78
Abbildung 52: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 4.....	79
Abbildung 53: 5.7 Vormontagen Hydraulik EPK.....	80
Abbildung 54: 5.7.5 Vormontage Speicher EPK mit Materialien Speicher.....	80
Abbildung 55: 5 Montage und Prüfen EPK Teil 5.....	81
Abbildung 56: 6 Auslieferung EPK.....	82
Abbildung 57: 5.7 Vormontage Hydraulik Darstellung Wertstromanalyse.....	85
Abbildung 58: Wertstromanalyse.....	89
Abbildung 59: Soll-Ist-Vergleich Produktionszeiten Ventilblock der Aufträge 201.....	93
Abbildung 60: Zeitaufnahme Montage Roco fünf Geräte einzeln.....	94
Abbildung 61: Zeitaufnahme Roco fünf Geräte gleichzeitig.....	95
Abbildung 62: mögliche Taktung.....	100
Abbildung 63: Soll-Layout Abteilung Hydraulik.....	101
Abbildung 64: Soll-Ist-Produktionszeiten Ventilblock Zefiro.....	103
Abbildung 65: Soll-Ist-Produktionszeiten Ventilblock Roco.....	103
Abbildung 66: Soll-Ist-Produktionszeiten E-Gehäuse Zefiro.....	104
Abbildung 67: Soll-Ist-Produktionszeiten E-Gehäuse Roco.....	104
Abbildung 68: Soll-Ist-Produktionszeiten Montage Zefiro.....	105
Abbildung 69: Soll-Ist-Produktionszeiten Montage Roco.....	105
Abbildung 70: Soll-Ist-Produktionszeiten Ösenkopf Zefiro und Roco.....	106
Abbildung 71: 5.7.2 Platte vormontieren.....	106
Abbildung 72: 5.7.1 Ventilblock vormontieren.....	107
Abbildung 73: 5.7.3 Motor vormontieren.....	107
Abbildung 74: 5.7.4 Zylinder vormontieren.....	108
Abbildung 75: 5.7.6 Ösenkopf vormontieren.....	108

## 9 Formelverzeichnis

Formel 1: Kundentakt .....	42
Formel 2: Berechnung der Reichweite .....	45
Formel 3: Durchlaufzeit DLZ.....	47
Formel 4: MMA-Hauptformel, vorläufige Anzahl der Notierungen .....	56
Formel 5: vorläufige Anzahl der Notierungen .....	56
Formel 6: Kundentakt 2015 Liebherr Hydraulik Aggregate .....	83
Formel 7: Kundentakt 2015 Liebherr Hydraulik Aggregate .....	83

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungen Durchlaufzeit.....	47
Tabelle 2: Grundbegriffe MMA .....	56
Tabelle 3: MMA-Prüfen grün: Wertschöpfung, rot: Verschwendung, orange: zusätzl. Tätigkeiten.....	91
Tabelle 4: MMA-Auslastung Arbeitsplätze.....	92

## 11 Abkürzungsverzeichnis

ZZ	Zykluszeit
RZ	Rüstzeit
BPMN	Business process model and notation
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
DLZ	Produktions-Durchlaufzeit [d]
RW	Reichweite der Lagerbestände [d]
WIP	Umlaufbestand [Stk]
TB	Tagesbedarf [Stk/d]
#T	Anzahl der Gleichteile pro Produkt
MRP	Manufacturing Resource Planning
ESD	Electro static discharge/ elektrostatische entladung
MMA	Multimomentaufnahme
eEPK	Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette
DIN	Deutsche Industrienorm
eERM	Erweitertes Entity-Relationship-Modell
VKD	Vorgangskettendiagramm
WSK	Wertschöpfungskettendiagramm
ERP	Enterprise Ressource Planning
SOP	Sales and Operations Planning
DV	Datenverarbeitung
XOR	Exklusives Oder
KT	Kudentakt
EPEI	Every Part every intervall
FIFO	First in first out
AL	Auslastung
KAPA	Kapazität
MTM	Methods time measurement
VA	Value-adding
BVA	Business value-adding
NVA	Non value-adding