



Matthias Reinisch

Auswirkungen verschiedener Varianten des Fabriklayouts auf die Materialflussplanung unter Beachtung der Lean Prinzipien

Diplomarbeit zur Erlangung
des akademischen Grades Diplomingenieur

Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau
Produktionstechnik
F 747

Technische Universität Graz
Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

eingereicht am
Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung
o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef W. Wohinz

Graz, im Juli 2011

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

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

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei der Unternehmung Bosch Mahle Turbo Systems GmbH & Co. KG für die Ermöglichung dieser Arbeit bedanken. Im speziellen meinen Firmenbetreuern Herrn Dipl.-Ing. Dietmar Katz, sowie Herrn Mag. Martin Posarnig, die mir beratend zur Seite gestanden sind. Auch möchte ich mich bei jenen Mitarbeitern bedanken, die mir bei der Datenermittlung und Erstellung dieser Arbeit behilflich waren.

Ebenso danke ich dem Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung unter der Leitung von Herrn o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef W. Wohinz und speziell meinen Institutsbetreuern Herrn Dipl.-Ing. Georg Premm und Herrn Dipl.-Ing. Dr. techn. Nikolaus Mitterer für die Unterstützung und Betreuung dieser Arbeit.

Auch möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, dass sie mir diese Ausbildung ermöglichten und mich während dieser Zeit bestmöglich unterstützten.

Kurzfassung

Im Jahr 2008 wurde von den Unternehmungen Robert Bosch GmbH und Mahle GmbH das Joint Venture Bosch Mahle Turbo Systems GmbH & Co. KG gegründet. Ab dem Jahr 2012 sollen im Werk St. Michael ob Bleiburg Abgasturbolader für PKW und leichte Nutzkraftwagen in Serie gefertigt werden. Mit dem Vollausbau im Jahr 2015 wird eine Kapazität von 2,4 Millionen Abgasturboladern pro Jahr erreicht.

Aufgabe der vorliegenden Diplomarbeit war es alternative Varianten des Fabriklayouts zu dem bereits in Planung befindlichen Modullayout zu entwickeln, um mögliche Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Diese alternativen Varianten sollen als Competence Center ausgelegt werden. Competence Center fassen Bereiche gleicher Fertigungsverfahren in Form von Werkstätten zusammen. Dabei sollen die Betriebsmittel aus dem Modullayout übernommen werden.

Die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit umfasst folgende Zielsetzungen:

- Aufzeigen von Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten im Modullayout
- Alternative Materialfluss- und Layoutkonzepte entwickeln unter Berücksichtigung der Lean Prinzipien
- Empfehlung eines Konzepts durch Bewertung der alternativen Layouts
- Erarbeitung eines Anforderungskatalogs für die Simulationssoftware

Für die Aufnahme der IST-Situation wurde zunächst eine Analyse der Produkt- und Produktionsstruktur, der Produktionsprozesse und der Materialflüsse durchgeführt. Danach sind unterschiedliche Layoutvarianten unter Berücksichtigung der relevanten Rahmenbedingungen entwickelt und mittels einer Nutzwertanalyse verglichen worden. Aufgrund des Ergebnisses konnte eine Empfehlung für eine der Varianten abgeleitet werden.

Auch wird in dieser Arbeit auf eine bestehende Simulationssoftware für den Materialfluss eingegangen, welche eine quantitative Bewertung der unterschiedlichen Layouts durchführen sollte. Nach Einarbeitung in die Software und Analyse bezüglich ihrer Funktionserfüllung wurde eine erste Anpassung ausgearbeitet und vom Softwarehersteller integriert. Mit der Erkenntnis aus dieser Tätigkeit ist abschließend ein entsprechender Anforderungskatalog für eine Materialflusssimulation erstellt worden.

Abstract

In the year 2008 the companies Robert Bosch GmbH and Mahle GmbH established the joint venture Bosch Mahle Turbo Systems GmbH & Co. KG. The goal was to start production of turbo chargers for passenger cars and for light duty vehicles at their plant in St. Michael ob Bleiburg in 2012. The maximum capacity will be reached in 2015 when the company plans to manufacture 2.4 million turbo chargers per year.

The goal of the diploma thesis was to develop alternative production layouts compared to the currently planned Module Layout in order to find options for improvements. These alternatives should be based on a concept of Competence Centers. Competence Centers are areas of identical production processes and designated as workshops. In this case the same production equipment should be used as in the Module Layout.

The goals for this diploma thesis have been defined as follows:

- show points of weaknesses and possible improvements of the existing modular layout
- develop alternative material flows and layout concepts considering lean principles
- recommendation of one concept based on the results of the assessment
- define a catalogue of requirements for the simulation software

First of all the product- and production structure as well as the structure of production processes and material flows have been analysed to determine the current status. Thereafter concepts of different layouts have been evaluated under consideration of the relevant boundary conditions. These layouts have been compared to each other using a Value Benefit Analysis resulting in a recommendation of one of the options.

For an assessment of the different layouts a software, simulating the material flow, should be also considered in this diploma thesis. After becoming familiar with the existing software and analysing its functional capability a first set of suggested improvements has been worked out and was considered by the external software supplier in an updated software version. Based on this knowledge a corresponding catalogue of requirements for the simulation of material flow has been generated.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	BMTS – Bosch Mahle Turbo Systems	1
1.2	Ausgangssituation.....	3
1.3	Aufgabenstellung und Zielsetzung	4
1.4	Vorgehensweise	5
2	Theorie zum Produktionsmanagement	7
2.1	Produktionstheoretische Grundlagen.....	7
2.2	Definition der Produktionsprozesse	9
2.3	Einführung in die Produktionssysteme.....	11
2.4	Lean Production.....	17
3	Theorie zum Logistikmanagement	21
3.1	Grundlagen zur Logistik.....	21
3.2	Materialflussanalyse und –gestaltung	22
3.3	Aufbau der Layoutplanung.....	25
4	Produktions- und Materialflussanalyse	33
4.1	Produkt- und Produktionsstrukturen.....	33
4.1.1	Funktionsbeschreibung Abgasturbolader.....	33
4.1.2	Produktstruktur des Abgasturboladers.....	34
4.1.3	Beschreibung des Produktionsmoduls.....	35
4.1.4	Produktionsstruktur des Werks St.Michael ob Bleiburg.....	36
4.1.5	Geplanter Produktionshochlauf.....	38
4.2	Produktionsprozessanalyse	39
4.2.1	Darstellung der bestehenden Produktionsprozesse.....	39
4.2.2	Darstellung des Produktionsmoduls.....	43
4.3	Materialflussanalyse	45
4.3.1	Darstellung des Materialflusses im Produktionsmodul.....	45
4.3.2	Mengenflussdarstellung im Sankey Diagramm	47
4.3.3	Versorgungsprinzip	49

4.4 Zusammenfassung und Ergebnis der Analyse	51
5 Planung alternativer Layouts	53
5.1 Randbedingungen zur Planung.....	53
5.2 Beschreibung und Planung des Competence Centers	54
5.3 Darstellung der Layoutvarianten	59
5.3.1 Modullayout.....	59
5.3.2 Competence Center LINIE	63
5.3.3 Competence Center U-FORM.....	67
5.3.4 Hybridlayout.....	70
5.4 Bewertung der Varianten – Nutzwertanalyse	74
5.4.1 Formulierung der Bewertungskriterien	75
5.4.2 Gewichtung der Kriterien.....	81
5.4.3 Ergebnis der Nutzwertanalyse	82
5.5 Ergebnisanalyse	85
5.5.1 Gegenüberstellung.....	85
5.5.2 SWOT – Analyse Competence Center	86
6 Materialflusssimulation.....	88
6.1 Grundlagen zur Simulation von Materialflüssen.....	88
6.2 Materialflussoftware SpeedSIM von DUALIS.....	91
6.3 Anforderungskatalog an die Software	92
7 Zusammenfassung und Ausblick	96
8 Literaturverzeichnis.....	98
9 Abbildungsverzeichnis	101
10 Tabellenverzeichnis.....	103
11 Abkürzungsverzeichnis	104
12 Anhang.....	105

1 Einleitung

Die Layoutplanung stellt eine wichtige Aufgabe in der Produktionslogistik dar. Im Zuge dieser Arbeit sollen für die Unternehmung Bosch Mahle Turbo Systems durch alternative Layouts zum bestehenden Modullayout Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Zunächst erfolgt die Vorstellung der Unternehmung BMTS und eine Beschreibung der Ausgangssituation. Danach wird auf Aufgabenstellung und Zielsetzung der Diplomarbeit eingegangen und die Vorgehensweise erläutert.

1.1 BMTS – Bosch Mahle Turbo Systems

Die Unternehmung Bosch Mahle Turbo Systems (BMTS) wurde am 01. Juni 2008 gegründet und ist ein Joint Venture zwischen der Robert Bosch GmbH und der Mahle GmbH. Die Anteile der Mutterfirmen betragen jeweils 50%.

Mit der Unternehmungsgründung wurde St. Michael ob Bleiburg als Produktionsstandort für Abgasturbolader (ATL) festgelegt. Im gleichen Jahr wurde mit dem Neubau einer Produktionshalle begonnen, um ab 2012 mit der Serienfertigung von Abgasturbolader für PKW und NKW Motoren zu beginnen. Im Jahr 2015 soll mit dem geplanten Vollausbau der derzeitige Mitarbeiterstand von 42 auf über 300 anwachsen.

Die Zentrale mit der Verwaltung und der technischen Entwicklung von BMTS befindet sich in Stuttgart/Deutschland. Produktionsstandorte befinden sich in Blaichach/Deutschland und in St. Michael ob Bleiburg/Österreich. In Blaichach soll die Serienfertigung für die Turbinenradwelle und die Träger für die variable Turbinengeometrie (VTG) erfolgen. In St. Michael soll das Verdichterrad und das Lagergehäuse gefertigt und die Endmontage des Abgasturboladers durchgeführt werden.¹

Abbildung 1-1 zeigt das Werk von BMTS in St. Michael ob Bleiburg, welches im Süden Österreichs, im Bundesland Kärnten, in unmittelbarer Nähe des Mahle Filterwerkes im, errichtet wurde.

¹ Vgl. BMTS (2011)

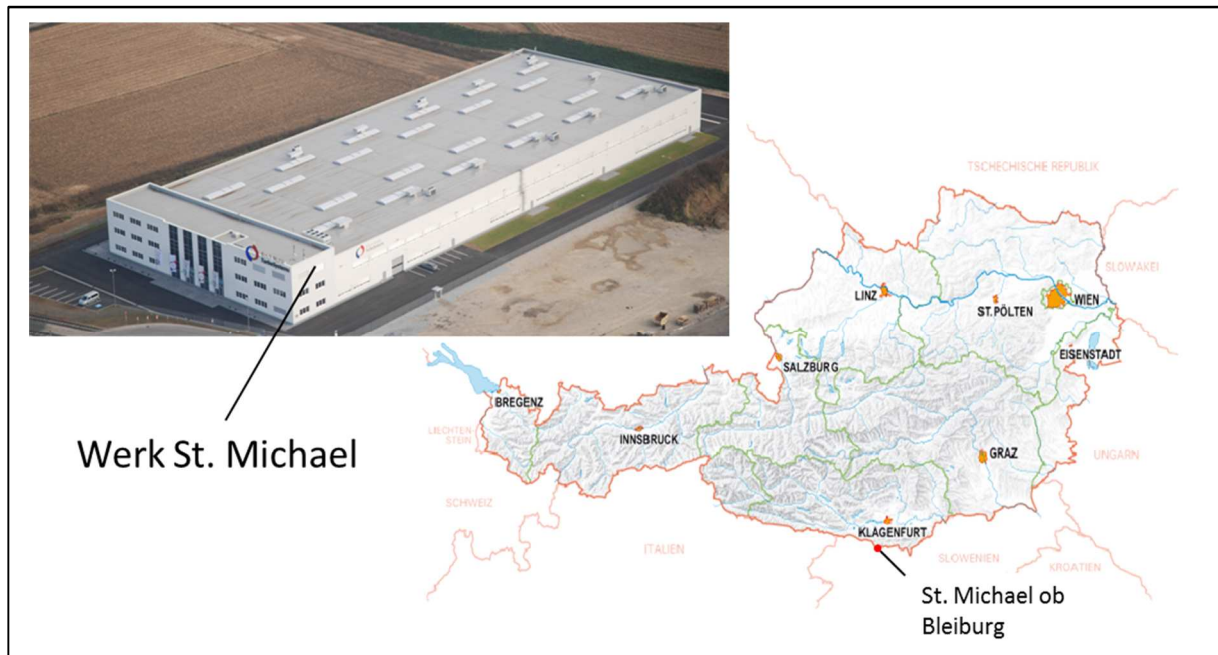


Abbildung 1-1: Standort St. Michael ob Bleiburg²

In Abbildung 1-2 ist die Unternehmungsstruktur von BMTS dargestellt mit dem Aufsichtsrat an der Spitze, der aus je zwei Mitgliedern der Robert Bosch GmbH und der Mahle GmbH besteht. Diesem ist die Geschäftsführung unterstellt, in dem das Werk St. Michael dem Verantwortungsbereich Produktion und Einkauf zugeordnet ist.

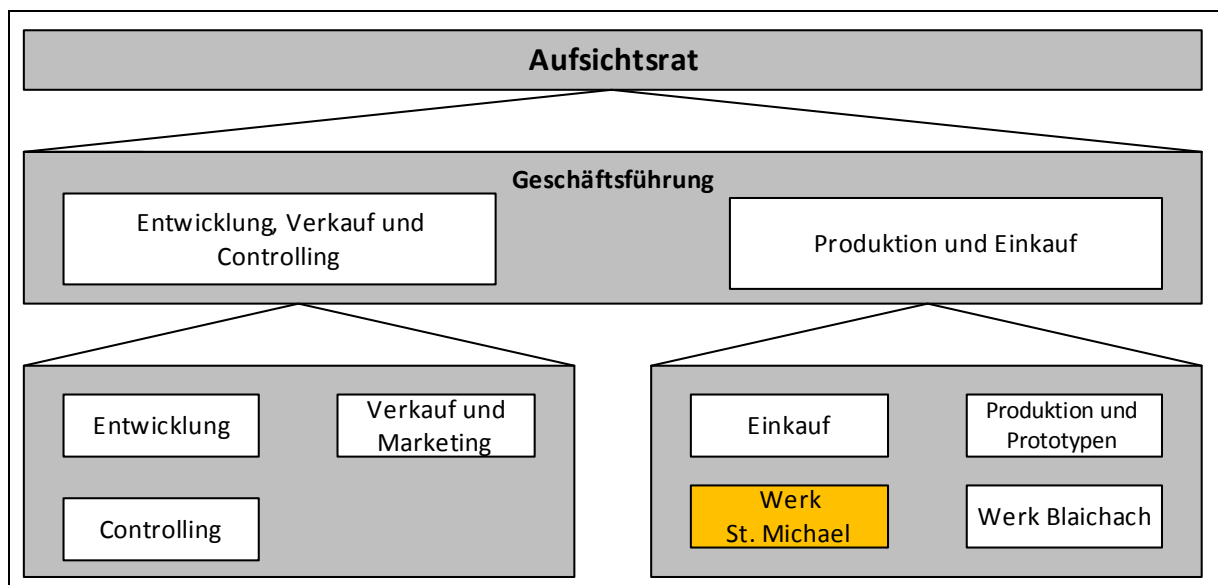


Abbildung 1-2: Unternehmungsstruktur BMTS³

² Vgl. BMTS internes Dokument

³ Vgl. BMTS internes Dokument

1.2 Ausgangssituation

Die Planung der Produktion bis zum Vollausbau im Jahr 2015 ist als Modulfertigung ausgelegt worden, wobei in dieser Diplomarbeit Verbesserungsmöglichkeiten durch alternative Fertigungslayouts untersucht und bewertet werden sollen. Ein Vergleich dieser Alternativen soll zu einem späteren Zeitpunkt mithilfe einer Simulationssoftware durchgeführt und dazu ein entsprechender Anforderungskatalog erstellt werden.

Die Ausgangssituation stellt sich folgendermaßen dar:

- Der Produktionsstandort zur Bearbeitung von Lagergehäuse und Verdichterrad, sowie der Endmontage des Abgasturboladers befindet sich in St. Michael ob Bleiburg, wo 2008 das Werk mit einer Produktionshalle von ~7800m² errichtet wurde. Die Werksstruktur für das Jahr 2011 mit der Produktionshalle und einem Produktionsmodul ist in Abbildung 1-3 dargestellt.

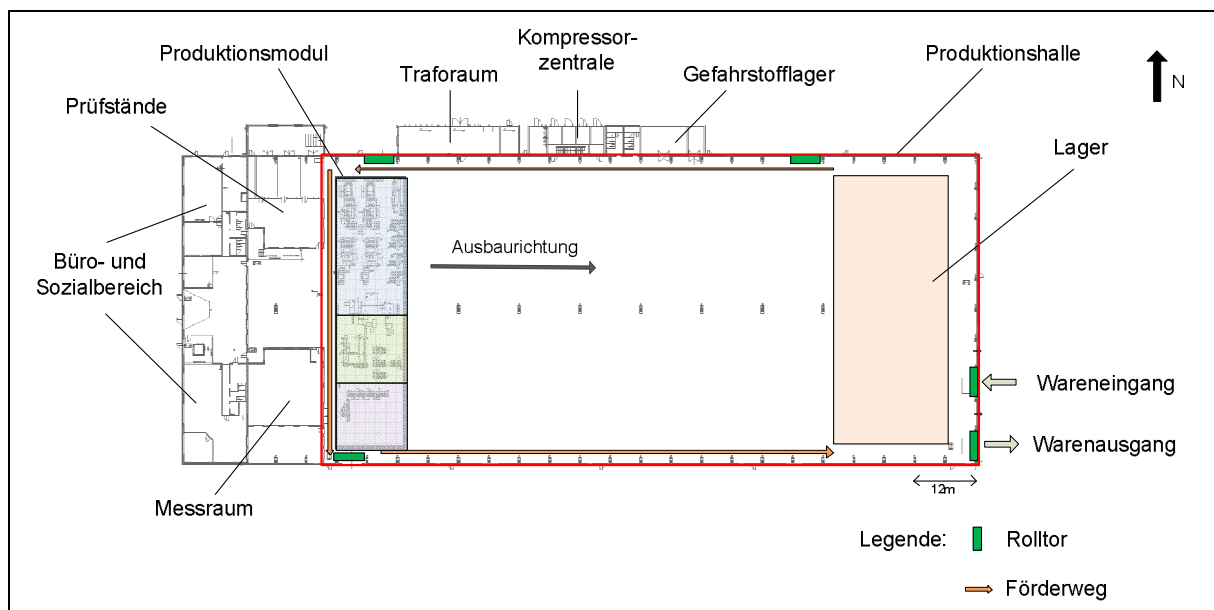


Abbildung 1-3: Werksstruktur im Jahr 2011 in St. Michael ob Bleiburg

- BMTS produziert in St. Michael ob Bleiburg zwei unterschiedliche Grundtypen von Abgasturboladern. Für PKW werden der ATL BM65 für den Ottomotor und der ATL BM70 für den Dieselmotor, sowie für leichte Nutzkraftwagen der ATL BM110 produziert, wobei der letztgenannte in dieser Diplomarbeit nicht behandelt wird. Die Abbildung 1-4 zeigt beide Abgasturbolader für PKW, sowie einen Schnitt durch die Rumpfgruppe des ATL.

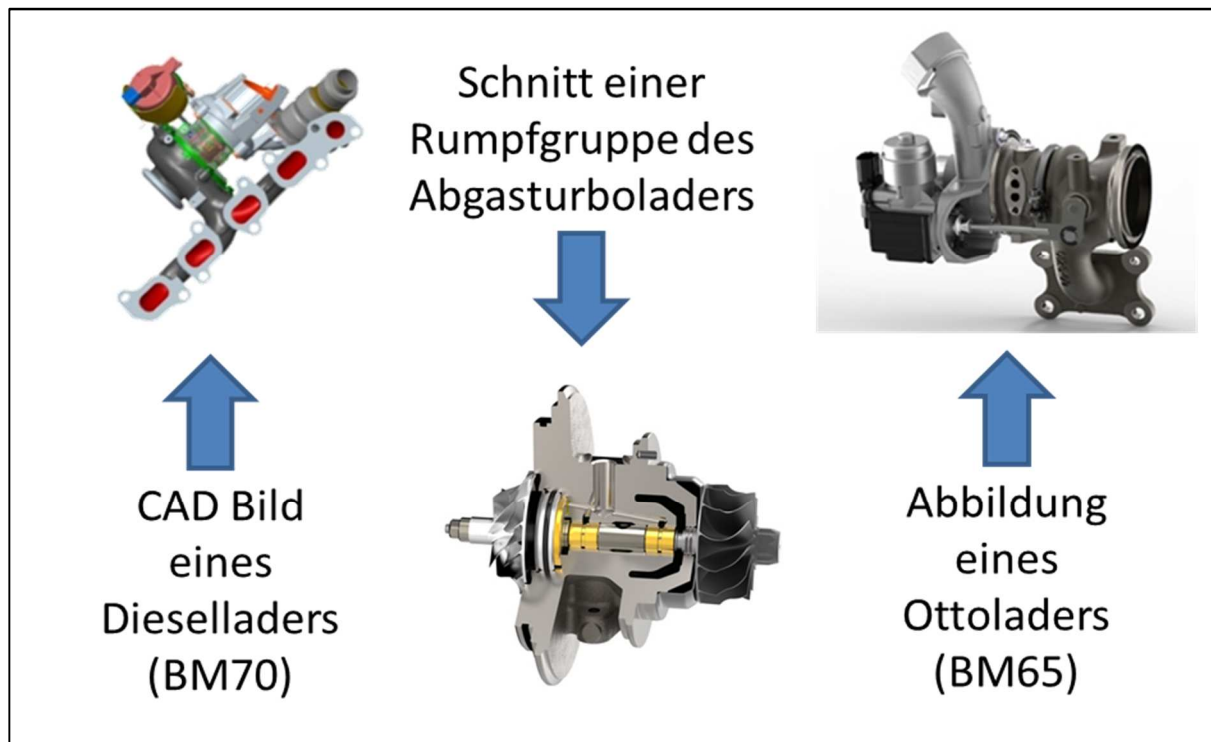


Abbildung 1-4: BM65 und BM70

- Der Produktionsstart erfolgt mit einem Produktionsmodul und wird je nach Kapazitätsbedarf um zusätzliche Module erweitert. Für diese Arbeit wurde das Modullayout, basierend auf einem bereits vorhandenen Wertstromdesign für das Jahr 2012, herangezogen.
- Im Werk St. Michael ob Bleiburg erfolgt ein 3-stufiger Produktionshochlauf mit folgenden Stückzahlen:

im Jahr 2011 mit einem Produktionsmodul:	~1000 ATL
im Jahr 2012 mit drei Produktionsmodulen:	~200.000 ATL
im Jahr 2015 mit acht Produktionsmodulen:	~2 400 000 ATL
- Mit der bei BMTS bestehenden Simulationssoftware für den Materialfluss soll eine Darstellung, ein Vergleich und eine Bewertung des bestehenden Modullayouts und der entwickelten unterschiedlichen Fertigungslayouts durchgeführt werden.

1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Produktion von BMTS befand sich zu Beginn der Diplomarbeit im Prototypen- bzw. Vorserienstatus. Mit dieser Diplomarbeit sollen noch vor Serienanlauf im Jahr 2012 Fertigungsalternativen untersucht werden. Zielsetzung dabei ist es nach

Analyse der bestehenden Fertigungsplanung alternative Layouts zu entwickeln und mögliche Verbesserungspotenziale aufzuzeigen und zu bewerten. Dem Ergebnis entsprechend soll daraus eine Empfehlung für eine mögliche Umsetzung einer der Varianten abgeleitet werden.

Die zu diesem Zeitpunkt bei BMTS vorhandene Simulationssoftware soll auf ihre Funktionalität überprüft und ein Anforderungskatalog erstellt werden.

Dazu wurden folgenden Schritte als Aufgabenstellung und Zielsetzung der Diplomarbeit festgelegt:

1. Aufzeigen von Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten im Modullayout
2. Alternative Materialfluss- und Layoutkonzepte entwickeln unter Berücksichtigung der Lean Prinzipien
3. Empfehlung eines Konzepts durch Bewertung der alternativen Layouts
4. Erarbeitung eines Anforderungskatalogs für die Simulationssoftware

Auch wurde festgelegt, dass das Fertigungskonzept der alternativen Layouts auf das später beschriebene Competence Center Konzept aufbauen soll und die unterschiedlichen Varianten mithilfe einer Nutzwertanalyse verglichen und bewertet werden sollen.

1.4 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Durchführung der Diplomarbeit wurde in drei Phasen eingeteilt. Die erste Phase besteht aus der Aufnahme und Analyse der IST-Situation und ist die Basis für die Entwicklung alternativer Layouts. Dazu sind entsprechende Produktions-, Prozess- und Materialflussanalysen der bestehenden Fertigung durchzuführen und die zugehörigen Daten zu ermitteln. Dabei sollen auch Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufgezeigt werden.

Aus den Erkenntnissen der Phase eins sollen in Phase zwei alternative Fertigungslayouts zum bestehenden Modullayout entwickelt werden. Nach Bewertung und Vergleich der unterschiedlichen Varianten mithilfe einer Nutzwertanalyse soll dem Ergebnis entsprechend eine Variante empfohlen werden. Ein Vergleich sollte auch über eine bestehende Simulationssoftware für den Materialfluss durchgeführt werden. Dazu ist eine Überprüfung der Funktionalität erforderlich und ein Anforderungskatalogs an die Simulationssoftware zu erstellen.

Abschließend werden in Phase drei die Aufgabenstellung, Durchführung und Ergebnisse unter Einbeziehungen theoretischer Grundlagen in Form einer Diplomarbeit zusammengefasst und dokumentiert.

Abbildung 1-5 zeigt das Vorgehen zur Durchführung der Diplomarbeit:

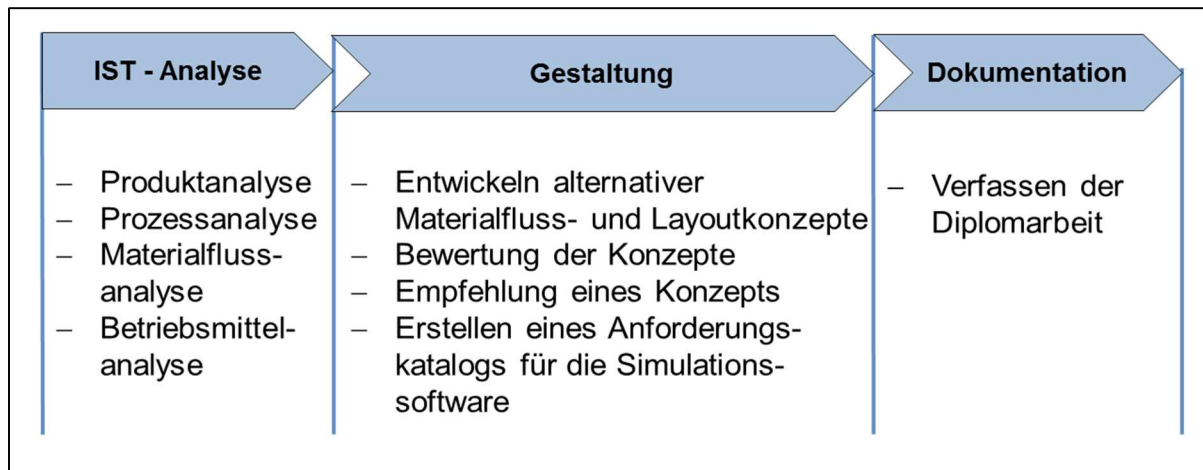


Abbildung 1-5: Vorgehen

2 Theorie zum Produktionsmanagement

Für die erforderliche Analyse und die Entwicklung von alternativen Fertigungskonzepten soll auf wichtige theoretische Grundlagen des Produktionsmanagement und des Logistikmanagements eingegangen werden. Dieses Kapitel umfasst die Produktionstheoretischen Grundlagen, die Definition der Produktionsprozesse, die Einführung in die Produktionssysteme und die Lean Production. Das Produktionsmanagement ist verantwortlich für die Entwicklung und Gestaltung von Produktionssystemen zur Herstellung eines vorgegebenen Produktes.⁴

2.1 Produktionstheoretische Grundlagen

Produktion bedeutet, *„Sachgegenstände, Dienstleistungen, Informationen sowie andere immaterielle Werte in einer Folge von Bearbeitungs-, Montage- und Transportvorgängen durch das Zusammenwirken von menschlicher Arbeit, Betriebsmitteln und Werkstoffen herzustellen.“*⁵

Sie ist somit jener Bereich im Betriebsablauf der für die unmittelbare Erbringung der Betriebsleistung verantwortlich ist. Die Produktion wird im Wesentlichen durch die Produktionsfaktoren bestimmt. Nach dem Wirtschaftlichkeitsprinzip ist es Aufgabe des Managements Produktionsfaktoren so festzulegen, dass die Kombination eine vorgegebene Leistung zu minimalen Kosten oder mit vorgegebenen Kosten eine maximale Leistung erzielt wird.⁶

Die Produktionsfaktoren nach REFA sind:⁷

- Mensch (Arbeit)
- Kapital (Betriebsmittel, Finanzmittel, Material und Energie)
- Information

Die Kombination dieser Produktionsfaktoren erfolgt in Produktionssystemen, die ein soziotechnisches System bilden und aus einem Input (Produktionsfaktoren) einen Output (Produkte/Leistungen) erzeugen. Das Produktionsmanagement ist das Management für die Gestaltung, die Lenkung und die Entwicklung dieser Produktionssysteme. Zu den wesentlichsten Systemen zählen die Fertigung und die

⁴ Vgl. WOHINZ (2003), S. 225

⁵ DOMSCHKE (1993), S. 3

⁶ Vgl. PFOHL (2004), S. 29

⁷ Vgl. REFA (1991), Teil 1, S. 87

Montage. Diese werden von der Produktionsplanung und –steuerung koordiniert. Die Schnittstelle zum Logistikmanagement bildet die Produktionslogistik.⁸

Ziele des Produktionsmanagement

In Abbildung 2-1 werden die bereichsspezifischen Ziele im Produktionsmanagement dargestellt. Nicht alle Ziele können gleichermaßen mit einem möglichst hohen Erfüllungsgrad realisiert werden, da es sich teilweise um widersprüchliche Zielsetzungen handelt. Der Forderung nach kurzen Durchlaufzeiten steht z.B. die Forderung nach einer möglichst günstigen Maschinenauslastung und Auftragsverteilung gegenüber.⁹

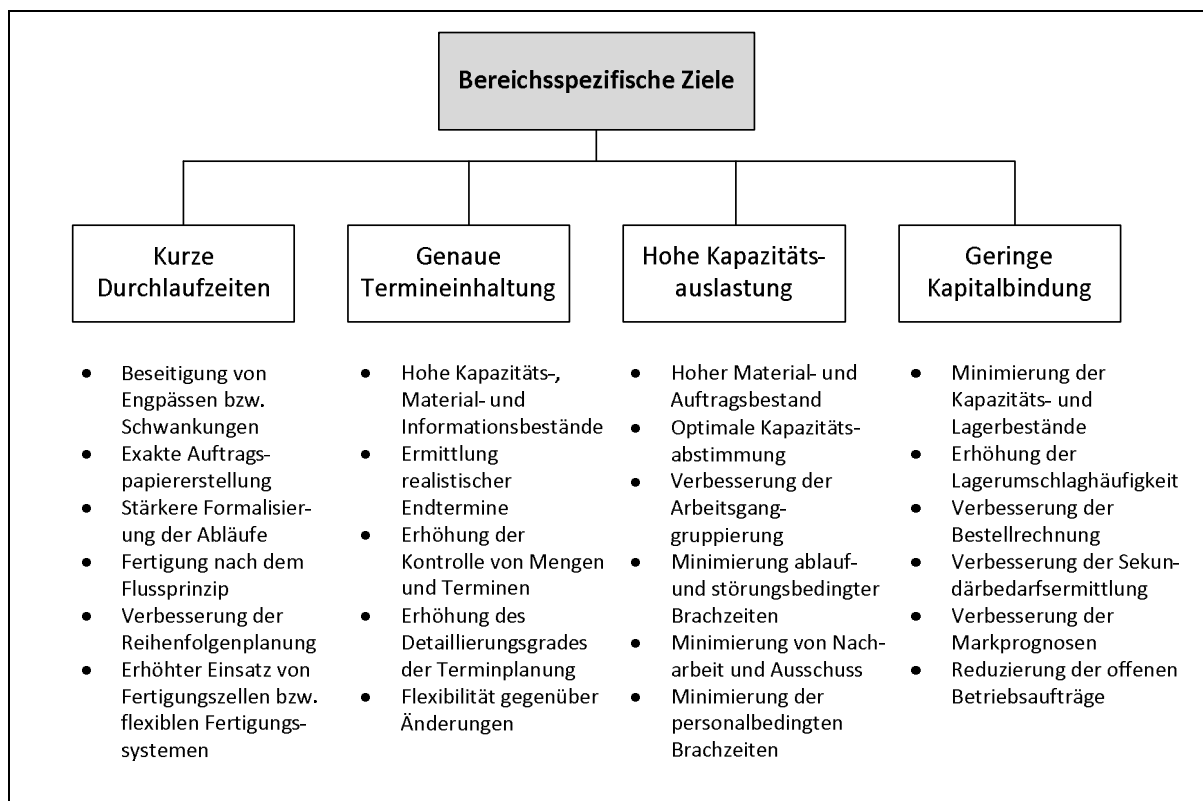


Abbildung 2-1: Bereichsspezifische Ziele im Produktionsmanagement¹⁰

⁸ Vgl. WOHINZ et al. (2010/11), S. 7-3

⁹ Vgl. WOHINZ (2003), S. 230

¹⁰ In Anlehnung an: WOHINZ (2003), S. 230

Aufgaben des Produktionsmanagements

Zu den drei Hauptaufgaben des Produktionsmanagements zählen

- die Planung und Steuerung der Produktion,
- die Realisierung als eigentliche Leistungserstellung sowie
- die Gestaltung und Entwicklung der Produktionssysteme.¹¹

Ein wesentlicher Punkt für diese Arbeit ist die Produktionsplanung, wie sie mit ihren Teilaufgaben in Abbildung 2-2 dargestellt ist. Sie zeigt den Planungsprozess ausgehend von den Bereichen Arbeitsablauf planen, Mittel planen und Dokumentation der Planungsergebnisse, bis hin zu den Einzelbedarfen.

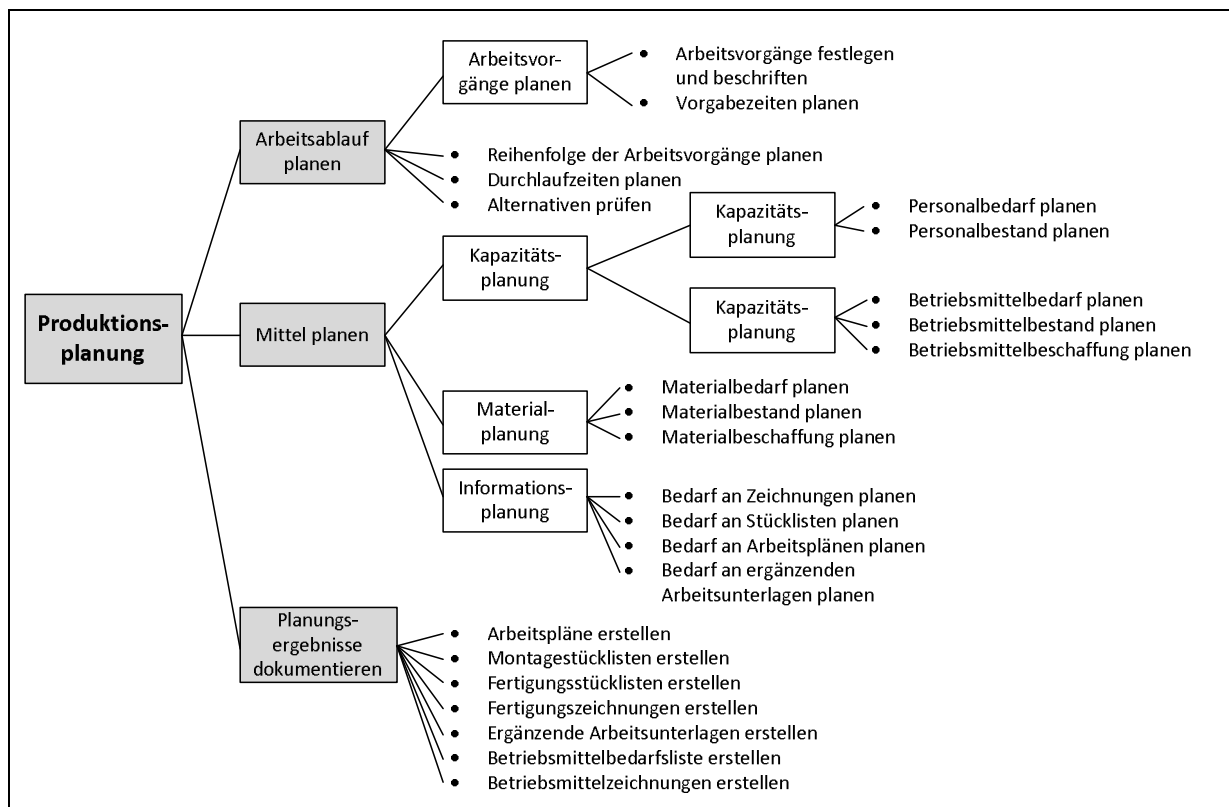


Abbildung 2-2: Teilaufgaben in der Produktionsplanung¹²

2.2 Definition der Produktionsprozesse

„Ein Prozess ist eine sachlogische Abfolge von betrieblichen Tätigkeiten bzw. Aktivitäten mit dem Ziel eines klar festgelegten Outputs zur Erzeugung von

¹¹ Vgl. WOHINZ (2003), S. 230f

¹² REFA (1991), Teil 1, S. 18

Kundennutzen.¹³ Er besitzt einen bestimmten Leistungsumfang, ist durch einen definierten, messbaren Input und Output bestimmt, ist wiederholbar, fügt Kundenwert an Prozessobjekten hinzu, kann funktionsübergreifend sein, hat einen durchgängig verantwortlichen Prozess-Eigner und verfügt über alle notwendigen Ressourcen und Informationen.¹⁴

Prozesstypen

Es werden nun folgende Prozesstypen unterschieden:¹⁵

- Führungsprozesse: Dienen zur Überwachung der Finanzen, Führung der Mitarbeiter und Entwicklung der Strategie in der Unternehmung.
- Leistungsprozesse: Sind jene Prozesse bzw. Teilprozesse, die zur Erstellung und Vermarktung der Produkte und Dienstleistungen einer Unternehmung dienen.
- Unterstützungsprozesse: Prozesse, welche die Ressourcen zur Leistungserstellung aufbauen und pflegen.

Abbildung 2-3 stellt die unterschiedlichen Prozesstypen dar.

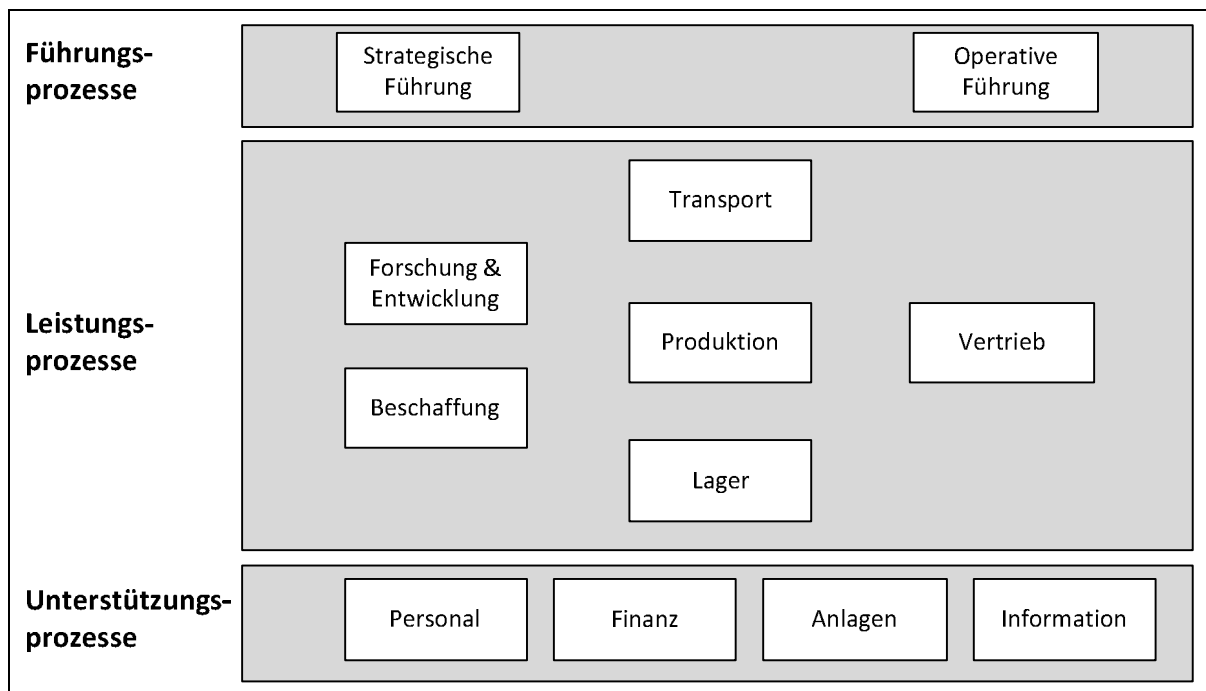


Abbildung 2-3: Prozesstypen¹⁶

¹³ SCHANTIN (2004), S. 43

¹⁴ Vgl. SCHANTIN (2004), S. 43

¹⁵ Vgl. ÖSTERLE (1995), S. 130

¹⁶ In Anlehnung an: ÖSTERLE (1995), S. 131

Produktionsprozessanalyse

Ziel einer Prozessanalyse ist die Beschreibung von Geschäftsprozessen, Material-, Kommunikations- und Werteflüssen. Ein Produktionsprozess zählt zu den Leistungsprozessen und ist ein Prozess, bei dem zum Zweck der Erstellung von Gütern Produktionsfaktoren kombiniert und transformiert werden, wie es in Kapitel 2.1 beschrieben worden ist.¹⁷

Bei komplexen Prozessabläufen, wie im vorliegenden Fall, können auch durch Prozesssegmentierungen in Form von Haupt- und Teilprozessen vereinfacht dargestellt werden, wie es in Kapitel 4.2.1 angewendet wird.

2.3 Einführung in die Produktionssysteme

Wie bereits erwähnt erzeugen Produktionssysteme aus einem Input (Produktionsfaktoren) einen Output (Produkt, Leistung) und werden vom Produktionsmanagement gelenkt und gesteuert.¹⁸

Anforderungen an die Produktion

Ausgangspunkt für die Produktion eines Produktes ist die Kundenanforderung hinsichtlich Funktionalität, Nutzen und Verfügbarkeit. Die Marktleistung umfasst die Produkte, Systeme und Anlagen, sowie Serviceleistungen, die vor, während und nach der Nutzungsphase erbracht werden. Die Anforderung an die Produktion werden von Kundenanforderungen und Marktleistung wesentlich beeinflusst und werden wie in Abbildung 2-4 sowohl nach Innen- und Außensicht bestimmt, die wiederum durch rationale und emotionale Ansicht gegliedert sind.¹⁹

¹⁷ Vgl. DOMSCHKE (1993), S. 4

¹⁸ Vgl. WOHINZ et al. (2010/11), S. 7-3

¹⁹ Vgl. WIENDAHL (2009), S. 45

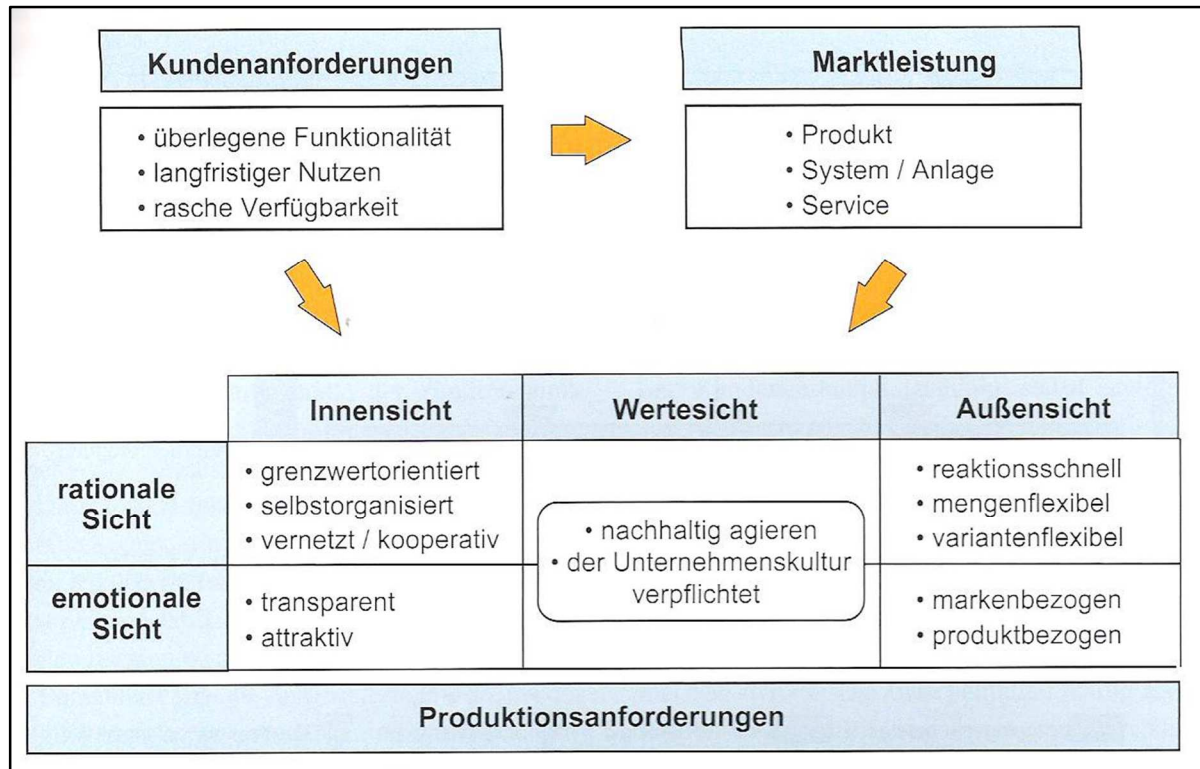


Abbildung 2-4: Produktionsanforderungen²⁰

Aus diesen Produktionsanforderungen können folgende Eigenschaften und Leitsätze für eine Produktion, wie in Tabelle 2-1 dargestellt, abgeleitet werden:

Reaktionsschnell:	Marktübliche Lieferzeiten und Liefertreue übertreffen
Mengen- u. variantenflexibel:	Mengenschwankungen und Produktvarianten wirtschaftlich beherrschen
Grenzwertorientiert:	Bekannte Grenzen überwinden und natürliche physikalische und logische Grenzen zum Maßstab machen
Selbstorganisiert:	Notwendige Struktur- und Ablaufänderungen auf allen Ebenen initiieren und partizipativ durchführen
Vernetzt:	Kernkompetenzen unternehmungssübergreifend dynamisch und temporär vernetzen

²⁰ WIENDAHL (2009), S. 45

Kulturbewusst:	Gemeinsam akzeptierte Wertvorstellungen und Verhaltensweisen entwickeln und nach außen und innen glaubwürdig vermitteln
Nachhaltig:	Produkte, Produktionsprozesse und Produktionsmittel im gesamten Lebenszyklus unter dem Kreislaufgedanken energie-, ressourcen- und umweltschonend gestalten und betreiben.

Tabelle 2-1: Eigenschaften und Leitsätze für eine Produktion²¹

Gliederung der Produktionssysteme

Für die Gliederung der Produktionssysteme werden im Allgemeinen zwei Kriterien herangezogen, die sich im Wesentlichen durch die Anzahl des zu fertigenden Produktes und des Fertigungsprinzips unterscheiden:²²

- Die Breite und der Aufbau des Fertigungsprogrammes als
 - Einfeldfertigung
 - Serienfertigung
 - Massenfertigung

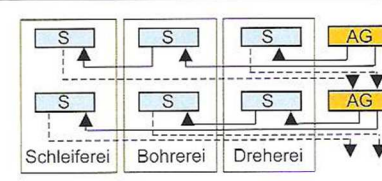
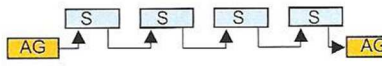
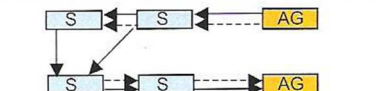
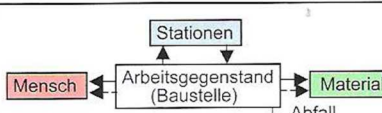
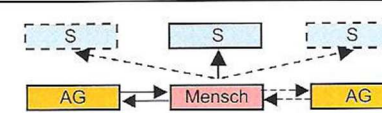
- Die räumliche Anordnung der Betriebsmittel nach dem
 - Verrichtungsprinzip (Werkstattprinzip)
 - Erzeugnisprinzip (Fließprinzip)
 - Gruppenprinzip (Fertigungsinsel)
 - Baustellenprinzip
 - Werkbankprinzip

Als Ausgangspunkt für diese Arbeit wird aufgrund der hohen Stückzahlen die Serien- und Massenfertigung betrachtet. Bezogen auf die räumliche Anordnung der Betriebsmittel gilt für das Modullayout das Fließprinzip und für das Competence Center das Werkstattprinzip.

Eine Auflistung und die Strukturen industrieller Fertigungsprinzipien werden in Abbildung 2-5 gezeigt.

²¹ WIENDAHL (2009), S. 74

²² Vgl. WOHINZ (2003), S. 227

Ordnungskriterium	Fertigungsprinzip	Räumliche Struktur	Beispiele
Arbeitsaufgabe	Werkstattprinzip Verrichtungsprinzip		<ul style="list-style-type: none"> • Dreherei • Fräseerei • Schleiferei • Schweißwerkstatt
Arbeitsfolge definierter Varianten	Fließprinzip Erzeugnisprinzip		<ul style="list-style-type: none"> • Fertigungslinie • Montagelinie
Arbeitsfolge einer Teilefamilie	Fertigungsinsel / Gruppenprinzip		<ul style="list-style-type: none"> • Fertigungsinsel • Montageinsel
Produkt	Baustellenprinzip		<ul style="list-style-type: none"> • Großmaschinenbau • Schiffswerft
Mensch	Werkbankprinzip		<ul style="list-style-type: none"> • Handwerkliche Arbeitsplätze • Werkzeugmacherei

AG Arbeitsgegenstand S Station

Abbildung 2-5: Struktur industrieller Fertigungsprinzipien²³

Da für den praktischen Teil dieser Arbeit das Werkstattprinzip und das Fließprinzip eine wichtige Rolle spielen, werden diese zwei Fertigungsprinzipien kurz näher erläutert.

Werkstattfertigung:

Unter einer Werkstattfertigung, auch Verrichtungsprinzip genannt, versteht man die Anordnung von Arbeitsplätzen nach spezialisierten Bearbeitungsverfahren. Diese Arbeitsplätze werden nach ihrer Funktion in Werkstätten zusammengefasst und von den Arbeitsgegenständen dem Fertigungsprozess entsprechend durchlaufen.²⁴

Die Abarbeitung der Arbeitsvorgänge erfolgt zumeist in Losen, mit dem Vorteil der Realisierung einer Serienfertigung, sowie einer Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Anforderungen an die Produktion, wie z.B. technische Änderungen der Produkte und Auftragsänderungen. Als Nachteile ergeben sich längere Durchlaufzeiten aufgrund der Wartezeiten zwischen den einzelnen

²³ WIENDAHL (2009), S. 266

²⁴ Vgl. WIENDAHL (2009), S. 267

Produktionsprozessen. Die Werkstattfertigung bietet eine gute Voraussetzung für die fachliche Führung, Kontrolle und Weiterbildung der Belegschaft.²⁵

Fließfertigung:

Bei der Fließfertigung erfolgt die räumliche Anordnung der Betriebsmittel entsprechend der technologischen Arbeitsfolge und wird daher auch Erzeugnisprinzip genannt. Dieses Fertigungsprinzip kommt auch bei dem von BMTS eingesetzten Modullayout zur Anwendung. Da die Arbeitsgegenstände direkt von einer Arbeitsstation zur nächsten transportiert werden, resultieren daraus kaum Wartezeiten und es ergeben sich dadurch kurze Durchlaufzeiten. Dieses Fertigungsverfahren ist aufgrund der spezialisierten Betriebsmittel besonders für eine Großserien- bzw. Massenfertigung geeignet.²⁶

Ein Nachteil der Fließfertigung ergibt sich aus der Fertigungseinrichtung, die auf ein bestimmtes Produkt ausgerichtet ist und bei einer technischen Änderung ein großer Aufwand für die Umrüstung erforderlich ist. Außerdem wird die Produktion der Teile dann teuer, wenn eine wirtschaftliche Auslastung der Betriebseinrichtung durch fehlenden Bedarf für das vorgesehene Produkt nicht gegeben ist.²⁷

Ein weiterer Nachteil ist die Festlegung von vorgegebenen Taktzeiten, welche erforderlich sind, um die Kundenforderung nach einer Großserien- bzw. Fließfertigung innerhalb der Betriebszeit zu erfüllen. Auch können schon geringe Störungen an einzelnen Arbeitsstationen zum Stillstand der gesamten Anlage führen.²⁸

Produktivität und Flexibilität von Produktionssystemen

Unter Produktivität versteht man das Verhältnis von mengenmäßigem Output und mengenmäßigem Input an Ressourcen. Die Flexibilität bezeichnet das Vorhandensein von Anpassungsalternativen, die bei wechselnden wirtschaftlichen, technischen, sozialen und ökologischen Anforderungen eine neue optimale Zielerreichung ermöglichen.²⁹

Die Produktivität und Flexibilität von Produktionssystemen verhalten sich diametral, d.h. dass bei geringer Typenvielfalt und hoher Stückzahl die Produktivität mit Einsatz von Transferstraßen bzw. Fließfertigung steigt, wogegen bei hoher Typenvielfalt und

²⁵ Vgl. AGGTELEKY (1982), S. 461

²⁶ Vgl. AGGTELEKY (1982), S. 461

²⁷ Vgl. WIENDAHL (2009), S. 267

²⁸ Vgl. ARNOLD/FURMANS (2005), S. 258

²⁹ Vgl. WOHINZ (2003), S. 227

niedriger Stückzahl eine Werkstattfertigung eine höhere Flexibilität gewährleistet, wie es in Abbildung 2-6 ersichtlich ist.

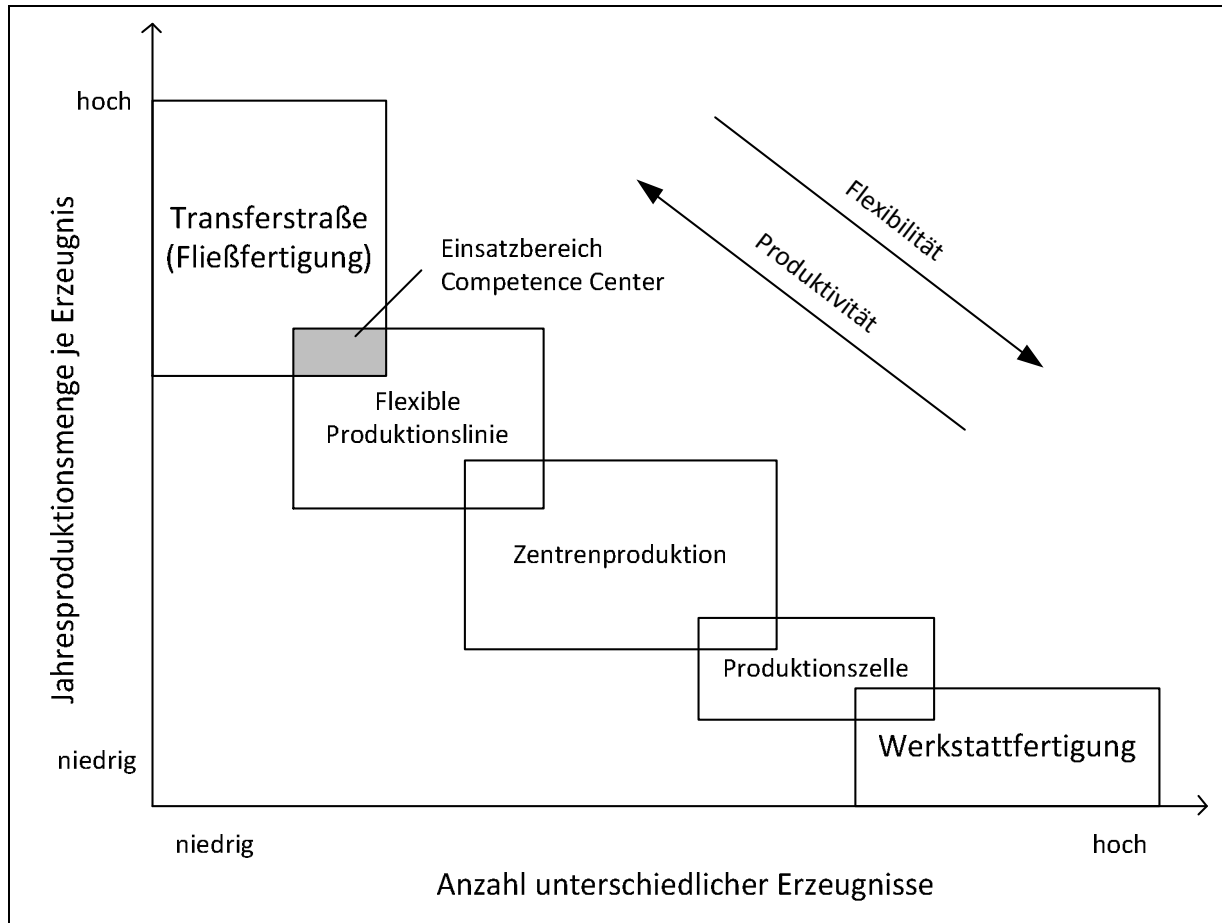


Abbildung 2-6: Produktivität und Flexibilität von Produktionssystemen³⁰

Für den vorgegebenen Einsatz eines Competence Centers gegenüber dem Modullayout als Produktionssystem wird sowohl die räumliche Struktur des Werkstattprinzips mit Bereichen gleicher Betriebsmittel zugrunde gelegt, als auch das Fertigungsprinzip der Fließfertigung mit entsprechenden Fertigungs- und Montagelinien. Der dargestellte Einsatzbereich des Competence Centers wird in diesem Fall durch eine bestimmte Anzahl der Jahresmenge und Typen begrenzt. Eine wesentliche Erhöhung der Jahresmenge führt zu einer reinen Fließfertigung bzw. Massenproduktion, während bei hoher Typenvielfalt eine flexiblere Produktion zielführend ist.

³⁰ In Anlehnung an: ARNOLD et al. (2008), S. 124

2.4 Lean Production

Im vorliegenden Fall wurden die Grundsätze einer Lean Production (schlanke Produktion) weitgehend in der bestehenden Modulfertigung sowie in den nachfolgenden Layouts berücksichtigt. Dazu werden folgende theoretische Grundlagen zur Lean Production zusammengefasst.

Entstehung des Lean Gedankens

Der Lean Gedanke kommt aus dem Toyota Produktions System und wird folgendermaßen beschrieben:

„Die als „Lean Production“ oder das „Toyota Produktion System“ (TPS) nach Taiichi Ohno bekanntgewordenen Methoden stellen eine elementare Basis für einen effizienten, konkurrenzfähigen und modernen Materialfluss dar.“³¹

Das wichtigste Ziel des Toyota Produktionssystems war die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Produktion durch konsequente und gründliche Beseitigung jeglicher Verschwendung, sowie der gleichzeitigen Betonung des Respekts vor dem Menschen. Um eine schlanke Produktion zu erreichen, sollte das Material nur dort bereitgestellt werden, wo es benötigt wird. Wichtige Punkte dafür sind eine minimale Bevorratung, eine effiziente Verkettung von Maschinen und Montageplätzen, wenig bis keine Pufferbestände, geringe Flächen für Reparaturen und Nacharbeiten und der effiziente Einsatz von Mitarbeitern.³²

Voraussetzung zur Zukunftssicherung der Industrie sind Leistungssteigerungen in den Bereichen Produktentwicklung, Prozesseffizienz und –sicherheit, Umweltbelastung, Reaktionsgeschwindigkeit, Flexibilität und Kundenorientierung.³³

Die Lean Prinzipien

Im Folgenden sind die fünf Lean Prinzipien nach Womack und Jones aufgelistet und bilden die theoretische Basis und den Leitfaden für die Lean Production.

Wert:

Der Wert ist der entscheidende Ausgangspunkt von Lean Thinking. Er kann nur vom Endverbraucher definiert werden und soll auf die Bedürfnisse des Kunden ausgerichtet werden. Er wird durch jene Leistung bestimmt, die erforderlich ist, um

³¹ DICKMANN (2009), S. 5

³² Vgl. OHNO (1993), S. 12ff

³³ Vgl. OHNO (1993), S. 14

ein Produkt mit bestmöglicher Qualität, zu adäquaten Preisen, in der gewünschten Anzahl und rechtzeitig an den gewünschten Ort zu liefern.³⁴

Wertstrom:

Der Wertstrom ist jener Prozess spezifischer Tätigkeiten, der ein bestimmtes Produkt durch drei entscheidende Bereiche einer Unternehmung führt. Zum einen ist es

- die Produktentwicklung, die vom Konzept über die Konstruktion und Produktionsvorbereitung bis zum Produktionsanlauf reicht, zum anderen
- das Informationsmanagement, das von der Bestellung über die genaue Terminierung bis zur Auslieferung, sowie
- die Bearbeitung des Rohmaterials bis zum fertigen Produkt reicht.³⁵

Ziel der Analyse des Wertstroms ist es, Ansätze für eine verschwendungsfreie und flussorientierte Produktion zu schaffen.³⁶

Flow:

Um den Produktionsablauf zu beschreiben, hat sich der Begriff des Flusses (Flow) eingebürgert. Der Produktionsfluss gilt als ein wichtiges Merkmal für den Ablauf und kann mit der Kennzahl des Flussgrades (Verhältnis Zykluszeit zu Durchlaufzeit) gemessen werden.³⁷

Unter Flow versteht man die einzelnen Schritte entlang des Wertstroms, die ein Produkt von der Konstruktion bis zur Einführung, vom Auftrag bis zur Auslieferung und vom Rohmaterial bis in die Hände des Kunden zurücklegt, ohne dabei Unterbrechungen, Ausschuss oder Rückflüsse zu verursachen.³⁸

Pull:

Pull (Zug) bedeutet, dass niemand auf einer vorgelagerten Produktionsstufe eine Ware herstellt oder eine Dienstleistung erbringt, bevor der nachgelagerte Kunde (intern oder extern) sie nachfragt. Es darf erst produziert werden, wenn der Kunde bestellt oder die Bestände ein Minimum erreicht haben. Die Pull-Steuerung zieht sozusagen das Produkt durch die Produktion, wohingegen die Push-Steuerung das Produkt durch die Produktion drückt.³⁹

Als grundlegendes Element der Pull-Steuerung gilt das Kanbansystem. Ein Kanban ist ein Schild auf dem vermerkt ist, wieviele Einheiten von welchem Teil entnommen

³⁴ Vgl. WOMACK/JONES (2004), S. 24

³⁵ Vgl. WOMACK/JONES (2004), S. 28

³⁶ Vgl. ARNOLD et al. (2008), S. 312

³⁷ Vgl. ERLACH (2007) S. 10

³⁸ Vgl. WOMACK/JONES (2004), S. 405

³⁹ Vgl. WOMACK/JONES (2004), S. 85

oder wie viele Teile montiert werden sollen. Es ist ein Hilfsmittel zur Organisierung und Sicherstellung der Just-in-Time Produktion.⁴⁰

Perfektion:

Die Perfektion ist die vollständige Beseitigung von Verschwendung, sodass alle Tätigkeiten entlang des Wertschöpfungsstroms Wert erzeugen.⁴¹ Eine Methode um Perfektion anzustreben ist der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) oder auch als Kaizen bekannt, der in kleinen Schritten dafür aber permanent abläuft.⁴²

Elemente der Lean Production

Die Erläuterung und Aufzählung der grundsätzlichen Elemente einer Lean Production sind Inhalt der Beschreibung des Toyota Produktion Systems und zusammenfassend in Abbildung 2-7 dargestellt.

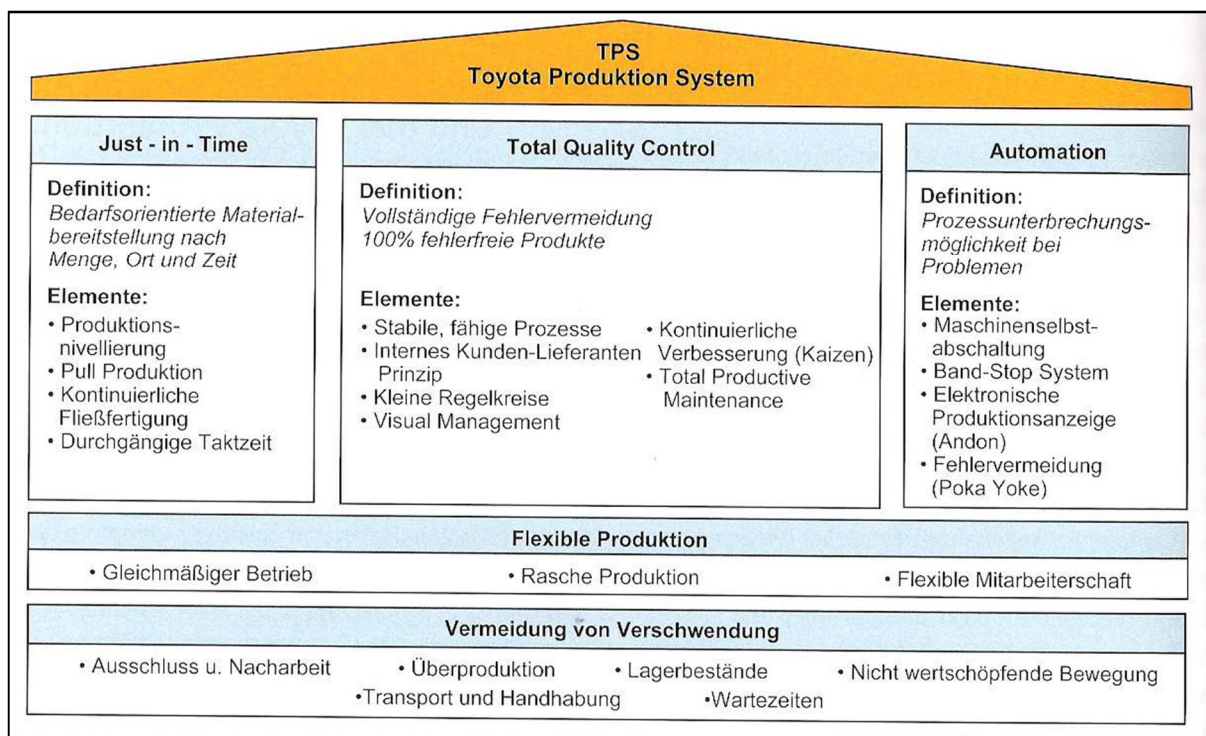


Abbildung 2-7: Elemente des Toyota Produktion Systems⁴³

⁴⁰ Vgl. OHNO (1993), S. 153f

⁴¹ Vgl. WOMACK/JONES (2004), S. 408

⁴² Vgl. SHINGO (1992), S. 256

⁴³ WIENDAHL (2009), S. 90

Im Folgenden wird der für diese Arbeit wichtige Punkt der „Vermeidung von Verschwendung“ näher beschrieben.

Vermeidung von Verschwendung:

Die gegenwärtige Kapazität in der Produktion ergibt sich aus der Summe der Arbeit mit der Verschwendung. Daher muss für eine Verbesserung der Effizienz die Verschwendung vermieden und die Arbeit auf 100 Prozent erhöht werden. Nur die unbedingt erforderliche Arbeit wird als Arbeit angesehen und der Rest als Verschwendung definiert.⁴⁴

Das Toyota Produktion System kennt 7 Arten von Verschwendung, die gekennzeichnet sind durch:

1. Überschussproduktion
2. Verzögerungen
3. Transportbewegungen
4. Bearbeitungen
5. Lagerbestände
6. die Bewegungsabläufe
7. die Herstellung fehlerhafter Produkte

Die vollständige Beseitigung dieser Verschwendungen kann die betriebliche Rentabilität erheblich verbessern.⁴⁵

⁴⁴ Vgl. OHNO (1993), S. 45

⁴⁵ SHINGO (1992), S. 161

3 Theorie zum Logistikmanagement

Nach dem Produktionsmanagement, das sich mit der Entwicklung und Steuerung von Produktionssystemen beschäftigt, dient das Logistikmanagement der Steuerung von Materialflüssen. Nachfolgende Grundlagen sind die Basis für die Entwicklung der alternativen Layouts.

3.1 Grundlagen zur Logistik

„Die Logistik ist eine moderne Führungskonzeption zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter-, Informations-, Geld- und Finanzflüsse) in unternehmungsweiten und unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen.“⁴⁶

In der Logistik werden folgende Gegenstände unterschieden:⁴⁷

- Objekte (Güter, Personen, Informationen, Energie), die im Rahmen eines Transformationsprozesses verändert werden, sowie
- Arbeitsmittel (Materialflussmittel, Produktionsmittel, Informationsflussmittel) und Infrastruktur (Gebäude, Flächen, Wege), die zusammen die notwendige Transformation im System bewirken.

Das logistische System einer Industrieunternehmung bildet die Logistikkette. Diese umfasst den gesamten Güterfluss, der von den Lieferanten über die Unternehmung, bis zu den Kunden reicht.⁴⁸ Abbildung 3-1 zeigt die Logistikkette, die sich in die Bereiche der Beschaffungslogistik, Produktionslogistik, Distributionslogistik und Entsorgungslogistik gliedert.

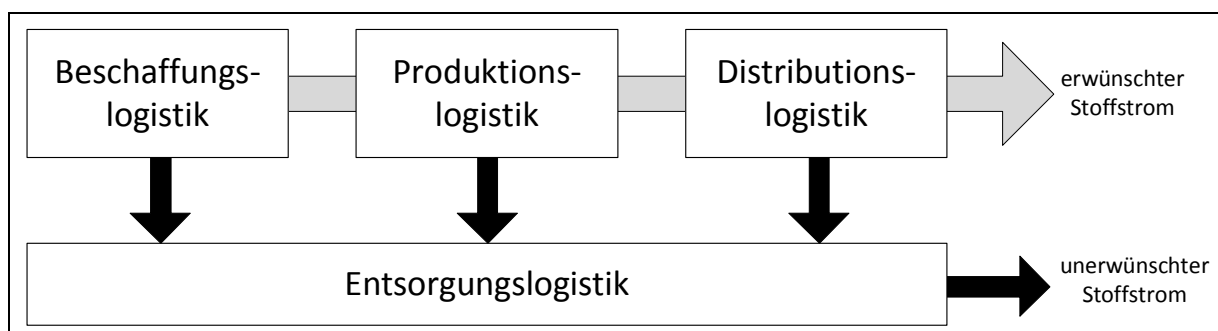


Abbildung 3-1: Logistikkette⁴⁹

⁴⁶ GÖPFERT (2006), S. 58

⁴⁷ Vgl. JÜNEMANN/SCHMIDT: Materialflusssysteme in: ARNOLD et al. (2008), S. 371

⁴⁸ Vgl. ARNOLD et al. (2008), S. 4

⁴⁹ In Anlehnung an: PFOHL (1996), S. 18

Damit die Materialflüsse koordiniert werden können, hat die Logistik dafür zu sorgen, dass ein Empfangspunkt entsprechend seinem Bedarf von einem Lieferpunkt

- mit dem richtigen Produkt (in Menge und Ausführung)
- im richtigen Zustand
- zur richtigen Zeit
- am richtigen Ort

zu den dafür minimalen Kosten versorgt wird.⁵⁰

Supply Chain Management

Im Vergleich zum Logistik Management ist das Supply Chain Management (SCM) unternehmensübergreifend und verantwortlich für eine konsequente Umsetzung aller Prozesse innerhalb der Logistikkette, in welcher sowohl Forschungs- und Entwicklungsmethoden, wie auch der Finanzfluss in die Betrachtung miteinbezogen werden. Ergänzend zur Logistik mit den Gestaltungsobjekten des Material- und Informationsfluss wird im Supply Chain Management auch der Finanzfluss berücksichtigt. SCM koordiniert die strategische und langfristige Zusammenarbeit von Herstellern im gesamten Logistiknetzwerk zur Entwicklung und Herstellung von Produkten.⁵¹

Somit ist das Supply Chain Management durch zwei Prinzipien charakterisiert:⁵²

1. Ganzheitliche Auffassung der Logistikkette,
2. Kooperation der Partner in der Logistikkette

3.2 Materialflussanalyse und –gestaltung

„Mit Material werden alle Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe bezeichnet, die zum Erzeugen von Produkten erforderlich sind und dabei ihre ursprüngliche Form, ihre selbständige Funktion und die Möglichkeit zu anderweitiger Verwendung verlieren.“⁵³

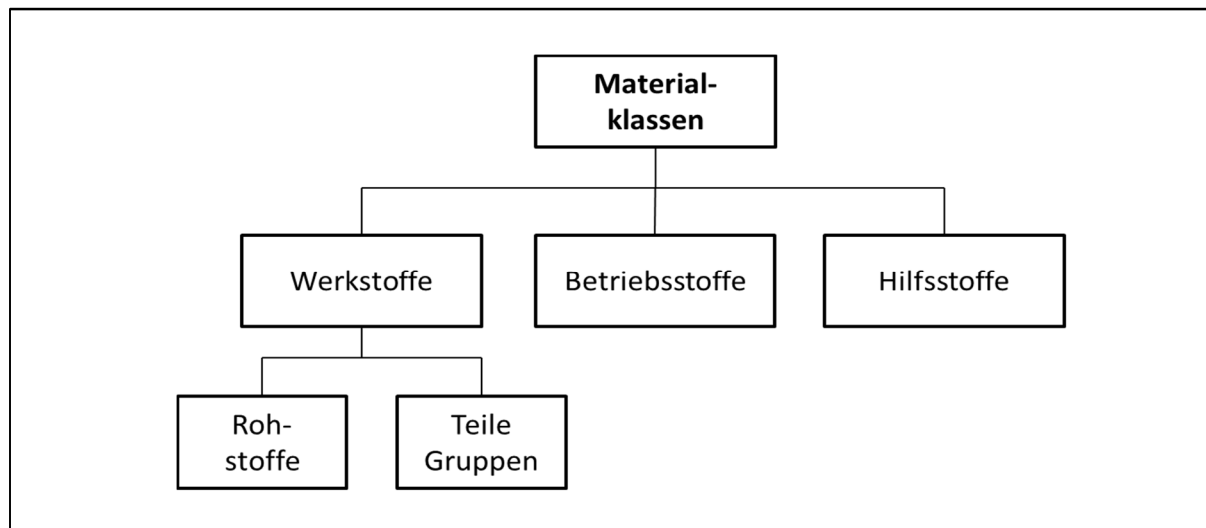
Abbildung 3-2 zeigt die Gliederung in Materialklassen.

⁵⁰ Vgl. PFOHL (1996), S. 12

⁵¹ Vgl. WOHINZ et al. (2010/11), S. 5-4

⁵² Vgl. VAHRENKAMP (2007), S. 29

⁵³ REFA (1991), Teil 2, S. 62

Abbildung 3-2: Gliederung in Materialklassen⁵⁴

Über die Materialflussanalyse werden jene Funktionen des Betriebsablaufes ermittelt, die durch die eigentlichen Fertigungsfunktionen verknüpft sind und damit die Verkettung aller Vorgänge beim Be- und Verarbeiten, sowie der Verteilung von Materialien innerhalb festgelegter Bereiche darstellt. Der Materialfluss beschreibt alle Formen des Durchlaufs eines Materials innerhalb eines Systems, das durch einen Eingang und einen Ausgang abgegrenzt wird.⁵⁵

Funktionen und Operationen des Materialflusses sind:⁵⁶

- das Bearbeiten, als Vorgang bei dem ein Erzeugnis (z.B. Rohstoff, Werkstück) dem Zustand näher gebracht wird, in dem es die Unternehmung verlassen soll.
- das Prüfen, als Vorgang des Kontrollierens im Materialfluss (z.B. Messen, Zählen, Wiegen, etc.),
- das Lagern, als Vorgang des kürzer- oder längerfristigen Aufenthalts von Gütern,
- das Transportieren, als Vorgang der physischen Ortsveränderung von Gütern.

Ziele von Materialflussanalysen sind:

- Vermittlung eines Gesamtüberblickes über die Materialflussbeziehungen aller einbezogenen Objekte (Materialflussvernetzung)

⁵⁴ WOHINZ (2003), S. 176

⁵⁵ Vgl. AGGTELEKY (1982), S. 97

⁵⁶ Vgl. JÜNEMANN/SCHMIDT: Materialflusssysteme in: ARNOLD et al. (2008), S. 372

- Erkennen von Größenordnungen der Materialflussschwerpunkte unter Beachtung wechselseitiger Beziehungen zwischen den Prozessen (Materialflussintensitäten)⁵⁷

Vorgangsweise bei der Materialflussanalyse

Die Materialflussanalyse ist eine Grundlage für die Beurteilung von Fertigungslayouts und kann für alternative Planungen als Basis herangezogen werden. Zur Materialflussanalyse ist eine entsprechende Vorbereitung, sowie eine Datenermittlung und –auswertung erforderlich.⁵⁸

Dafür werden die Untersuchungsbereiche in fünf verschiedene Bereiche eingeteilt.⁵⁹

- Betriebsexterner Bereich (zwischen Betrieb und Umwelt)
- Betriebsinterner Bereich (zwischen Gebäuden eines Betriebes)
- Gebäudeinterner Bereich (innerhalb eines Gebäudes, zwischen Abteilungen)
- Abteilungsinterner Bereich (zwischen Arbeitsplätzen innerhalb einer Abteilung)
- Arbeitsplatz-Bereich

Gegenstand einer Materialflussanalyse können immer einzelne Bereiche, mehrere Bereiche zusammen oder auch nur Teilbereiche sein.⁶⁰

Grafische Darstellung des Materialflusses

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um einen Materialfluss graphisch oder tabellarisch darzustellen und auszuwerten. Dabei gibt es Methoden, wie die Beziehungshäufigkeitsmethode, die in tabellarischer Form dargestellt wird, sowie graphische Methoden für Materialfluss und Transportbeziehung in Form von richtungsorientierten Pfeilen, wie z.B. das Kreisdiagramm und das Sankey Diagramm. In dieser Arbeit wurde der Materialfluss über das mengenbezogene Sankey Diagramm und auch mit dimensionslosen Pfeilen direkt in den Layouts dargestellt.

Beschreibung des Sankey Diagramms:

Das Sankey Diagramm beschreibt den Materialfluss in einem mengenbezogenen Materialflussschema. Dabei werden die Materialfluss- und Transportbeziehungen in einem richtungsorientierten Flussschema grafisch dargestellt, wobei die Abfolge der

⁵⁷ Vgl. GRUNDIG (2009), S. 119

⁵⁸ Vgl. NESTLER (1974), S. 26

⁵⁹ Vgl. NESTLER (1974), S. 27ff

⁶⁰ Vgl. MITTERER/PLANKENAUER (2011), S. 2-3

Bearbeitungsstufen, die Flussrichtung (Pfeile) sowie die Flussintensitäten pro Zeitraum (Pfeilstärke) daraus ersichtlich sind. Keine Berücksichtigung finden dabei Abstandsgrößen sowie räumliche Anordnungen.⁶¹

Die 10 Grundsätze eines wirtschaftlichen Materialflusses

Über die Materialflussanalyse des IST-Zustandes können Verbesserungsmöglichkeiten ermittelt werden, indem man diese einer möglichst idealen Materialflussgestaltung gegenübergestellt. Die 10 Grundsätze der Materialflussgestaltung sind:⁶²

- *Gesamthafte Betrachtung des Materialflusses*
- *Beachtung des engen Zusammenhanges zwischen Förderaufgabe und Fertigungsaufgabe*
- *Geradliniger und strömungsgünstiger nach klarer räumlicher Gliederung gestalteter Materialfluss*
- *Kreuzungen und gegenläufige Transporte sind ebenso wie Wiederholungen zu vermeiden*
- *Nahtstellen und Umschlagvorgänge sind, wenn nicht vermeidbar, besonders zu beachten bzw. zu mechanisieren*
- *Die Wirtschaftlichkeit des Transportes ist durch kurze Wege, geringe Aufenthalte, ausgelastete Fördermittel sowie hohe Fördergeschwindigkeiten anzustreben*
- *Eine ausreichende Mechanisierung ist stets unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten zu betreiben*
- *Transport- und Ladeeinheiten sollen der Art und dem Umfang des Materialflusses angepasst werden*
- *Die Flexibilität hinsichtlich zukünftiger Anforderungen soll angestrebt werden*
- *Auch Nebentransporte wie Abfall und Ausschuss rationell und unter Beachtung der Unfallsicherheit durchführen*

3.3 Aufbau der Layoutplanung

Unter Layoutplanung wird jenes Gebiet der industriellen Planung verstanden, das sich mit der Anordnung und Aufstellung von Betriebsmitteln auf Betriebsflächen befasst. Sie ist ein Teilbereich der Betriebsstättenplanung und findet in der Phase

⁶¹ Vgl. GRUNDIG (2009), S. 127

⁶² MITTERER/PLANKENAUER (2011), S. 2-12

der technisch-wirtschaftlichen Konzeption statt. Grundlage dieser Phase sind die Ergebnisse der Betriebsanalyse. Die Generalstrukturplanung, Grobplanung und Feinplanung sind Teilbereiche der Layoutplanung. Die Vorgehensweise ist dabei „vom Groben zum Detail“.⁶³

Abbildung 3-3 zeigt die Planungsphasen der Betriebsstättenplanung.

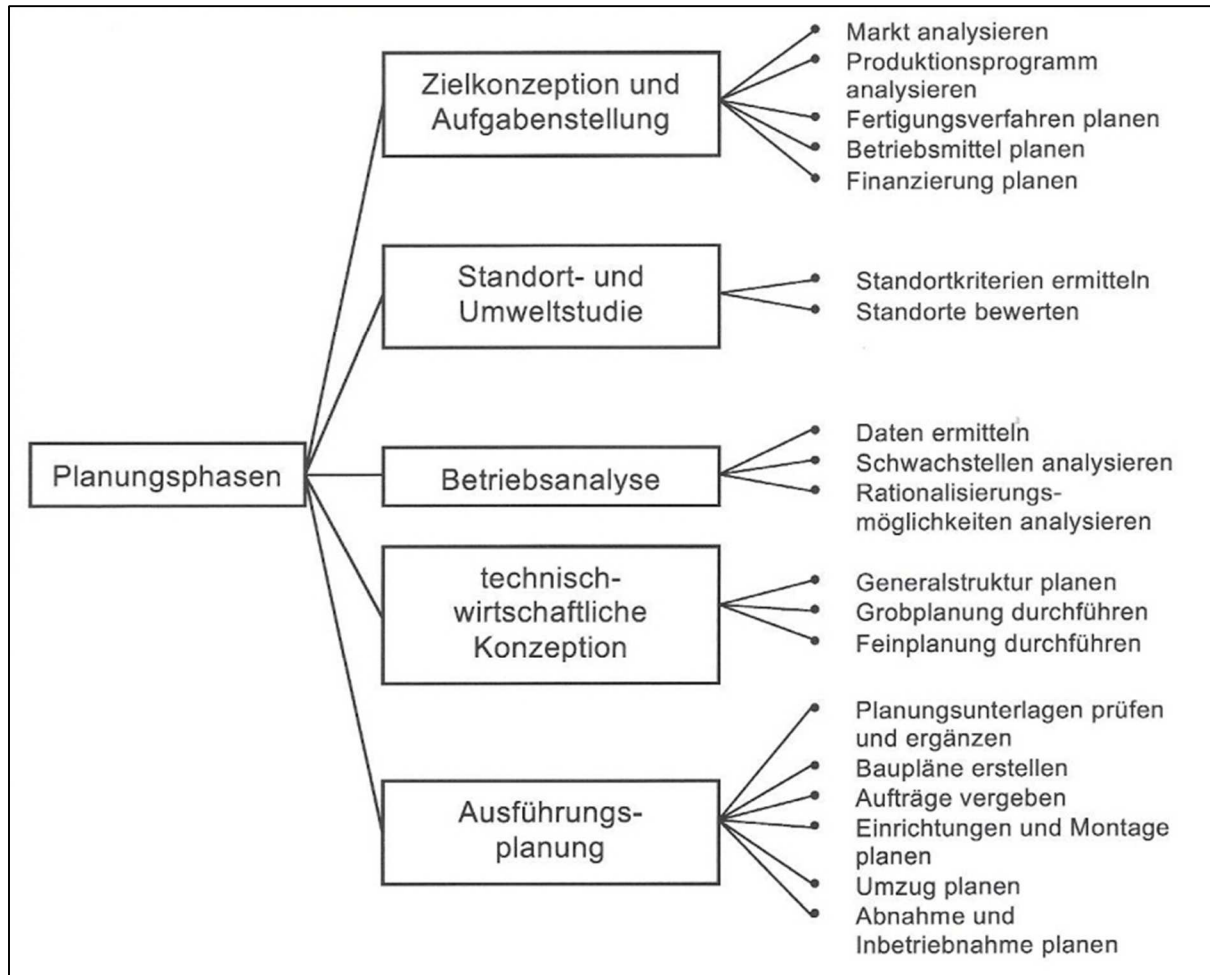


Abbildung 3-3: Planungsphasen der Betriebsstättenplanung⁶⁴

Aufgrund der Aufgabenstellung werden in dieser Arbeit von den fünf Planungsphasen die Betriebsanalyse und die technisch wirtschaftliche Konzeption für die Fertigungs- bzw. Layoutplanung näher betrachtet.

Betriebsanalyse:

Unter Betriebsanalyse wird die Aufnahme und Auswertung eines IST-Zustandes eines Betriebes verstanden.⁶⁵

⁶³ Vgl. WOHINZ et al. (2010/11), S. 5-9

⁶⁴ REFA (1991), Teil 6, S. 151

Als Vorbereitung für die Analyse werden die Rahmenbedingungen untersucht und festgelegt. Für die Struktur- und Layoutplanung werden z.B. Produkte und deren Varianten, Produktionsabläufe und Organisation sowie auch die bestehende Struktur und Flächen nach ihren Stärken und Potenzialen bewertet. Für die Bewertung von Logistikkonzepten werden z.B. das Produktionsprogramm, die Arbeitspläne und der Produktionsprozess betrachtet und im Fall einer Reorganisation auch die bestehende Produktionslogistik untersucht. Die daraus gewonnene Information ist die Datenbasis für die durchzuführende Layoutplanung.⁶⁶

Somit hat die Betriebsanalyse folgende planungstechnische Ziele zu erfüllen:⁶⁷

- Erfassung aller Angaben, Daten und Informationen, die für die anschließende Planungsphase erforderlich sind.
- Schwachstellen und Ansatzpunkte für Verbesserungs- und Rationalisierungsmaßnahmen aufzeigen, die im Rahmen der anschließenden Planungsphase zu berücksichtigen sind.

Aufgaben und Zielsetzung einer materialflussgerechten Layoutplanung

Bei den Überlegungen einer materialflussgerechten Layoutplanung steht die Bewegung des Fertigungsmaterials im Vordergrund. Dabei werden drei Hauptaufgaben unterschieden:⁶⁸

- *Die räumliche Anordnung der Produktionsmittel und Funktionsbereiche*
- *Die Standorte der Zwischenlager und Umschlagplätze*
- *Die Gestaltung der Transportwege und –trassen*

Für die Zielsetzung einer materialflussgerechten Layoutplanung ist eine optimale Gestaltung der Transportbeziehungen anzustreben.

Planungsablauf⁶⁹

Der Planungsablauf besteht aus der Strukturplanung, der Grobplanung und der Feinplanung.

Strukturplanung: In der Strukturplanung werden alle Einflussgrößen, die für die Erstellung und Bewertung eines idealen Fertigungsschemata erforderlich sind, berücksichtigt und sind auf das Gesamtkonzept und den Planungszeitraum ausgerichtet.

⁶⁵ Vgl. REFA (1991), Teil 6, S. 170

⁶⁶ Vgl. ARNOLD et al. (2008), S. 308f

⁶⁷ Vgl. AGGTELEKY (1990), S. 42

⁶⁸ AGGTELEKY (1982), S. 587f

⁶⁹ Vgl. REFA (1991), Teil 6, S. 186ff

Grobplanung: Mit der Grobplanung werden die ersten Schritte zu einer konkreten räumlichen Gestaltung der Layoutplanung gesetzt. Sie ist die entscheidende Planungsphase zum Entwurf von Lösungsprinzipien und Lösungsvarianten.

Feinplanung: Die Feinplanung umfasst eine detaillierte räumliche Darstellung von Funktionseinheiten in Grundrissgeometrie und berücksichtigt Kriterien, wie z.B. Abstände, Ver- und Entsorgungstechniken, Raumgeometrie, Arbeitsplatzgestaltung.

Abbildung 3-4 zeigt die Planungsphasen in der Layoutentwicklung.

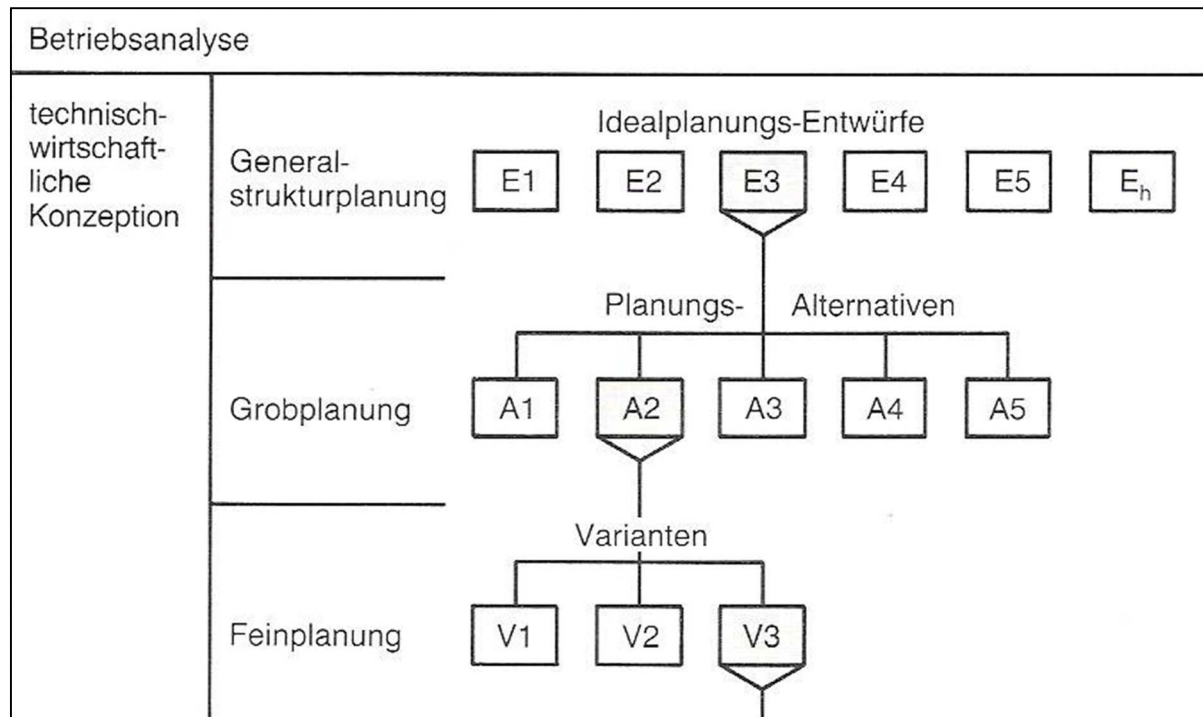


Abbildung 3-4: Planungsphasen⁷⁰

Flächenbedarf

Für diese Arbeit kamen zur Ermittlung des Flächenbedarfs zwei Methoden zur Anwendung.

Flächenbedarfsermittlung mittels Probelayout:

Unter Zuhilfenahme von Maschinen- bzw. Ausrüstungsmodellen können durch Anordnungsvariationen günstige räumliche Zuordnungen innerhalb der Flächenvorgaben experimentell ermittelt werden. Als Ergebnis kann ein Probelayout herangezogen werden aus dem der real erforderliche Flächenbedarf relativ genau ermittelt werden kann.⁷¹

⁷⁰ Vgl. REFA (1991), Teil 6, S. 183

⁷¹ Vgl. GRUNDIG (2009), S. 103

Funktionale Flächenermittlung nach Nestler:⁷²

Dabei kann die Werkstattfläche in folgende Teilflächen gegliedert werden.

F_F ...Fertigungsfläche

F_{ZL} ...Zwischenlagerfläche

F_T ...Transportfläche

F_Z ...Zusatzfläche

Damit wird die Werkstattfläche folgendermaßen berechnet:

$$F = F_F + F_{ZL} + F_T + F_Z \text{ [m}^2\text{]}$$

Basis für die Berechnung der Werkstattfläche bildet die Fertigungsfläche F_F . Die anderen Teilflächen ergeben sich aus prozentualen Zuschlägen.

Dabei errechnet sich die Fertigungsfläche aus der Summe aller eingesetzten Maschinen:

$$F_F = \sum F_{MA} \text{ [m}^2\text{]}$$

F_{MA} ...Maschinenarbeitsplatzfläche

B_{MA} ...Breite des Maschinenarbeitsplatzes

T_{MA} ...Tiefe des Maschinenarbeitsplatzes

Mit Zuschlägen für Bedienung und Sicherheit ergibt sich eine Maschinenarbeitsplatzfläche aus:

$$F_{MA} = B_{MA} * T_{MA} = (B + 0,8) * (T + 1,4) \text{ [m}^2\text{]}$$

Die Zuschläge für die weiteren Teilflächen ergeben sich aus:

$$F_{ZL} = 40\% \text{ von } F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_T = 40\% \text{ von } F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_Z = 20\% \text{ von } F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

Daraus ergibt sich die Werkstattfläche mit:

$$F = F_F + F_{ZL} + F_T + F_Z \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F = F_F + 0,4 F_F + 0,4 F_F + 0,2 F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F = 2 * F_F \text{ [m}^2\text{]}$$

⁷² Vgl. GRUNDIG (2009), S. 103ff

Planungsmethoden

Für eine schnelle, kostengünstige und aussagekräftige Layouterstellung werden spezielle Hilfsmittel und Werkzeuge eingesetzt. Eine hohe Bedeutung kommt dabei der Variierbarkeit der Layoutentwürfe zu. Dabei können manuelle und rechnergestützte Planungstechniken zum Einsatz kommen.⁷³

Als bewährte Methode kann das Probierv erfahren angewendet werden, wie nachfolgend beschrieben. Das Probierv erfahren zählt zu den manuellen Layout Planungstechniken und wird auch als Schablonen- oder Schiebeverfahren bezeichnet. Durch das Verschieben von Objekten (Modelle, Schablonen) werden Anordnungsvarianten auf einer Modellplatte generiert. Objekte sind z.B die Betriebsmittel.⁷⁴

Grundformen der Layoutgestaltung

In Abbildung 3-5 werden die Grundformen der Layoutgestaltung dargestellt, wobei diese hauptsächlich von der Anzahl, Richtung und Intensität der Transportbeziehungen bestimmt werden. Über die Produktionssysteme kann weitgehend die materialflussmäßige Zuordnung der Betriebsmittel und Arbeitsplätze abgeleitet werden.⁷⁵

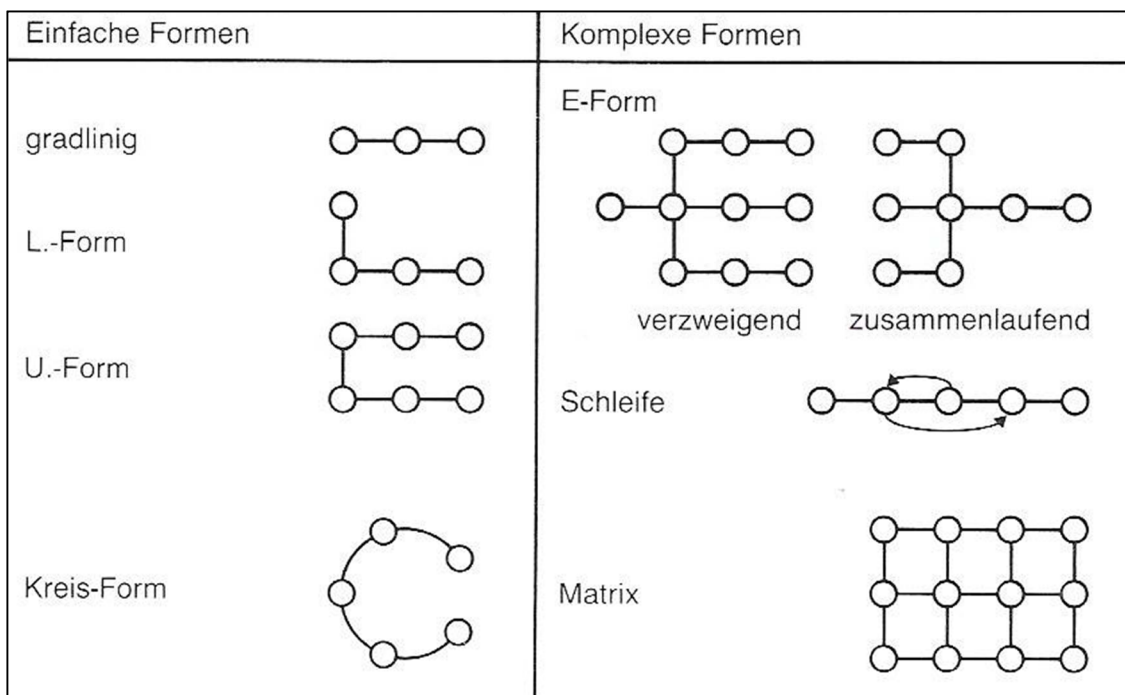


Abbildung 3-5: Grundformen der Layoutgestaltung⁷⁶

⁷³ Vgl. GRUNDIG (2009), S. 176

⁷⁴ Vgl. GRUNDIG (2009), S. 176

⁷⁵ Vgl. AGGTELEKY (1982), S.594

⁷⁶ REFA (1991), Teil 6, S. 189

Verkehrswegesystem⁷⁷

Der gesamte innerbetriebliche Material- und Personenfluss wird verkehrstechnisch über Einzelbereiche bzw. über das Verkehrswegesystem innerhalb der Fabrik abgewickelt. Daher ist die Gestaltung der Verkehrswege ein wesentlicher Bestandteil der Layoutplanung.

Die Anordnung der Verkehrswege soll gewährleisten, dass

- eine einfache An- und Ablieferung an bzw. von den Strukturbereichen erfolgt,
- eine optimale Flächennutzung erreicht wird,
- die Kommunikation unterstützt wird und
- die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden, dass vor allem die Flucht- und Rettungswege betrifft.

Die logistische Qualität des Layouts innerhalb einer Fabrik wird durch eine einfache Führung der Transportwege, unter anderem auch von der Symmetrie des Verkehrswegesystems bestimmt.

Abbildung 3-6 zeigt die Grundsätze und Beispiele von Verkehrswegesystemen.

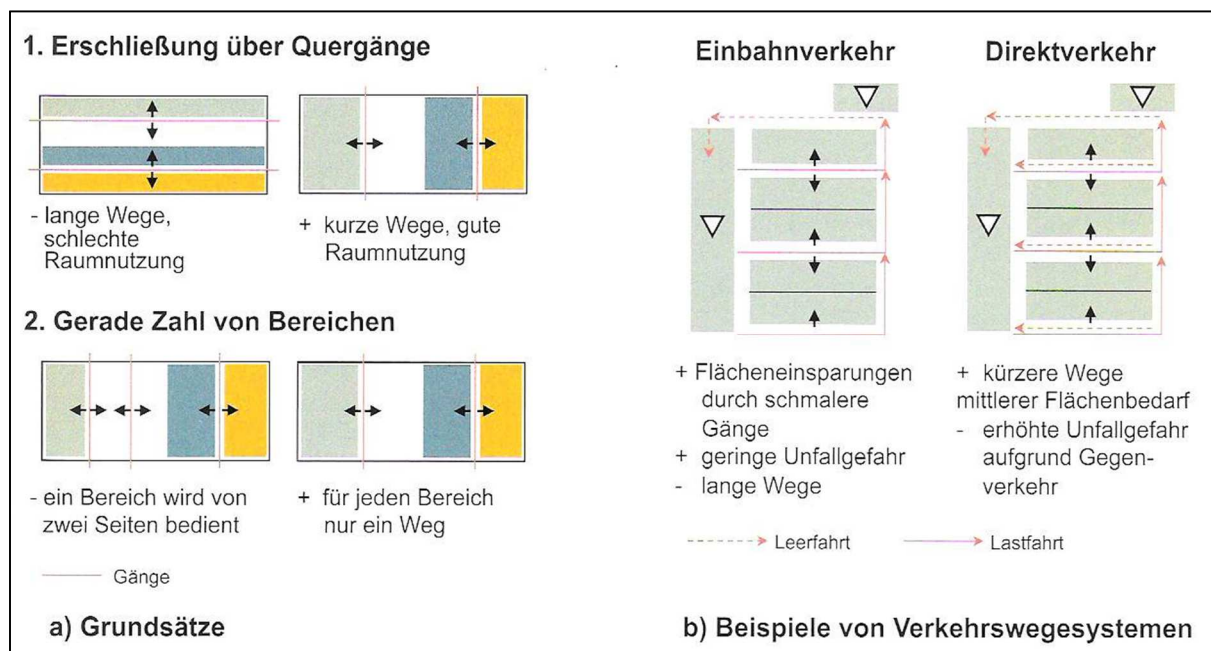


Abbildung 3-6: Verkehrswegesysteme⁷⁸

⁷⁷ Vgl. WIENDAHL (2009), S.482

⁷⁸ WIENDAHL (2009), S.483

Wichtige gesetzliche Bestimmungen zu den Verkehrswegen:

Zur Einhaltung der gesetzlichen Bestimmung sind die geltenden Vorschriften gemäß der Arbeitsstättenverordnung anzuwenden und folgendermaßen auszugsweise zitiert:⁷⁹

„Verkehrswege sind so zu gestalten und freizuhalten, dass sie, sofern nicht die Bestimmungen über Fluchtwege anzuwenden sind, folgende nutzbare Mindestbreite aufweisen:

- 1. Verkehrswege ohne Fahrzeugverkehr: 1,0 m,*
- 2. Durchgänge zwischen Lagerungen, Möbeln, Maschinen oder sonstigen Betriebseinrichtungen, ferner Bedienstiegen und -stege: 0,6 m,*
- 3. Verkehrswege mit Fahrzeug- und Fußgängerverkehr: die maximale für den betreffenden Verkehrsweg vorgesehene Fahrzeugbreite bzw. Breite der Ladung plus beidseits je 0,5 m,*
- 4. Fahrtreppen und Fahrsteige: 0,6 m“*

⁷⁹ BM für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz: Arbeitsstättenverordnung(2002), Zugriffsdatum 16.05.2011

4 Produktions- und Materialflussanalyse

Aufbauend auf die zuvor beschriebenen theoretischen Grundlagen soll nun auf die praktische Umsetzung bei BMTS eingegangen werden. Für die erforderliche Entwicklung alternativer Layouts ist zunächst eine Produktions- und Materialflussanalyse durchzuführen. Unter dieser Analyse versteht man die Aufnahme und Auswertung eines IST-Zustandes⁸⁰, wie in Kapitel 3.3 innerhalb der Betriebsanalyse beschrieben wird.

Der Produktions- und Materialflussanalyse, sowie der Materialflusssimulation, liegt das Wertstromdesign zu Grunde, wie es für den Produktionsstart im Jahr 2012 festgelegt worden ist. Darin sind die Details zu den Prozessen und Materialflüssen beschrieben, wie sie im Modullayout zur Anwendung kommen.

Die wesentlichen Inhalte der Analyse werden in den folgenden vier Punkten beschrieben bzw. zusammengefasst.

4.1 Produkt- und Produktionsstrukturen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Analyse des Produktes und der Fabrikstruktur von BMTS zur Produktion von Abgasturboladern. Für die Produktstrukturen werden die beiden PKW Abgasturbolader BM65 und BM70 herangezogen und für die Produktionsstrukturen soll der Hochlauf vom Serienstart im Jahr 2012 bis zum Vollausbau im Jahr 2015 betrachtet werden.

4.1.1 Funktionsbeschreibung Abgasturbolader

Zur Leistungssteigerung von Verbrennungsmotoren werden Abgasturbolader für die Aufladung eingesetzt. Im Gegensatz zum Saugmotor wird die Luft mit Überdruck dem Motor zugeführt.⁸¹

Der Abgasturbolader (ATL) besteht aus zwei Strömungsmaschinen: einer Turbine und einem Verdichter, die auf einer gemeinsamen Welle angebracht sind. Die Turbine nutzt die im Abgas enthaltene Energie zum Antrieb des Verdichters, der Frischluft ansaugt und vorverdichtete Luft in die Zylinder drückt. Der Abgasturbolader ist nur durch den Luft- und Abgasmassenstrom strömungstechnisch mit dem Motor

⁸⁰ REFA (1991), Teil 6, S. 170

⁸¹ Vgl. BOSCH (2002) S. 480

gekoppelt. Seine Drehzahl hängt nicht von der Motordrehzahl ab, sondern von dem Leistungsgleichgewicht zwischen Turbine und Verdichter.⁸²

Abbildung 4-1 zeigt das Funktionsschemata des Abgasturboladers.

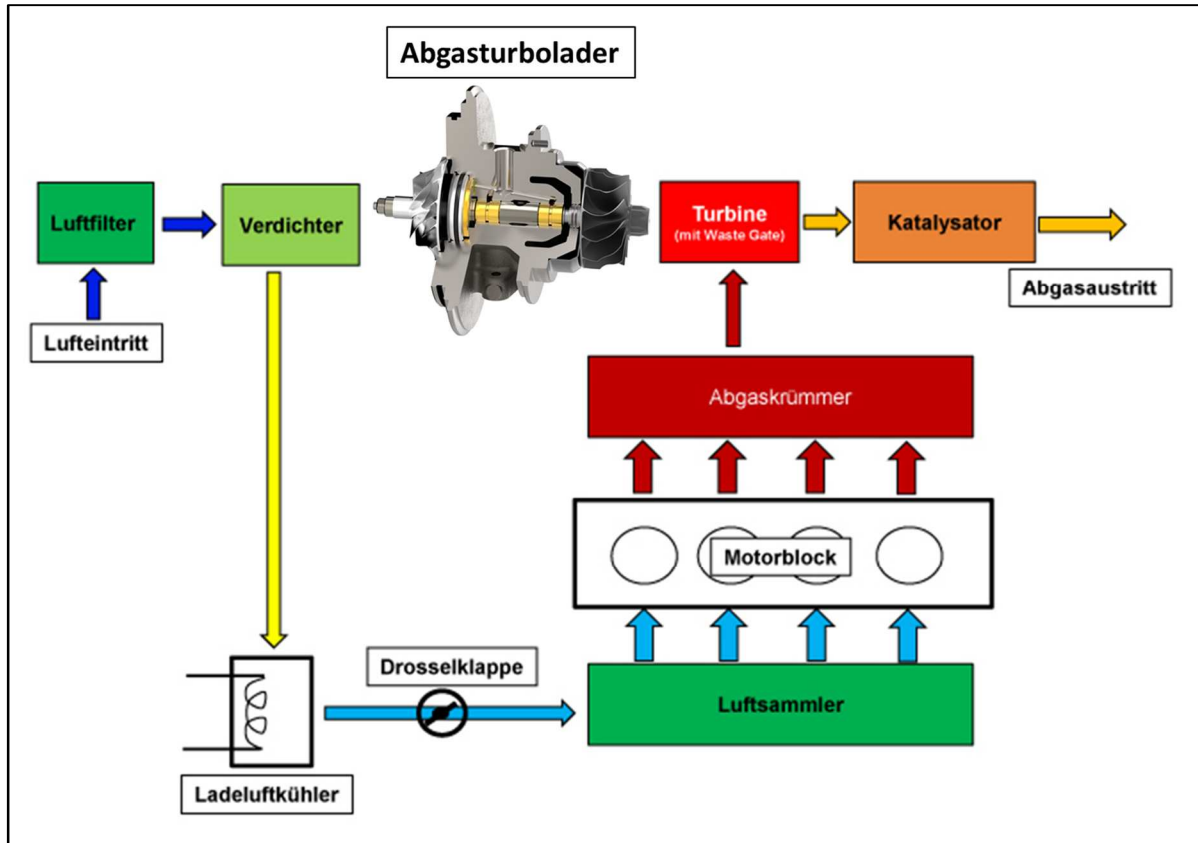


Abbildung 4-1: Funktion des Abgasturboladers⁸³

4.1.2 Produktstruktur des Abgasturboladers

In der Diplomarbeit werden zwei Varianten des Abgasturboladers betrachtet. Zum einen der Abgasturbolader für den Ottomotor mit der Abkürzung BM65 und der für Dieselmotoren mit der Abkürzung BM70. Abbildung 1-4 zeigt beide Abgasturbolader für PKW, sowie einen Schnitt durch die Rumpfungruppe des ATL.

Die Struktur der beiden Abgasturbolader wird in Abbildung 4-2 mittels eines Gozintographen dargestellt. Der Gozintograph zeigt aus welchen Teilen der Abgasturbolader zusammengesetzt ist, sowie die dazugehörigen Produktionsprozesse und Fremdbezüge. Auf die Produktionsprozesse wird im folgenden Kapitel noch näher eingegangen. Zu den Fremdbezügen zählen auch Kleinteile, die in der

⁸² Vgl. BOSCH (2002) S. 480

⁸³ In Anlehnung an: BMTS (2011) Zugriffsdatum 31.05.2011

Kommissionierung in Sets zusammengestellt werden. Die Aufgliederung der Sets ist im Anhang 1 aus den Stücklisten ersichtlich. Auf die sonst übliche Darstellung mit der Anzahl der Teile wird verzichtet, da jedes Teil bzw. Set lediglich einmal vorkommt. Dargestellt sind die unterschiedlichen Strukturen der beiden Varianten.

Für die Montage der Rumpfgruppe des Abgasturbolader BM65 werden z.B. die bearbeiteten Lagergehäuse und Verdichterrad aus der lokalen Fertigung, sowie die Zulieferteile aus dem Set 1 mit dem Turbinenläufer und Kleinteilen benötigt. Nach erfolgter Rumpfgruppenmontage wird in der Endmontage der Abgasturbolader mit der Rumpfgruppe, dem Verdichtergehäuse, dem Turbinengehäuse und den Kleinteilen aus Set 2 endmontiert.

Gleiche Vorgangsweise gilt auch für den BM70, jedoch mit anderen Komponenten bzw. Teilen.

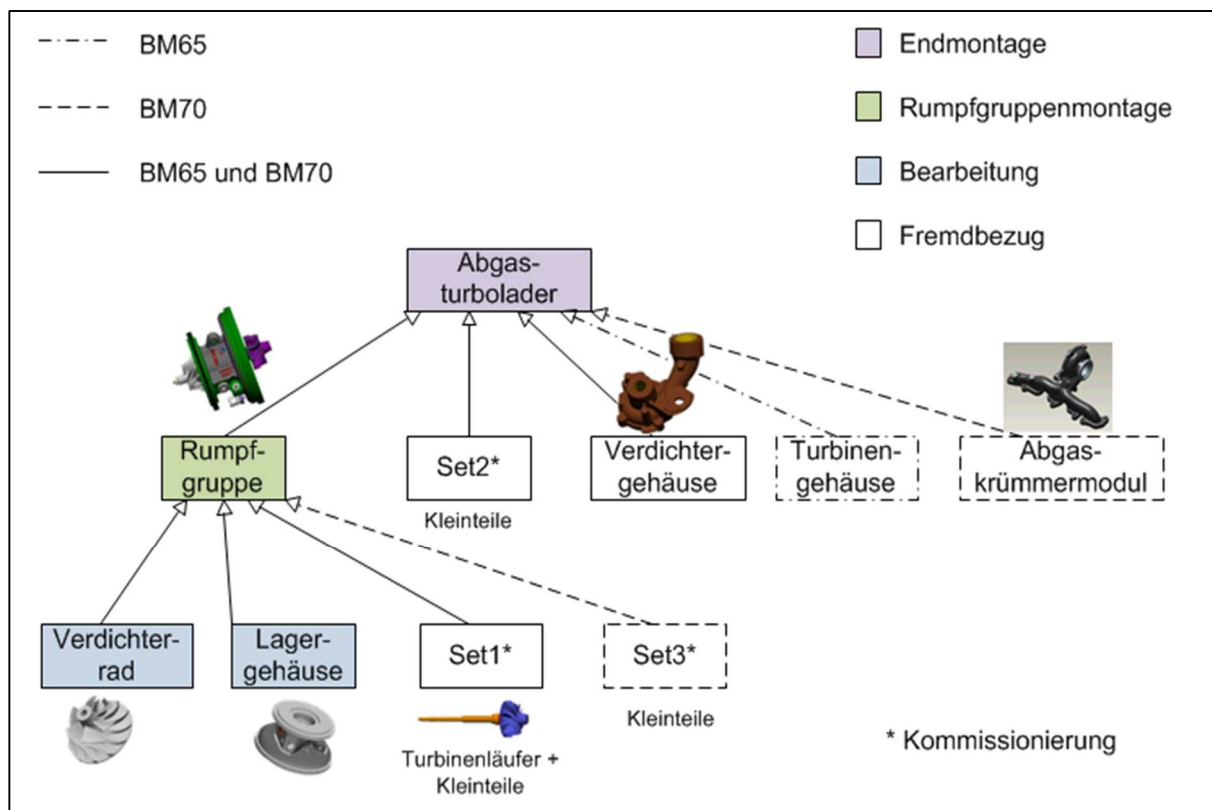


Abbildung 4-2: Gozintograph BM65 und BM70

4.1.3 Beschreibung des Produktionsmoduls

Das Produktionsmodul beruht auf dem Konzept der Fließfertigung, wobei der zeitliche Ablauf kontinuierlich (z.B. Fließband) oder intermittierend in Zeitintervallen (z.B. Taktfertigung) von Arbeitsstation zu Arbeitsstation erfolgt. Dieses Fertigungsverfahren setzt hohe Stückzahlen bei identischen bzw. weitgehend ähnlichen

Produkten voraus. Dies wiederum führt zu einem hohen Automatisierungsgrad mit entsprechendem Einsatz von Spezialmaschinen und Fördermittel.⁸⁴

Das Modullayout besteht aus einzelnen Produktionsmodulen, von denen jedes einzelne nach Durchlauf der Fertigungsprozesse eine bestimmte Anzahl von Abgasturboladern produziert. Die Fertigungskapazität bzw. Stückzahl wird durch die Anzahl der Module bestimmt. Der Abgasturbolader durchläuft innerhalb eines Moduls alle erforderlichen Produktionsprozesse bis zum fertigen Produkt.

4.1.4 Produktionsstruktur des Werks St. Michael ob Bleiburg

Ausgangspunkt für die Layoutplanung bildet die Fabrikstruktur des Werks in St. Michael ob Bleiburg. Im Westen befinden sich zweistöckig der Büro- und Sozialbereich und räumlich getrennt die Prüfstände und der Messraum. Im Norden befinden sich der Traforaum, die Kompressorzentrale und das Gefahrstofflager. Das wichtigste Element der Fabrikstruktur bildet die Produktionshalle. Während der Hochlaufphase werden die Lager- und Logistikflächen in die Produktionshalle integriert, bei Vollausbau extern untergebracht.

Abbildung 4-3 zeigt die Fabrikstruktur für das Jahr 2011. Die Produktionshalle hat eine Länge von 128,76m und eine Breite von 60,6m. Die Fläche beträgt somit ca. 7802m².

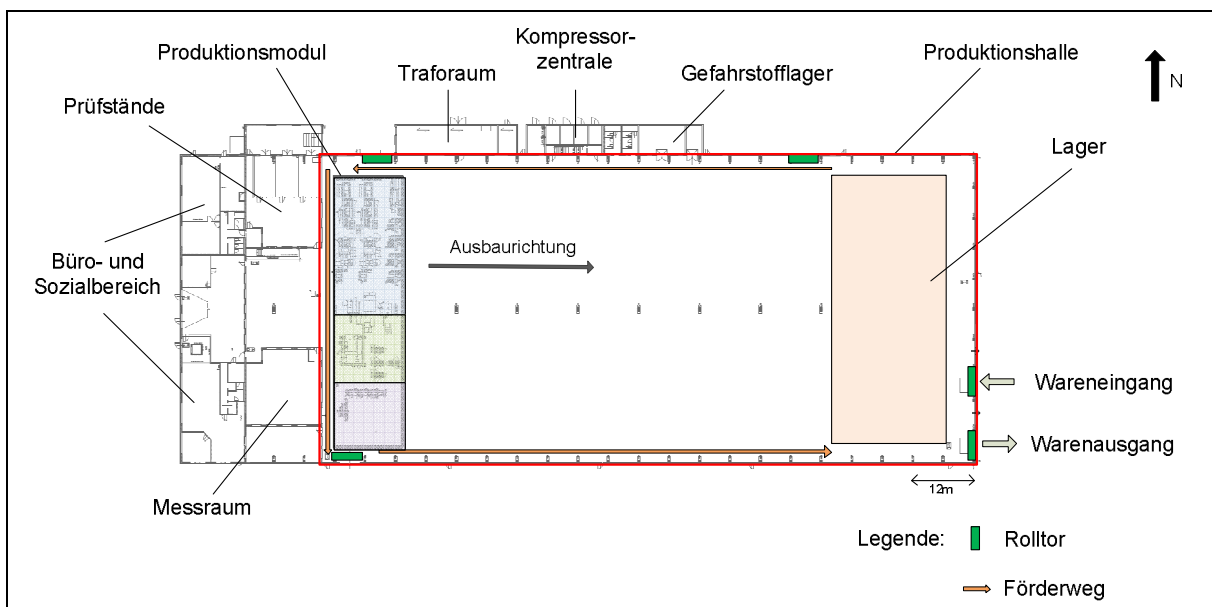


Abbildung 4-3: Fabrikstruktur Werk St. Michael für das Jahr 2011

⁸⁴ Vgl. GRUNDIG C. (2009), S.137

Flächenstruktur eines Produktionsmoduls

Abbildung 4-4 zeigt die Flächenverteilung innerhalb eines Produktionsmoduls für die einzelnen Hauptprozesse der Produktion, die im Kapitel 4.2 im Detail dargestellt werden. Das Produktionsmodul hat eine Fläche von $\sim 715\text{m}^2$, dabei nimmt die Bearbeitung die größte Fläche mit $\sim 375\text{m}^2$, die Rumpfgruppenmontage eine Fläche mit $\sim 161\text{m}^2$ und die Endmontage eine Fläche von $\sim 179\text{m}^2$ ein. Die Bearbeitung beinhaltet die benötigten Fertigungsanlagen für die Lagergehäuse- und Verdichterradfertigung, die Rumpfgruppen- und Endmontage die erforderlichen Montagelinien.

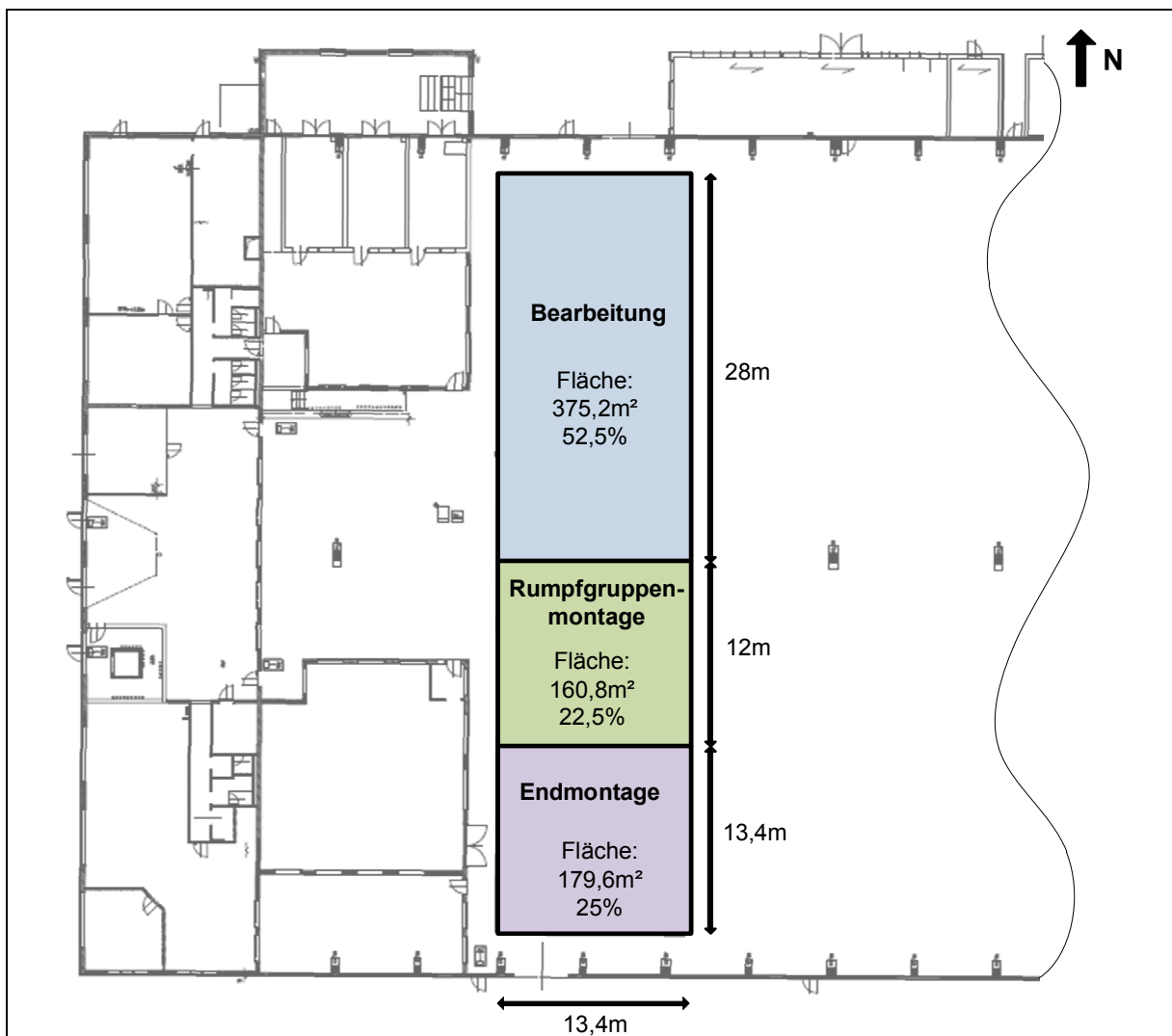


Abbildung 4-4: Flächenstruktur des Produktionsmoduls

4.1.5 Geplanter Produktionshochlauf

Der geplante Hochlauf der Produktion wird in drei zeitliche Abschnitte gegliedert. Wichtige Eckdaten bestehen aus den geplanten Produktionszahlen, der Anzahl der Produktionsmodule, der Produktionssteuerung (siehe Kapitel 2.4), der Lage der Logistik- und Lagerflächen sowie der angewandten Schichtmodelle.

Layout 2011

Das Layout 2011, wie in Abbildung 4-3 ersichtlich, stellt die Ausgangsbasis mit einem Produktionsmodul dar. Die Leerflächen werden im Hochlauf um die entsprechenden Module erweitert. Eine nähere Beschreibung des Produktionsmoduls folgt in Kapitel 4.2.2. Dazu folgende Eckdaten:

Geplante Produktionszahlen: 1000 ATL/Jahr

Anzahl an Produktionsmodulen: 1

Produktionssteuerung: Push-Steuerung

Logistik und Lagerflächen: innerhalb der Produktionshalle

Schichtmodell: Ein-Schicht

Layout 2012

Das Layout 2012 entspricht der Abbildung 4-3, jedoch mit drei Produktionsmodulen und folgenden Eckdaten:

Geplante Produktionszahlen: 200.000 ATL/Jahr

Anzahl an Produktionsmodulen: 3

Produktionssteuerung: Push- und Pull-Steuerung

Logistik und Lagerflächen: innerhalb der Produktionshalle

Schichtmodell: Ein-Schicht

Layout 2015

Im Vollausbau kommen acht Module zum Einsatz. Die erforderlichen Lager- und Logistikflächen werden aus der Produktionshalle ausgelagert. Das Layout 2015, wie in Abbildung 5-3 dargestellt, besitzt folgende Eckdaten:

Geplante Produktionszahlen: 2.400.000 ATL/Jahr

Anzahl an Produktionsmodulen: 8

Produktionssteuerung: Pull-Steuerung

Logistik und Lagerflächen: aus der Produktionshalle ausgelagert

Schichtmodell: Drei-Schicht

Gesamtübersicht des Produktionshochlaufs

Zusammenfassend zeigt Tabelle 4-1 den Gesamtüberblick der Eckdaten im Produktionshochlauf.

Jahr	geplante Produktionszahlen [ATL/Jahr]	Anzahl an Produktionsmodulen [Stück]	Produktionssteuerung	Logistik und Lagerflächen	Schichtmodell
2011	1000	1	Push	innerhalb Produktionshalle	Ein-Schicht
2012	200.000	3	Push-Pull	innerhalb Produktionshalle	Ein-Schicht
2015	2.400.000	8	Pull	außerhalb Produktionshalle	Drei-Schicht

Tabelle 4-1: Übersicht über den Produktionshochlauf

4.2 Produktionsprozessanalyse

Für die Produktionsprozessanalyse werden nun jene Prozesse betrachtet, die an der Wertschöpfung beteiligt sind und wie sie in der Theorie in Kapitel 2.2 beschrieben worden sind.

Diese Prozesse sind im vorliegenden Fall im Wesentlichen die Produktionsprozesse, die aus dem Wertstromdesign für das Jahr 2012⁸⁵ ermittelt und in Haupt- und Teilprozesse gegliedert worden sind.

4.2.1 Darstellung der bestehenden Produktionsprozesse

Analog zur Prozesshierarchie bei BMTS, wie in Abbildung 4-5 dargestellt, werden die Produktionsprozesse für den Abgasturbolader in Form von Hauptprozessen (Prozesslevel 2) und Teilprozessen (Prozesslevel 3) dargestellt, wie sie für diese Arbeit ausreichend sind. Hauptprozesse sind die Kommissionierung, die Bearbeitung, die Rumpfguppenmontage und die Endmontage. Diese setzen sich wiederum aus einzelnen Teilprozessen zusammen. Für eine spätere Simulation wurden Annahmen für das Wertstromdesign 2012, und die Prozessdaten, wie im Anhang 2 ersichtlich, getroffen.

⁸⁵ Stand: 19.10.2010

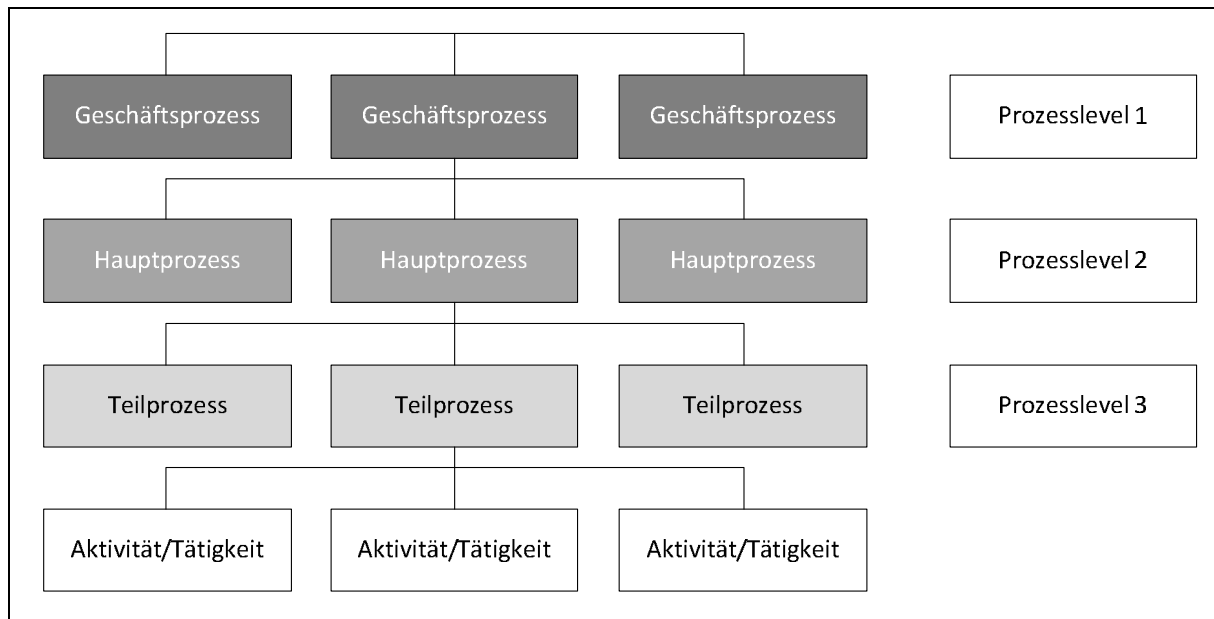


Abbildung 4-5: Prozesshierarchie bei BMTS⁸⁶

Beschreibung der Hauptprozesse

Der Herstellungsprozess des Abgasturboladers beginnt in der Kommissionierung mit der Zusammenstellung der Sets. In der Bearbeitung oder mechanischen Fertigung werden das Lagergehäuse und das Verdichterrad gefertigt. Nach der Bearbeitung erfolgt die Rumpfguppenmontage, in der das zuvor bearbeitete Lagergehäuse, das Verdichterrad und die notwendigen Teile aus den Sets angeliefert werden. Am Ende der Hauptprozesskette steht die Endmontage des Abgasturboladers mit den dazu erforderlichen Teilen. Anschließend erfolgen die vorgeschriebenen Prüfungen, sowie das Verpacken des ATL.

Abbildung 4-6 zeigt die Hauptprozesse, die zur Herstellung des Abgasturboladers erforderlich sind.

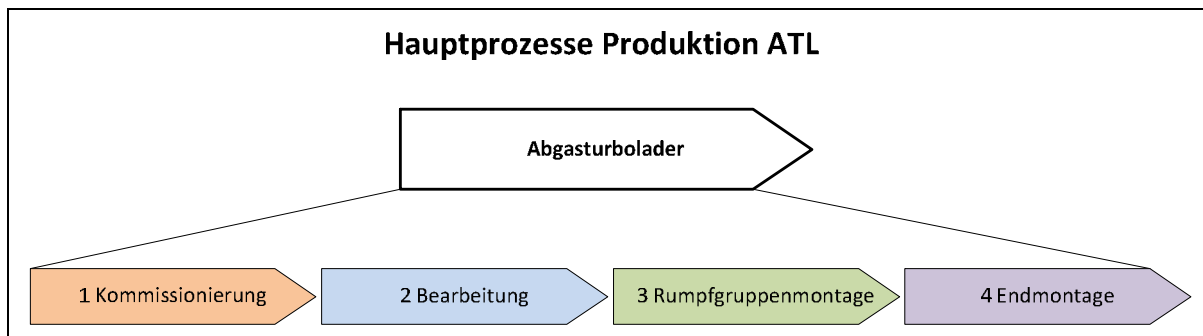


Abbildung 4-6: Hauptprozesse in der Produktion

⁸⁶ In Anlehnung an BRAUN(2007), S.54

Beschreibung der Teilprozesse

Teilprozesse Kommissionierung:

In der Kommissionierung werden die in der Rumpfguppenmontage und Endmontage benötigten Sets zusammengestellt. Set 1 und Set 2 werden für beide Varianten des Abgasturboladers benötigt, wohingegen das Set 3 lediglich für den Diesellader BM70 zusammengestellt werden muss. Abbildung 4-7 zeigt die Set-Zusammenstellung in der Kommissionierung.

Wo und vor welchem Prozess die Sets anzuliefern sind, wird in den nachfolgenden Teilprozessen der Rumpfguppen- und Endmontage gezeigt.

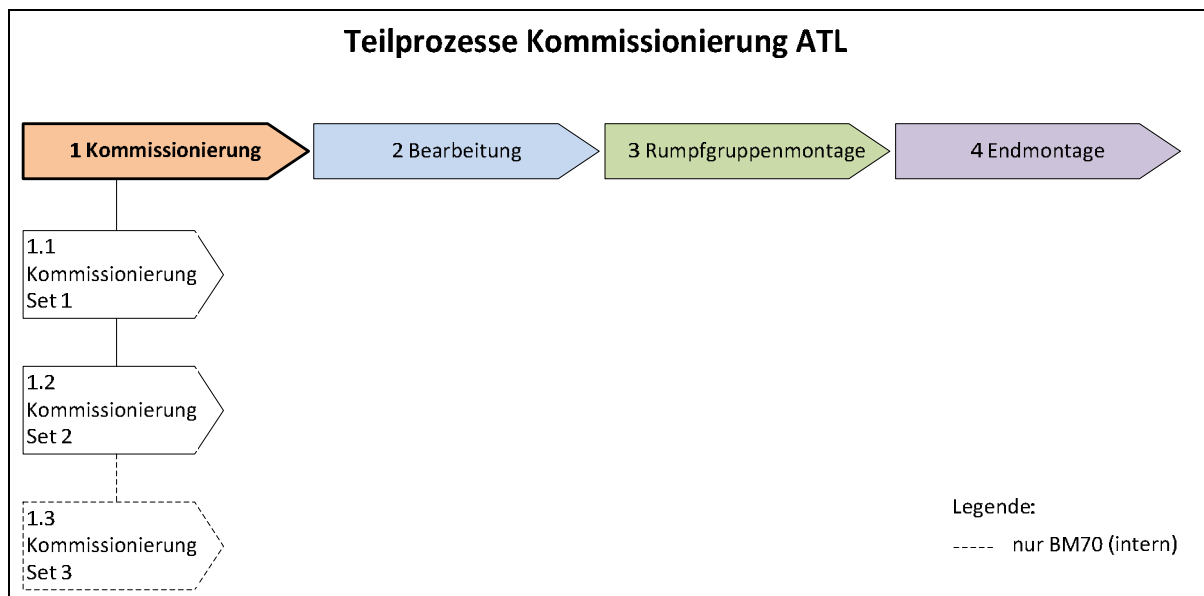


Abbildung 4-7: Teilprozesse der Kommissionierung

Teilprozesse Bearbeitung:

Die Bearbeitung besteht aus zwei parallelen Teilprozessen, die Lagergehäusefertigung und die Verdichterradfertigung. Dabei werden die benötigten Teile gedreht, gefräst, gemessen, beschriftet und gereinigt. Einen wichtigen Prozess stellt der Prozess Beschichten in der Verdichterradfertigung dar. Dieser Prozess wird nur für den Diesellader BM70 benötigt. Da dieser Prozess extern stattfindet, muss das Verdichterrad aus der Fließfertigung entnommen und nach dem Beschichten wieder dem Prozess zugeführt werden. Die einzelnen Prozessschritte der Bearbeitung sind in Abbildung 4-8 dargestellt.

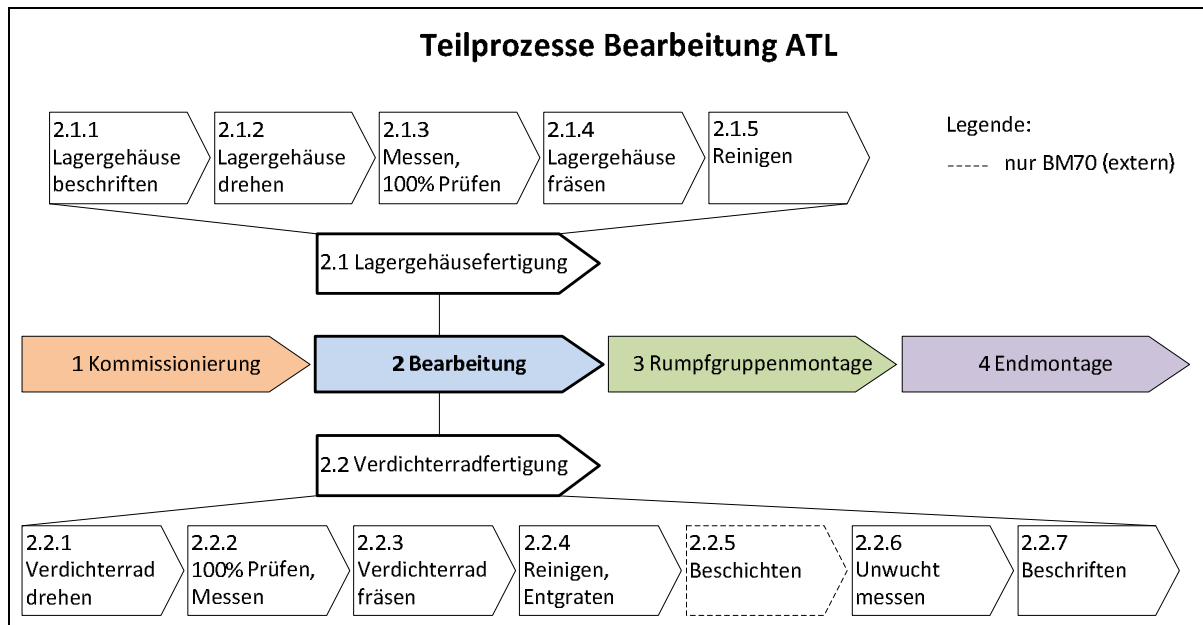


Abbildung 4-8: Teilprozesse der Bearbeitung

Teilprozesse Rumpfguppenmontage:

Für den Abgasturbolader BM70 sind die internen Prozesse „Stifte montieren“ und „Anlenkhebel schweißen“ erforderlich. Die dafür benötigten Teile werden dabei in der Kommissionierung im Set 3 bereitgestellt. In der Rumpfguppenlinie, die aus mehreren Montagestationen besteht, gehen die Teile aus Set 1 ein. Ergebnis der Montage ist die Rumpfguppe des Abgasturboladers, bestehend aus dem Verdichterrad, Lagergehäuse und dem Turbinenläufer. Im Anschluss an die Rumpfguppenlinie wird die Rumpfguppe gewuchtet. Die Gliederung der Rumpfguppenmontage wird in Abbildung 4-9 dargestellt.

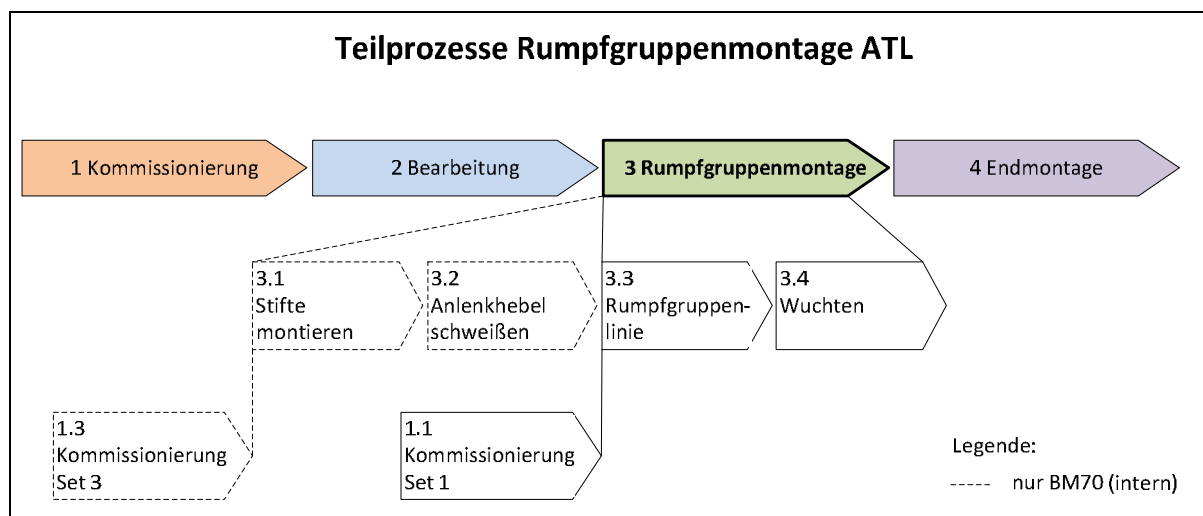


Abbildung 4-9: Teilprozesse der Rumpfguppenmontage

Teilprozesse der Endmontage:

In der Endmontage werden die in Set 2 zusammengestellten Teile an die zuvor gewuchtete Rumpfgruppe montiert. Danach folgen die erforderlichen Prüfprozesse mit der Dichtheitsprüfung und dem Kalt-Test (Funktionstest des ATL ohne Verbrennungsmotor). Am Ende der Linie findet das Verschließen von Öffnungen durch Stopfen statt. Danach erfolgt das Beschriften und Verpacken des Abgasturboladers. Am Ende der Hauptprozessschritte steht die Endmontage mit den in Abbildung 4-10 gezeigten Teilprozessschritten.

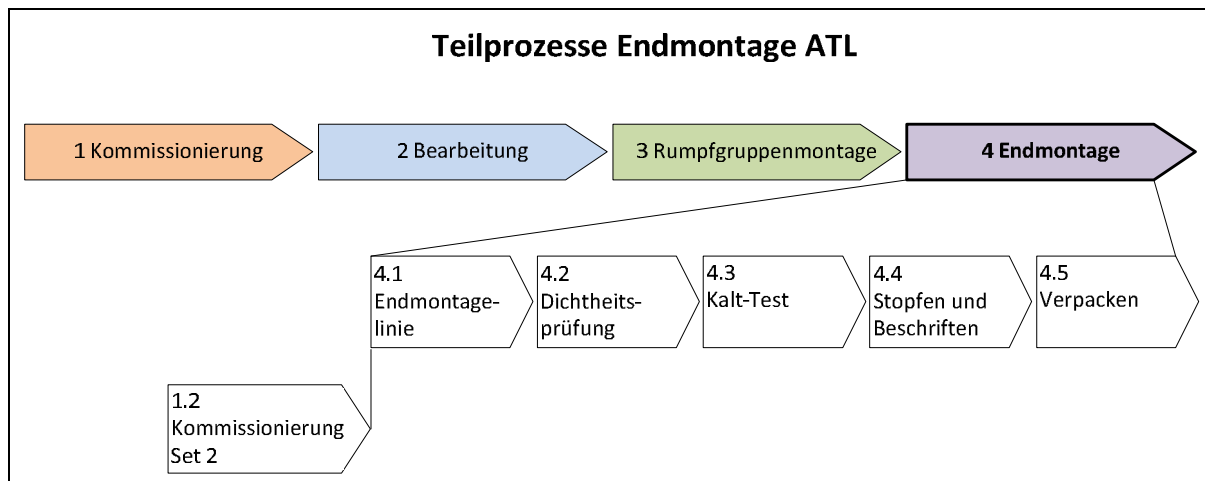


Abbildung 4-10: Teilprozesse der Endmontage

4.2.2 Darstellung des Produktionsmoduls

Zur Herstellung eines Abgasturboladers werden in einem Produktionsmodul die zuvor beschriebenen Prozesse durchlaufen. Der Maschinenpark eines Moduls ist für das Wertstromdesign 2012 ausgelegt und besitzt eine Länge von 53,4m und eine Breite von 13,4m und somit eine Fläche von ~715m². Darin sind auch die Flächen für Spänebehälter, Umschlagsplätze und Transportwege innerhalb des Produktionsmoduls integriert. Der Flächenbedarf für die Transportwege des Milkrunzuges ist in der Gesamtfläche der Halle, nicht aber in der Fläche des Produktionsmoduls enthalten. Unter einem Milkrun versteht man grundsätzlich die Route eines Zuliefer- oder Auslieferungsfahrzeugs, das an verschiedenen Orten Be- und Entladungen vornimmt.⁸⁷ Die Anordnung der Maschinen soll einen kontinuierlichen Materialfluss ermöglichen. Abbildung 4-11 zeigt ein einzelnes Produktionsmodul mit den dazugehörigen Maschinen. Nicht durchgehend dargestellt sind die für den hohen Automatisierungsgrad erforderlichen Einrichtungen für die Fließförderung der Teile.

⁸⁷ Vgl. WOMACK/JONES (2004), S. 407

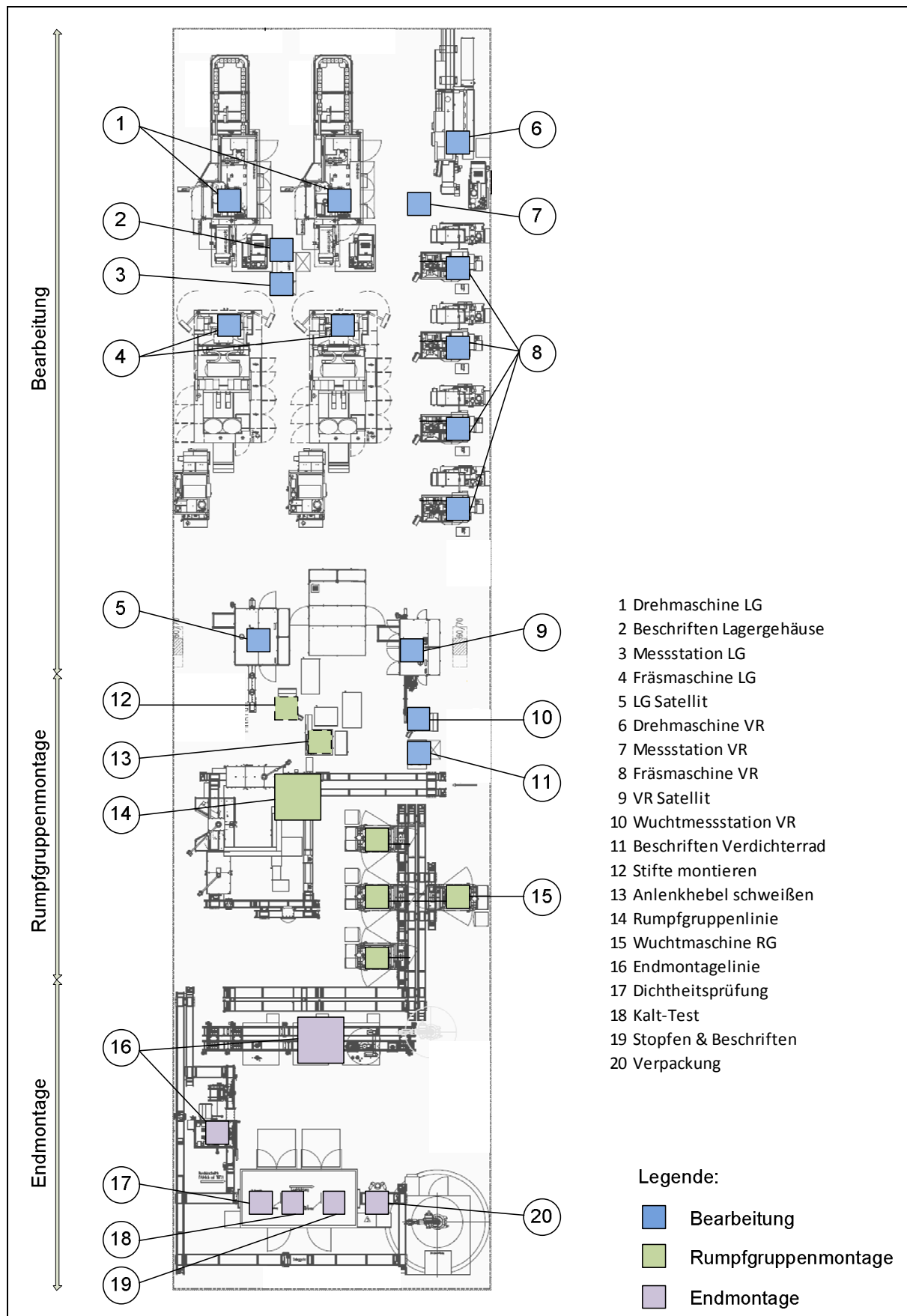


Abbildung 4-11: Produktionsmodul mit Maschinenpark

Auflistung der Maschinen:

In der nachfolgenden Tabelle sind die Maschinen mit den dazugehörigen Haupt- und Teilprozessen aufgelistet. Das Produktionsmodul ist auf eine Taktzeit von 60 Sekunden ausgelegt, wodurch für einzelne Prozessschritte mehrere Maschinen zur Erfüllung dieser Taktzeit benötigt werden. Tabelle 4-2 zeigt die Zuordnung und die Anzahl der Maschinen zu den Prozessen.

Nr.	Bezeichnung	Hauptprozess	Teilprozess	Anzahl an Maschinen
1	Drehmaschine LG	Bearbeitung (Lagergehäusefertigung)	Lagergehäuse drehen	2
2	Beschriften LG	Bearbeitung (Lagergehäusefertigung)	Lagergehäuse beschriften	1
3	Messstation LG	Bearbeitung (Lagergehäusefertigung)	100% Prüfen, Messen	1
4	Fräsmaschine LG	Bearbeitung (Lagergehäusefertigung)	Lagergehäuse fräsen	2
5	LG Satellit	Bearbeitung (Lagergehäusefertigung)	Reinigen	1
6	Drehmaschine VR	Bearbeitung (Verdichterradfertigung)	Verdichterrad drehen	1
7	Messstation VR	Bearbeitung (Verdichterradfertigung)	Messen 100% Prüfen	1
8	Fräsmaschine VR	Bearbeitung (Verdichterradfertigung)	Verdichterrad fräsen	4
9	VR Satellit	Bearbeitung (Verdichterradfertigung)	Reinigen, Entgraten	1
10	Wuchtmessstation VR	Bearbeitung (Verdichterradfertigung)	Unwucht messen	1
11	Beschriften VR	Bearbeitung (Verdichterradfertigung)	Beschriften	1
12	Stifte montieren	Rumpfguppenmontage	Stifte montieren	1
13	Anlenkhebel schweißen	Rumpfguppenmontage	Anlenkhebel schweißen	1
14	Rumpfguppenlinie	Rumpfguppenmontage	Rumpfguppenmontage	1
15	Wuchmaschine RG	Rumpfguppenmontage	Wuchten	4
16	Endmontagelinie	Endmontage	Endmontage	1
17	Dichtheitsprüfung	Endmontage	Dichtheitsprüfung	1
18	Kalt-Test	Endmontage	Kalt-Test	1
19	Stopfen & Beschriften	Endmontage	Stopfen & Beschriften	1
20	Verpackung	Endmontage	Verpacken	1
			Summe an Maschinen:	28

Tabelle 4-2: Zuordnung der Maschinen zu den Prozessen

4.3 Materialflussanalyse

Wie in Kapitel 3.2 beschrieben, soll hier die Verknüpfung der für den Produktionsablauf erforderlichen Bearbeitungsprozesse dargestellt werden. Dazu wird für das bestehende Produktionsmodul eine Gesamtübersicht über die Materialflussbeziehungen und deren Größenordnung erstellt.

4.3.1 Darstellung des Materialflusses im Produktionsmodul

In der Abbildung 4-12 ist neben der Maschinenaufstellung auch der Materialfluss der Rohmaterialien für das Lagergehäuse, das Verdichterrad, sowie der benötigten Einzelteile für die Montage und deren Durchlauf durch das Modul bis zur Ablieferung dargestellt. Darin wurde ein weitgehend kontinuierlicher Materialfluss, mit Ziel eines One-Piece Flow, realisiert.

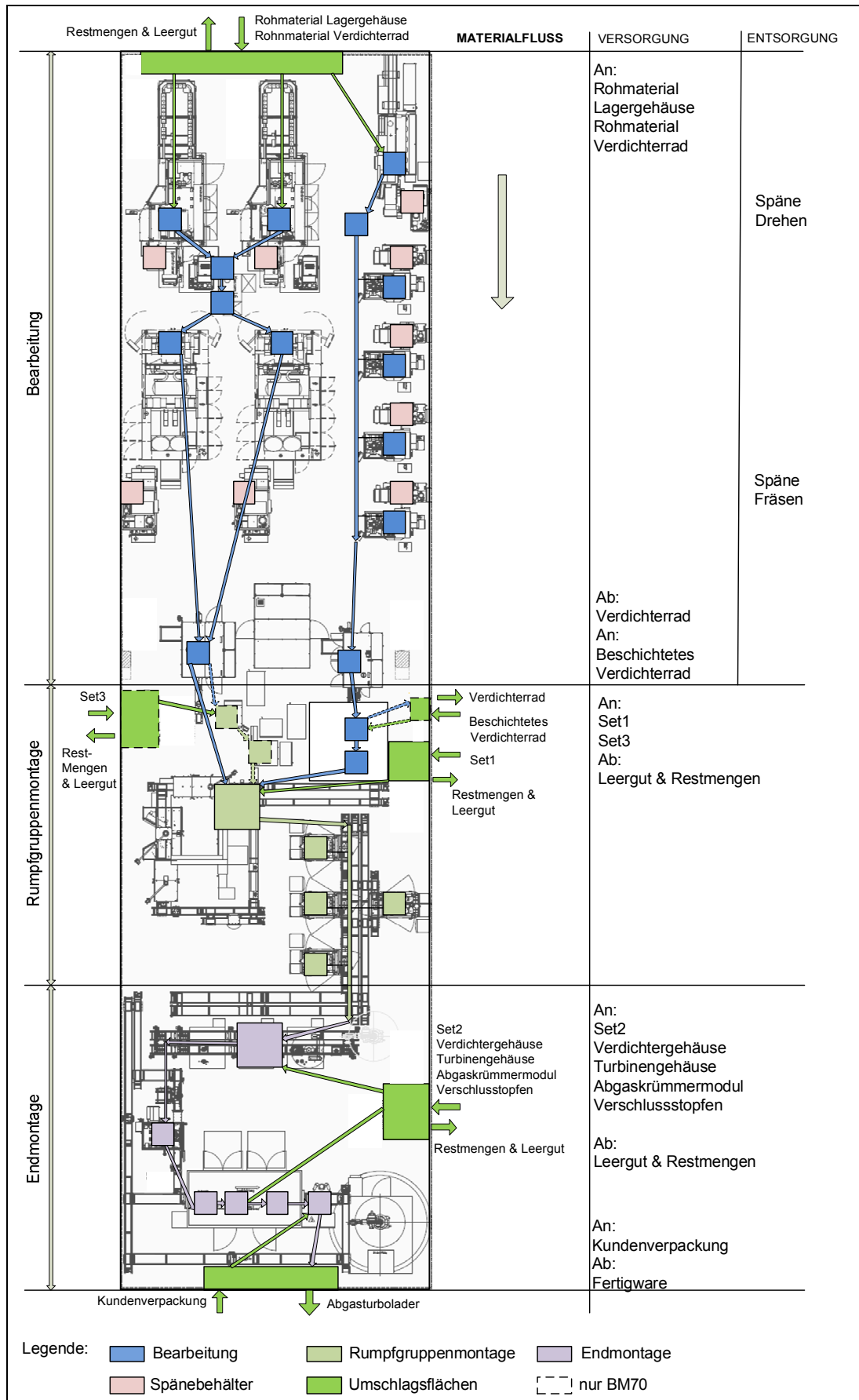


Abbildung 4-12: Darstellung des Materialflusses im Produktionsmodul

4.3.2 Mengenflussdarstellung im Sankey Diagramm

Am Beispiel des ATL BM65 und BM70 werden die dazugehörigen Mengenflüsse in einem Sankey Diagramm dargestellt.

Diese Materialflussbilder stellen neben der vom technologischen Prozess geforderten Reihenfolge auch die Förderintensität der einzelnen Materialströme durch die Stärke der Pfeile dar. Sie sollen dazu dienen, einen Überblick über die wichtigsten Materialströme aufgrund der Verfahrens- und Mengenplanung zu erhalten und die einzelnen Materialströme im Verhältnis zueinander sichtbar zu machen.⁸⁸

Das Sankey Diagramm gemäß Abbildung 4-13 zeigt den Materialfluss des BM65 vom Wareneingang bis zum Warenausgang. Daraus ist z.B. ersichtlich, dass 35 Komponenten mit dem Gesamtgewicht von 547 kg für die Herstellung von 100 Turboladern die Produktion durchlaufen und zwei Komponenten bearbeitet werden. Mit der Annahme, dass bei den durchgeführten Bearbeitungen ca. 10% des Rohgewichts als Späne anfallen, ergeben sich damit ca. 17 kg je 100 ATL. Das würde bedeuten, dass bei einer Tagesproduktion von 1200 Stück ATL 204kg Späne pro Modul in entsprechenden Behältern der Reststoffverwertung zugeführt werden müssen.

Neben der Aussage über Mengen- und Gewichtsverhältnisse innerhalb des Materialflusses ist auch ersichtlich, welche Bereiche bzw. Prozesse innerhalb und außerhalb des Produktionsmoduls angeordnet sind. Einzelheiten zur Versorgung des Produktionsmoduls sind in der Abbildung 4-12 ersichtlich.

Die Darstellung des BM70 in Abbildung 4-14 entspricht der Beschreibung des BM65. Im Vergleich der beiden Mengenflussbilder ist zu erkennen, dass für den BM70 eine größere Anzahl an Teilen mit einem wesentlich höheren Gewicht am Prozess beteiligt sind und damit ein höherer Aufwand verbunden ist. Auch ergibt sich für die Entsorgung ein fast doppelt so hoher Späneanfall im Bereich der Bearbeitung.

⁸⁸ Vgl. WOHINZ (2003), S. 188

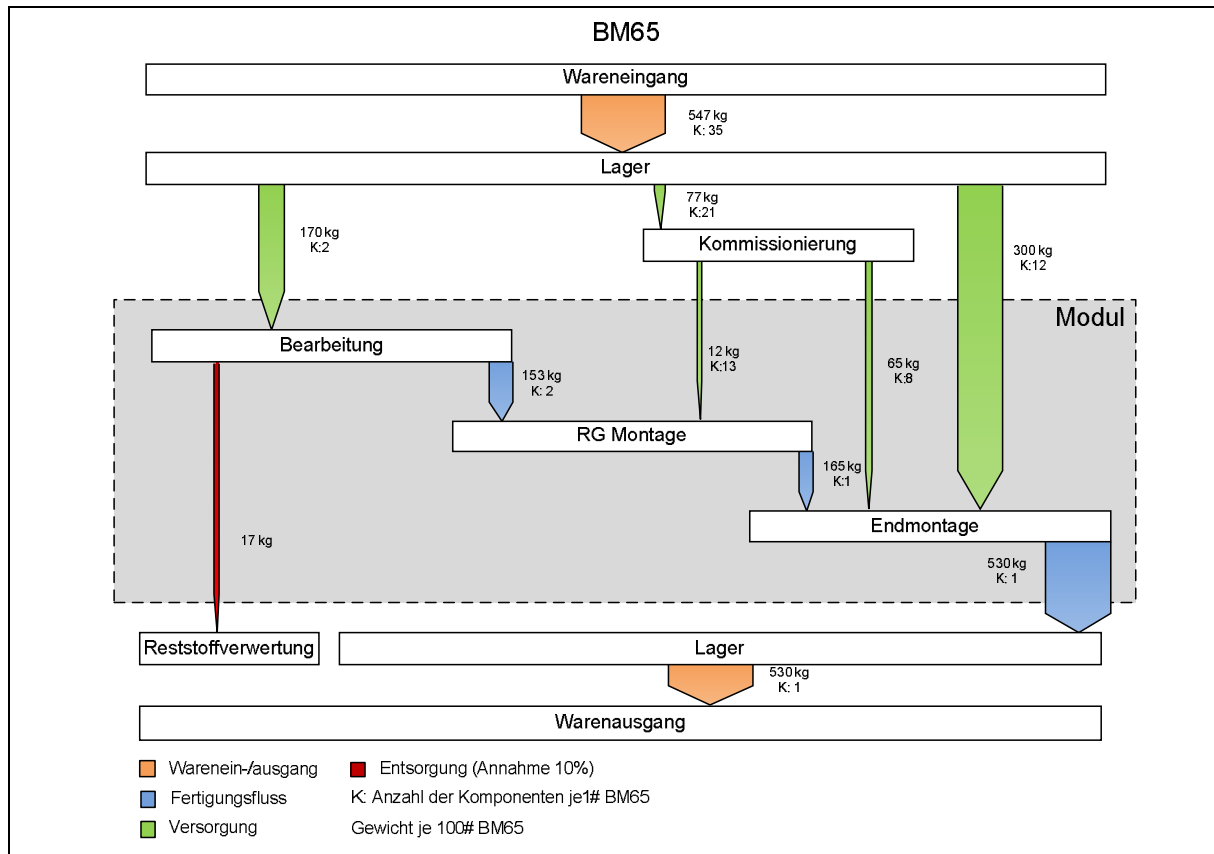


Abbildung 4-13: Sankey Diagramm BM65

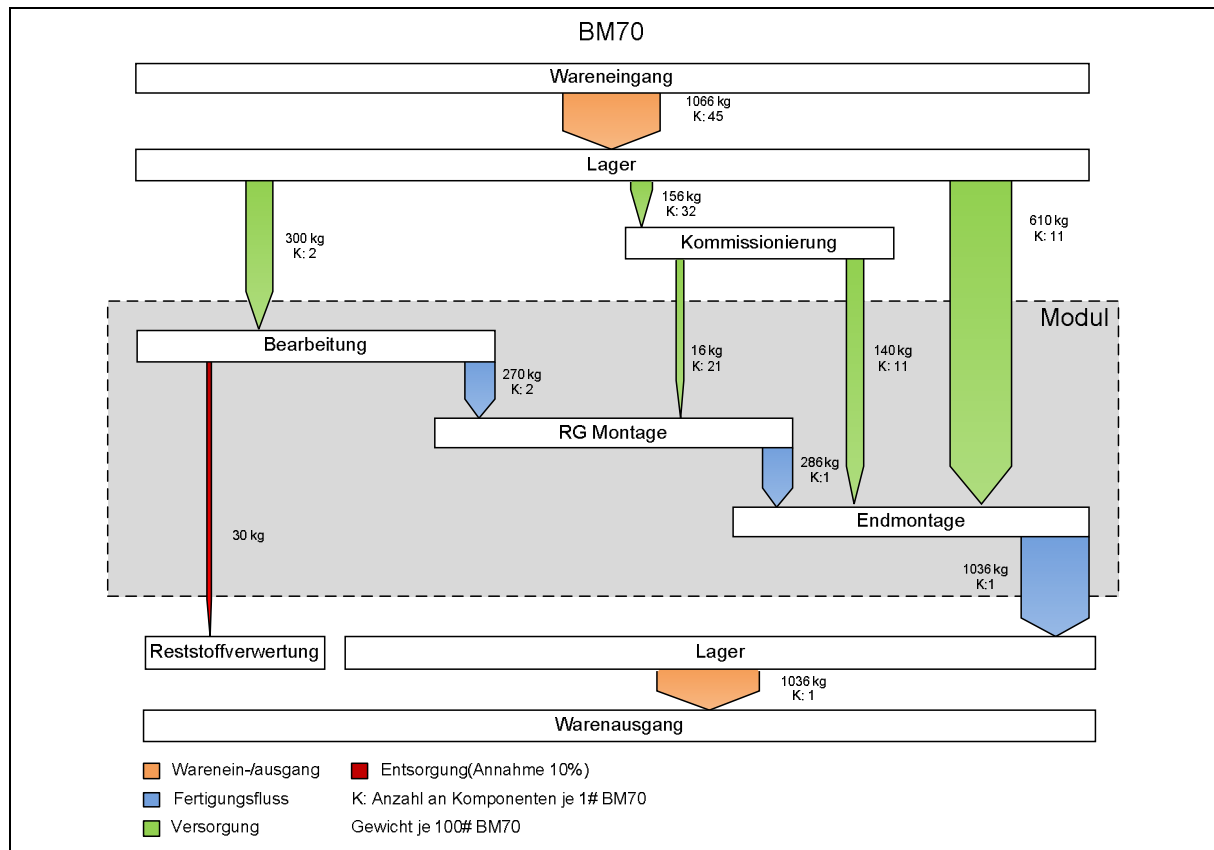


Abbildung 4-14: Sankey Diagramm BM70

4.3.3 Versorgungsprinzip

Im vorliegenden Fall soll die Versorgung der Produktionsanlagen durch einen externen Logistikdienstleister bewerkstelligt werden. Die Versorgung erfolgt im Vollausbau über einen Milkrunzug, der die Teile von einer externen Lager- und Logistikfläche zu den einzelnen Eingangslagern der Module bringt.

Im vorliegenden Fall besteht der Milkrun aus einem elektrobetriebenen Zugfahrzeug mit maximal vier Anhängern mit entsprechender Aufnahme für Rollwägen und Behälter. Die Be- und Entladung wird manuell durchgeführt und zentral über ein Logistikprogramm gesteuert.

Behälterdaten:

Die Aufnahme und Abmessungen der Behälter für die zu transportierenden Teile sind in Anhang 2, Behälterdaten, ersichtlich. Dabei werden hauptsächlich zwei verschiedene Behälter verwendet, nämlich der Großladungsträger (GLT) für größerdimensionierte Teile (z.B. Lagergehäuse) und der Trolley für die Kleinteile in den Sets.

Umschlagsflächen:

Die Umschlagsflächen dienen zur Aufnahme der vom Milkrunzug an- und abgelieferten Teile. In Abbildung 4-15 werden die sechs vorhandenen Umschlagsflächen eines Produktionsmoduls dargestellt.

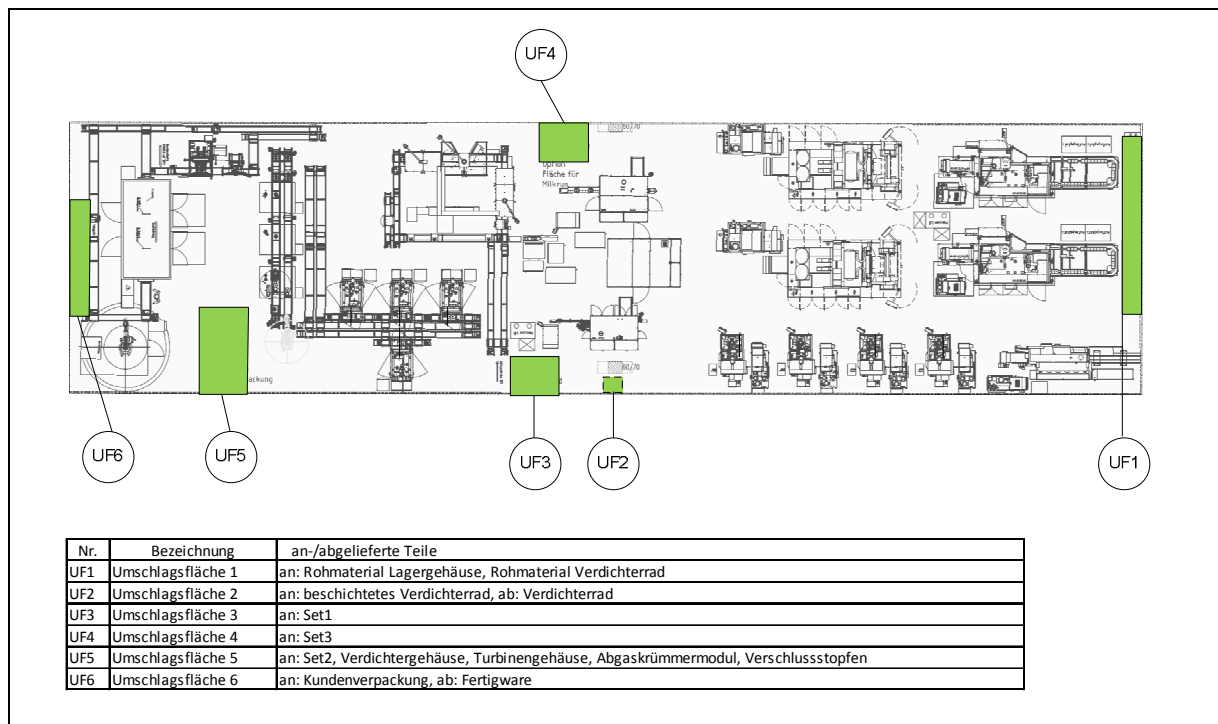


Abbildung 4-15: Umschlagsflächen im Produktionsmodul

Transportintensitäten:

Die Transportintensität wird bestimmt durch die Anzahl der Rollwägen, die erforderlich sind, die benötigten Teile an einer Umschlagsfläche an- oder abzuliefern. Umschlagsflächen mit hoher Transportintensität sollen in der Planung weitgehend in der Nähe des Warenein- und -ausgangs positioniert werden, um den Transportaufwand zu minimieren. In folgenden Tabellen wird die Transportintensität für den BM65, Tabelle 4-3, und den BM70, Tabelle 4-4, für ein Produktionsmodul und einer Tagesproduktion von 1200 Stück dargestellt.

ATL BM65:

Umschlagsfläche	Teil	Stück /GLT	Anzahl GLTs	Stück /Trolley	Anzahl Trolleys	Anzahl Rollwägen	Anzahl je UF
UF1	LagergehäuseRM	600	2			2	2,3
	VerdichterradRM	4032	0,3			0,3	
UF3	Set1			48	25	8,3	8,3
UF5	Set2			24	50	16,7	28,35
	Verdichtergehäuse	270	4,4			4,4	
	Turbinengehäuse	192	6,25			6,25	
	Stopfen		1			1	
UF6	Verpackung		1			1	31
	BM65ATL	40	30			30	
						Summe:	69,95
						Fahrten:	23,32

Tabelle 4-3: Transportintensität BM65

ATL BM70:

Umschlagsfläche	Teil	Stück /GLT	Anzahl GLTs	Stück /Trolley	Anzahl Trolleys	Anzahl Rollwägen	Anzahl je UF
UF1	LagergehäuseRM	600	2			2	2,3
	VerdichterradRM	4032	0,3			0,3	
UF3	Set1			48	25	8,33	8,33
UF4	Set3			288	4,2	1,4	1,4
UF5	Set2			24	50	16,7	46
	Verdichtergehäuse	144	8,3			8,3	
	Abgaskrümmmodul	60	20			20	
	Stopfen		1			1	
UF6	Verpackung		1			1	51
	BM70ATL	24	50			50	
						Summe:	109,03
						Fahrten:	36,34

Tabelle 4-4: Transportintensität BM70

Für die Berechnung der Fahrten wird eine durchschnittliche Anzahl von 3 Rollwägen pro Fahrt eines Milkrunzuges angenommen. Aus den Tabellen ist ersichtlich, dass der BM70 wesentlich mehr Fahrten an die Umschlagsflächen benötigt als der BM65, was auf die Anzahl und Größe der Teile des BM70 und auf das Fassungsvermögen der Behälter zurückzuführen ist.

4.4 Zusammenfassung und Ergebnis der Analyse

Das Ergebnis der Analyse für das Modullayout auf Basis des Wertstromdesigns 2012 zeigt einen stetigen Material- und Prozessfluss, wobei die Verknüpfungen der einzelnen Prozesse einen hohen Automatisierungsgrad aufweisen. Dies entspricht im Wesentlichen dem Prinzip einer Fließfertigung für hohe Stückzahlen und kurzer Durchlaufzeit. Dazu nochmals eine zusammenfassende Übersicht, wie sie in Abbildung 4-16, dargestellt wird.

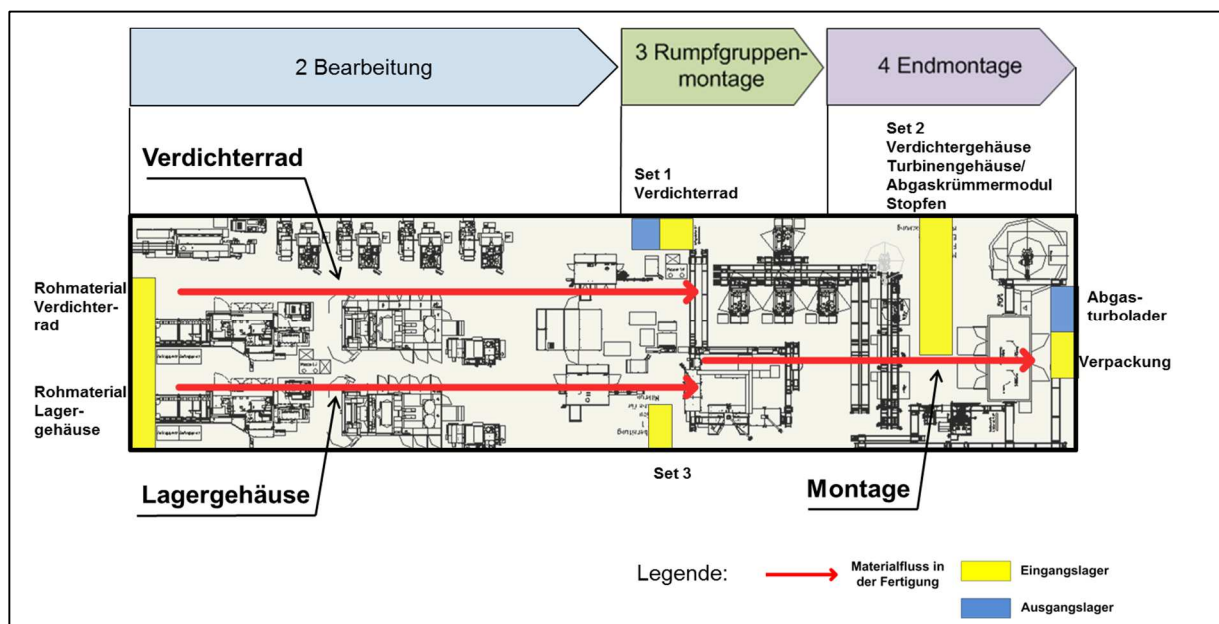


Abbildung 4-16: Produktionsmodul mit Material- und Prozessfluss

Zusammenfassend können folgende mögliche Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aus dem Ergebnis der Analyse abgeleitet werden:

- Für jedes einzelne Modul ergeben sich 6 Umschlagsflächen. Im Vollausbau mit 8 Modulen daher 48 anzufahrende Umschlagsflächen, die aufgrund der Anordnung der Module nicht zusammengelegt werden können und daraus lange Transportwege resultieren.
- Bedingt durch das Prinzip der Fließfertigung eines Modullayouts ist bei Umrüstvorgängen das Handling bezüglich Abtransport von Restmengen von den Umschlagsflächen, sowie die Anlieferung von neuen Teilen mit einem erheblichen Transportaufwand verbunden.

- Das Modullayout ist aufgrund seines Fertigungsprinzips für hohe Stückzahlen, für eine geringe Typenvielfalt und kurze Durchlaufzeiten ausgelegt und ist daher nicht flexibel genug, um bei kurzfristigen Auftragsänderungen, Umstellungen auf neue Produkttypen und technischen Änderungen schnell und effizient zu reagieren.
- Durch die ablauforientierte Aufstellung der Maschinen, kommt es bei Störungen zu einem Stillstand der gesamten Fertigungslinie, mit entsprechenden Auswirkungen hinsichtlich Kosten und Einhaltung von Lieferterminen.

Mögliche Verbesserungspotenziale für das Modullayout können durch eine Beseitigung oder Verbesserung der angeführten Nachteile umgesetzt oder in alternativen Layouts ganz oder teilweise berücksichtigt werden.

5 Planung alternativer Layouts

Aufgabenstellung der vorliegenden Diplomarbeit war es, alternative Varianten zu dem bereits in Planung befindlichen Modullayout zu entwickeln, um daraus mögliche Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Nach Analyse der bestehenden Fließfertigung des Modullayouts wird in diesem Kapitel die Entwicklung der alternativen Konzepte, unter Berücksichtigung der vorgegebenen Randbedingungen, behandelt. Dabei sollen die einzelnen Produktionsprozesse und deren Betriebsmittel als Competence Center zusammengefasst werden. Diese alternativen Layouts werden mittels einer Nutzwertanalyse untereinander verglichen und bewertet.

5.1 Randbedingungen zur Planung

Für die Planung alternativer Layouts wird die Systemgrenze durch die Fläche der Produktionshalle im Vollausbau bestimmt. Lagerflächen, die sich außerhalb der Produktionshalle befinden und von einem externen Dienstleister betrieben werden, sind daher in der Layoutplanung nicht berücksichtigt.

Aufgrund der fortgeschrittenen Planung und Ausführung der Fertigungsanlagen, sowie der in Kürze startenden Produktion, werden die Randbedingungen für die alternativen Layoutplanungen im Wesentlichen vom Modullayout bestimmt. Das sind in erster Linie räumliche Vorgaben, sowie die Anzahl und Ausführung der Fertigungsanlagen.

Für die alternativen Layoutplanungen sind daher folgende Randbedingungen einzuhalten:

- Fläche der Produktionshalle: ~7800 m²
- Warenein- und -ausgang an den Rolltoren im Osten der Halle
- Planung auf Basis Vollausbau 2015 (9600 Stück ATL pro Tag)
- Fertigungsart Competence Center
- Gleiche Anzahl und Ausführung der Betriebsmittel wie im Modullayout
- Beachtung der Lean Prinzipien

5.2 Beschreibung und Planung des Competence Centers

Bei der Entwicklung der Alternativen und Bewertung der Layouts werden grundsätzlich zwei verschiedene Materialflusskonzepte betrachtet. Zum einen das vorhandene Modullayout auf Basis einer Fließfertigung und zum anderen alternative Layouts, die nach Vorgabe von BMTS auf dem Prinzip eines Competence Centers ausgelegt werden sollen. Unter Competence Center wird bei BMTS eine verfahrensorientierte Fertigungsart verstanden bei der die Anordnung der Betriebsmittel und Ausrüstungen in Form von Werkstätten (z.B. Dreherei, Fräserei) erfolgt.

Bei Betrachtung dieses Fertigungskonzepts soll eine materialflussgerechte Anordnung der Bereiche und Maschinen realisiert werden. Als Einschränkung gilt, dass alle Maschinen und Anlagen ident mit denen des Modullayouts sein sollen.

Einteilung der Competence Center:

Bereiche gleicher Fertigungsverfahren werden als Competence Center bzw. Werkstätten zusammengefasst und nach entsprechend fertigungstechnischem Ablauf eingeteilt. Dabei handelt es sich um die nachfolgenden Bereiche, die materialflussgerecht durchnummeriert sind:

CC1: Drehen Lagergehäuse	CC6: Waschen + Zelle Verdichterrad
CC2: Fräsen Lagergehäuse	CC7: Rumpfgruppenmontage
CC3: Waschen Lagergehäuse	CC8: Wuchten
CC4: Drehen Verdichterrad	CC9: Endmontage
CC5: Fräsen Verdichterrad	CC10: End of Line

Zuordnung der Produktionsprozesse:

Die Zuordnung der Produktionsprozesse zu den einzelnen Competence Centern ist in der nachfolgenden Tabelle 5-1 aufgeführt und zeigt welche Prozesse in den einzelnen Competence Centern ausgeführt werden.

Competence Center	Bezeichnung	Produktionsprozesse in den Competence Centern			
CC1	Drehen Lagergehäuse	Lagergehäuse beschriften	Lagergehäuse drehen		
CC2	Fräsen Lagergehäuse	Messen, 100% Prüfen	Lagergehäuse fräsen		
CC3	Waschen Lagergehäuse	Reinigen			
CC4	Drehen Verdichterrad	Verdichterrad drehen	100% Prüfen, Messen		
CC5	Fräsen Verdichterrad	Verdichterrad fräsen			
CC6	Waschen + Zelle Verdichterrad	Reinigen, Entgraten	Unwucht messen	Beschriften	
CC7	Rumpfguppenmontage	Stifte montieren	Anlenkhebel schweißen	Rumpfguppenmontage	
CC8	Wuchten	Wuchten			
CC9	Endmontage	Endmontage			
CC10	End of Line	Dichtheitsprüfung	Kalt-Test	Stopfen + Beschriften	Verpacken

Tabelle 5-1: Produktionsprozesse in den Competence Centern

Struktur des Competence Center Konzepts:

Entsprechend der Systematik der Strukturplanung wird die Materialflussanalyse des Modullayouts als Basis für die Strukturplanung des Competence Centers herangezogen. Die Transportmatrix, gemäß Anhang 3, zeigt den Materialfluss von Wareneingang über die Competence Center zum Warenausgang und ist die Grundlage für das Strukturschema.

Daraus wurde das Strukturschema, wie in Abbildung 5-1 ersichtlich, für das Competence Center erstellt. Es zeigt, wie die verschiedenen Competence Center untereinander in Verbindung stehen.

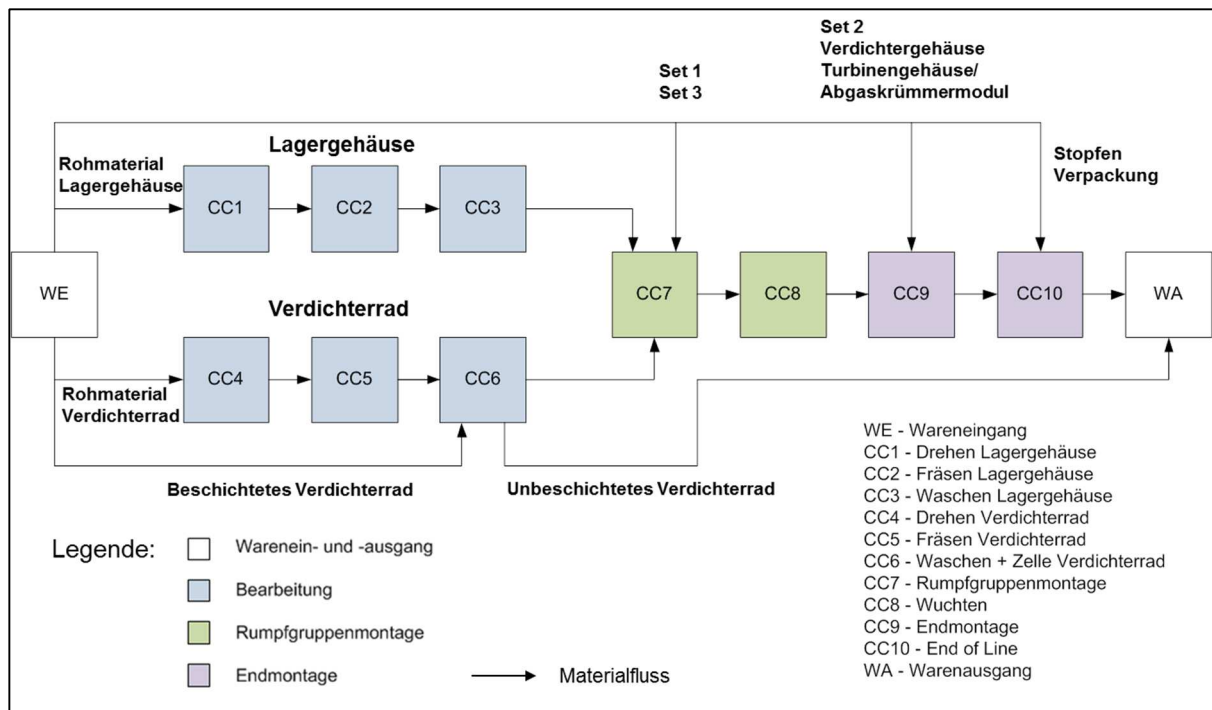


Abbildung 5-1: Struktur des Competence Center Layouts

Beschreibung des Competence Center Konzepts

Der Fertigungsvariante Competence Center wurde ein flussorientierter Material- bzw. Prozessfluss zugrunde gelegt. Die Anzahl der Maschinen bzw. Prozesse entsprechen jenen der Modulfertigung. Die Auslegung berücksichtigt eine manuelle Mehrmaschinenbedienung, entsprechende Zugänge/Wege für den Teiletransport zu den Eingangslagern und zu den Pufferlagern, als auch einen Abtransport für Späne. Eine Optimierung des Teiletransports mit Unstetigkeitsförderer anstelle manueller Weitergabe ist möglich, aber in der Planung noch nicht berücksichtigt. Dies gilt auch für die Form und Auslegung der Transportgutbehälter.

WE Wareneingang: Als Wareneingang versteht man alle eingehenden Waren, die durch ein Rolltor im Osten der Halle über den Milkrunzug zu den jeweiligen Eingangslagern der Competence Centren geliefert werden.

WA Warenausgang: Als Warenausgang versteht man alle ausgehenden Waren, die durch ein Rolltor im Osten der Halle durch den Milkrunzug befördert werden.

CC1 Lagergehäuse Drehen: Dem Eingangslager des CC1 werden die Rohteile für die Bearbeitung auf den Drehmaschinen entnommen, Leergut und Restmengen werden wieder auf dieses Eingangslager zurücktransportiert. Nach der Bearbeitung werden die Teile in Boxen zu 6 Stück Lagergehäuse gesammelt. Sind 4 Boxen befüllt (24 Stück) werden diese zum Pufferlager zwischen den Competence Centern 1 und 2 gebracht und dort zwischengelagert.

CC2 Lagergehäuse Fräsen: Aus dem Pufferlager werden die benötigten Teile zur Bearbeitung auf den Fräsmaschinen entnommen. Nach der Bearbeitung werden die Teile wieder in Boxen gesammelt und im Pufferlager zwischen CC2 und CC3 zwischengelagert.

CC3 Lagergehäuse Waschen: Nach Entnahme der Teile aus dem Pufferlager werden die notwendigen Bearbeitungsschritte im Waschzentrum durchgeführt und kommen anschließend in das Pufferlager von CC3.

CC4 Verdichterrad Drehen: Das Rohmaterial für die Verdichterräder wird mit dem Milkrunzug zum zentralen Eingangslager für das CC4 gebracht. Von dort werden diese auf die Drehmaschinen verteilt. Das Leergut und die Restmengen werden wieder zum Eingangslager zurücktransportiert. Nach der Bearbeitung werden die bearbeiteten Verdichterräder in einem Blister mit einem Fassungsvermögen von 48 Stück gesammelt und zum Pufferlager zwischen dem CC4 und CC5 transportiert und gelagert.

CC5 Verdichterrad Fräsen: Dem Pufferlager werden die benötigten Teile für die Bearbeitung auf den Fräsmaschinen entnommen. Danach werden die Verdichterräder gesammelt und zum Pufferregal zwischen CC5 und CC6 gebracht.

CC6 Verdichterrad Waschen + VR Zelle: Nach Entnahme der Teile aus dem Pufferlager werden die notwendigen Bearbeitungsschritte im Waschzentrum durchgeführt und anschließend im Pufferlager nach CC6 zwischengelagert. Für den ATL BM70 müssen die Verdichterräder extern beschichtet werden und werden daher in einem Ausgangslager zur Abholung durch den Milkrunzug zwischengelagert. Für eingehende beschichtete Verdichterräder steht ein Eingangslager im CC6 zur Verfügung für eine nachfolgende Bearbeitung in der Verdichterradzelle. Anschließend erfolgt eine Zwischenlagerung im Pufferlager nach CC6.

CC7 Rumpfguppenmontage: Lagergehäuse und Verdichterrad werden aus den Pufferregalen am Ende der CC3 und CC6 entnommen und mit den Zukaufteilen über den Milkrunzug in das Eingangslager der Rumpfguppenmontage gebracht. Dabei handelt es sich um das Set1 und im Fall des BM70 auch um das Set3. Die Beförderung zwischen den einzelnen Montagestationen erfolgt über ein Fließband auf einem Werkstückträger. Mit diesem gelangt die Rumpfguppe nach der Bearbeitung direkt zu Competence Center 8.

CC8 Wuchten: Nach dem Wuchten der Rumpfguppe werden diese in den Werkstückträgern im Pufferregal nach CC8 zwischengelagert.

CC9 Endmontage: Die benötigten Rumpfguppen werden aus dem Pufferregal entnommen. Das Set2, Verdichtergehäuse, Turbinengehäuse und Abgaskrümmersmodul werden im Eingangslager des CC9 eingelagert. Die Endmontagelinie führt die Montage mit den benötigten Teilen an den verschiedenen Montagestationen durch. Nach der Bearbeitung in der Endmontage gelangt der Abgasturbolader direkt über ein Fließband zum Competence Center End of Line.

CC10 End of LINE: Im CC10 werden die letzten Bearbeitungsschritte für den Abgasturboladers durchgeführt und anschließend verpackt. Die dafür erforderlichen Teile Stopfen und Verpackung werden dem Eingangslager von CC10 entnommen. Danach werden die verpackten Abgasturbolader vom Ausgangslager über den Milkrunzug zum Versandlager gebracht.

Flächenbedarfsanalyse für das Competence Center

Für eine erste Annahme wurde der Flächenbedarf für die Maschinen inklusive Montage aus deren Nettoflächen und mit entsprechenden Zuschlägen für internen Transport, Zwischenlager und Zusatzfläche berechnet, wie sie im Regelfall für Werkstätten angewendet wird. Die Differenz der Hallenfläche zur Bedarfsfläche der Maschinen kann für Verkehrswege, Ein- und Ausgangslager und etwaigen Reserven (z.B. Informationsecken, Qualitätsinseln) herangezogen werden.

Auf dieser Basis wurde der Flächenbedarf für das Competence Center ermittelt und in Tabelle 5-2 dargestellt. Der tatsächliche Flächenbedarf ist nach Festlegung der erforderlichen Maschinen sowie der benötigten Umschlagsflächen und Transportwege zu berechnen.

Die Methode zur Ermittlung der Flächenbedarfe der Competence Center wurde in Kapitel 3.3 erläutert und ist im Anhang 3 detailliert aufgelistet.

Nr.	Competence Center	Summe CC [m ²]	mit Zuschlag [m ²]
CC1	Drehen Lagergehäuse	844,16	1688,32
CC2	Fräsen Lagergehäuse	522,56	1045,12
CC3	Waschen Lagergehäuse	61,88	123,76
CC4	Drehen Verdichterrad	228,16	456,32
CC5	Fräsen Verdichterrad	281,6	563,2
CC6	Waschen + Zelle Verdichterrad	196	392
CC7	Rumpfgruppenmontage	214,16	428,32
CC8	Wuchten	107,76	215,52
CC9	Endmontage	128,88	257,76
CC10	End of Line	181,76	363,52
	Flächenbedarf Σ CC:	2766,92	5533,84

Tabelle 5-2: Fertigungsflächenbedarf Competence Center

Die Differenz aus der nutzbaren Hallenfläche und dem Fertigungsflächenbedarf für die Competence Center ergibt somit 2269,02m², die für Verkehrswege, Ein- und Ausgangslager und Reserven verwendet werden kann.

Für die in dieser Arbeit ausgeführten alternativen Feinlayouts und deren Bewertung durch eine Nutzwertanalyse, war eine Abschätzung der erforderlichen Flächen ausreichend.

5.3 Darstellung der Layoutvarianten

Wie in der Aufgabenstellung der Diplomarbeit gefordert, sollen die alternativen Layoutvarianten auf Basis von Competence Centern entwickelt werden. Dazu wurden in der vorgegebenen Fläche der Produktionshalle die einzelnen Bereiche in Form von Strukturlayouts als auch in Form von Detaillayouts dargestellt.

Mithilfe der angewandten Schablonentechnik, wie in Kapitel 3.3 erläutert, wurde eine räumliche Aufteilung der verschiedenen Bereiche durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Flächen für Transport, Ein- und Ausgangslager und Puffer wurden entsprechend berücksichtigt, aber nicht im Detail ermittelt. Ein wesentliches Kriterium dabei war die Einhaltung eines kontinuierlichen Prozess- und Materialflusses.

Eine entsprechende Zugänglichkeit zu den Maschinen für Wartung, Austausch und Späneentsorgung, sowie eine Trennung von Schmutz- und Reinbereich wurden ebenfalls berücksichtigt.

5.3.1 Modullayout

Wie in der Aufgabenstellung vorgegeben soll das bestehende Modullayout als Basis zum Vergleich der alternativen Layoutvarianten dienen. Eine genaue Beschreibung des Produktionsmoduls erfolgte im vorangegangenen Kapitel 4 der Produktions- und Materialflussanalyse. Daraus sind die vorgegebenen Planungsfaktoren bezüglich Produkt- und Produktionsstrukturen, Maschinenpark, Fertigungsprinzip, Fertigungskapazität etc. ersichtlich.

Abbildung 5-2 zeigt die Struktur des Modullayouts mit den acht Produktionsmodulen für den Vollausbau. Es zeigt weiters einen kontinuierlichen Materialfluss innerhalb eines Produktionsmoduls, sowie die Transportwege, die sich sowohl durch die räumliche Anordnung der acht Module, als auch durch die Positionierung von Warenein- und Warenausgang ergeben.

Im Detaillayout, in Abbildung 5-3, sind neben der räumlichen Anordnung der Maschinen im Modul auch die entsprechenden Ein- und Ausgangslager ersichtlich.

Eine detailliertere Darstellung des Produktionsmoduls hinsichtlich Maschinenaufstellung, internen Teiletransport, Spänebehälter und Umschlagsflächen ist in Abbildung 4-12 ersichtlich.

Das Fertigungsprinzip dieses Moduls mit hohem Automatisierungsgrad und kurzen Durchlaufzeiten beruht auf einer Fließfertigung für hohe Stückzahlen bei geringer Typenvielfalt und gewährleistet für dieses Prinzip ein hohes Maß an Wirtschaftlichkeit. Durch den hohen Automatisierungsgrad und den damit verbundenen One Piece Flow, darunter versteht man die unmittelbare Weiterleitung des Werkstücks ohne Wartezeiten, werden die Bestände innerhalb der Produktion gering gehalten.

Aufgrund dieses Fertigungsprinzips ergeben sich auch Nachteile wie z.B. eine Einschränkung der Flexibilität, wie sie im Falle einer Anpassung an Kundenanforderungen bezüglich Auftragsänderung, technischen Änderungen, Typenänderungen, etc. erforderlich ist. Gründe dafür sind z.B. zeitaufwendige Rüstvorgänge und schwierige Umstellung auf neue Produkttypen. Eine höhere Anzahl an Umschlagsflächen, wie auch längere Transportwege wirken sich ebenso nachteilig auf die Logistik aus, wie die Auswirkung einer Maschinenstörung durch Unterbrechung des gesamten Fertigungsflusses. Durch den Einsatz von Spezialmaschinen und deren aufstellungsbedingter Streuung in der Produktionshalle sind Konzentrationen für bestimmte Fertigungsprozesse und deren Weiterentwicklung in Form von Know How Bereichen kaum oder nicht möglich.

Eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile ist in Tabelle 5-3 ersichtlich.

<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurze Durchlaufzeiten • Geringe Bestände • Hohe Automatisierung • One Piece Flow 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkte Flexibilität • Viele Umschlagsflächen • Lange Versorgungswege • Keine Know How Bereiche
---	--

Tabelle 5-3: Vor- und Nachteile Modullayout

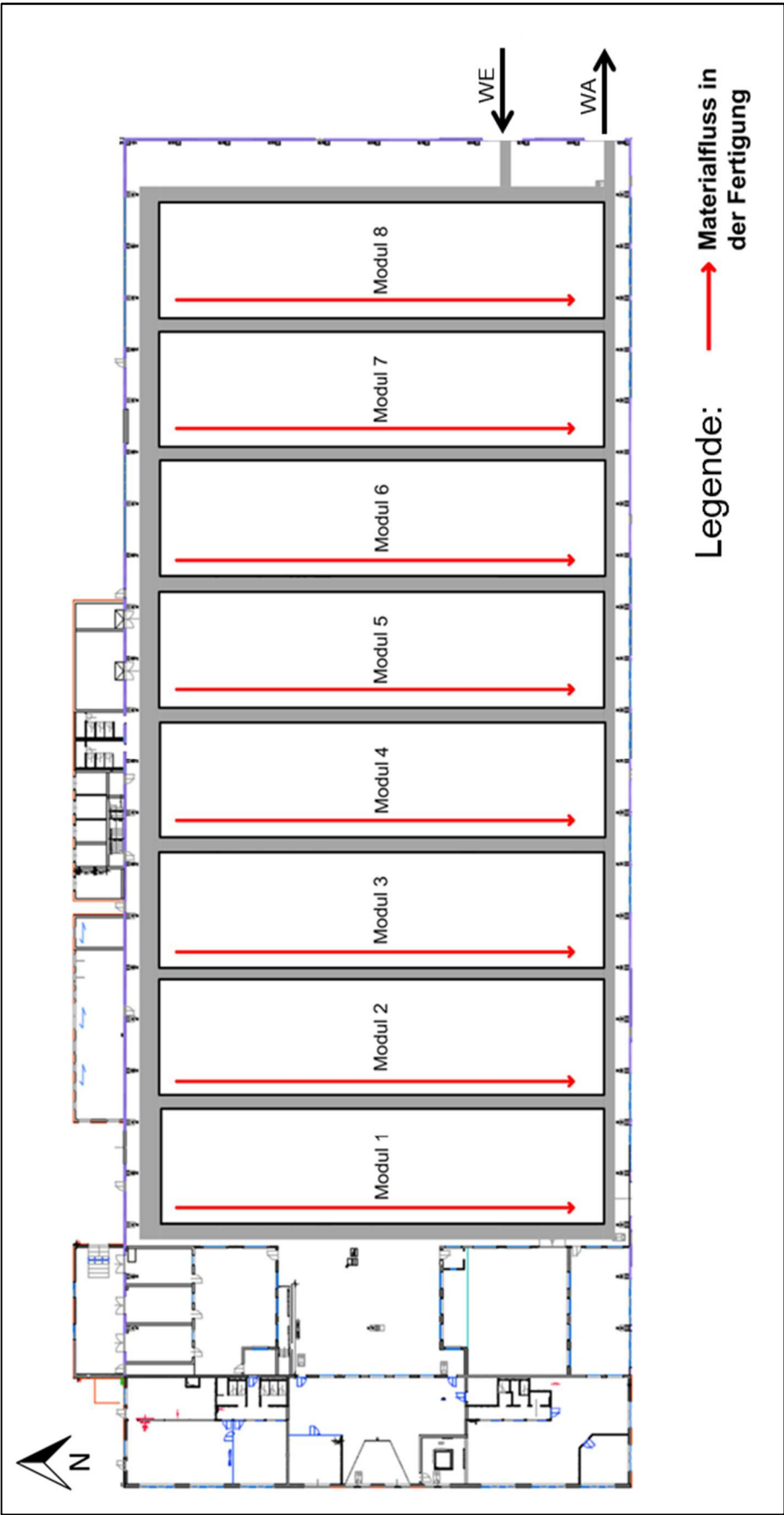


Abbildung 5-2: Struktur Modullayout

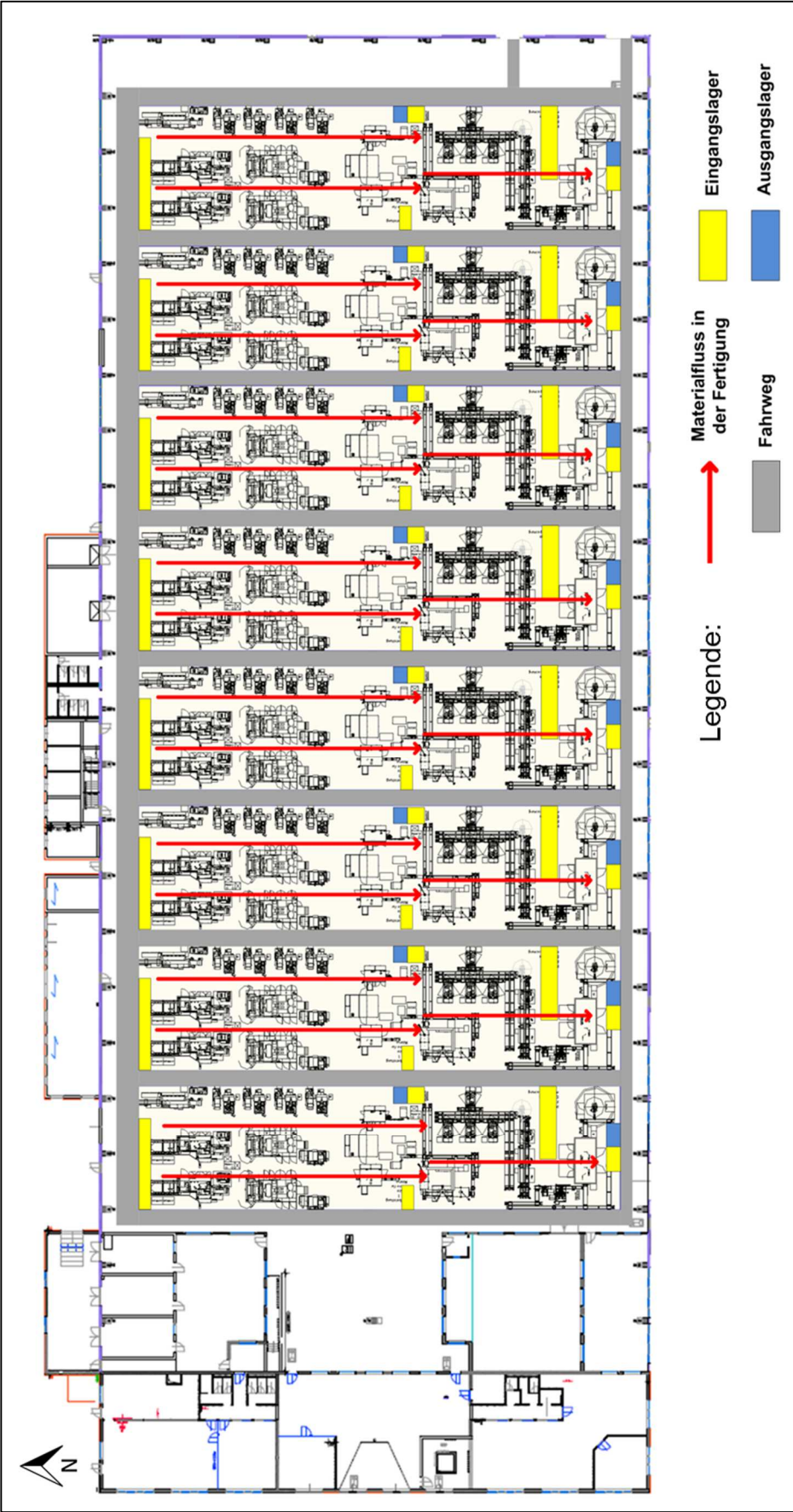


Abbildung 5-3: Details Modullayout

5.3.2 Competence Center LINIE

Gemäß der Forderung alternativer Layouts auf Basis von Competence Centern, wie sie in Kapitel 5.2 nach ihren Funktionen, Prozessen, Abläufen im Detail beschrieben worden sind, wurde als erste Alternative ein Layout entwickelt, in dem ein geradliniger und kontinuierlicher Prozess- bzw. Materialfluss angenommen wurde, wie es im Strukturlayout in Abbildung 5-4 ersichtlich ist. Abweichend von der üblichen Werkstattfertigung werden nicht Universalmaschinen eingesetzt sondern die Maschinen aus der Fließfertigung des Modullayouts übernommen. Die einzelnen Competence Center sind bereichsmäßig zusammengefasst (z.B. Dreherei, Fräserei), wobei der Teiletransport innerhalb der Bearbeitungsbereiche manuell erfolgt bzw. in der Montage nach dem Förderprinzip der Modulfertigung, wie es in Kapitel 5.2 beschrieben ist.

Entsprechend dem Strukturlayout sind im Detaillayout, Abbildung 5-5, die räumliche Anordnung der Maschinen und Anlagen der verschiedenen Competence Center, sowie die erforderlichen Ein- und Ausgangslager, Pufferlager und Transportwege dargestellt.

Trotz identer Maschinen aus dem Modullayout kann eine höhere Flexibilität durch individuelle Ansteuerung der einzelnen Maschinen innerhalb eines Competence Centers erreicht werden. Das ermöglicht eine schnellere und effizientere Reaktion auf Änderung von Kundenwünschen wie z.B. Auftragsänderungen, technischen Änderungen und Typenänderung. Durch die Anordnung der transportintensiven Bereiche, wie die Endmontage und die End of Line in der Nähe des Warenein- und Warenausgangs werden die Versorgungswege minimiert. Zur Einhaltung von Kunden- und Qualitätsforderungen ist bei diesem Layout eine gute räumliche Trennung von Schmutz- (Bearbeitung) und Reinbereich (Montage) möglich.

Durch Konzentration von bestimmten Fertigungsprozessen und spezifischer Tätigkeiten in den unterschiedlichen Werkstätten kann im Gegensatz zur Fließfertigung ein produktionsspezifisches Know How durch Wissensträger aufgebaut werden, das sich vorteilhaft hinsichtlich einer eigenständigen Fertigungsentwicklung, einer höherer Flexibilität und einer höheren Effizienz auswirkt.

Durch die Anordnung der Competence Center ergeben sich Nachteile durch den manuellen Teiletransport zwischen den Bearbeitungsbereichen, sowie auch höhere Bestände aufgrund der erforderlichen Zwischenlagerungen in den Puffern. Das bewirkt auch höhere Durchlaufzeiten in der Produktion. Außerdem ist durch den geringeren Automatisierungsgrad mit einem erhöhten Personalaufwand zu rechnen.

Zusammenfassend sind die Vor- und Nachteile des Competence Center LINIE in Tabelle 5-4 aufgelistet.

<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Flexibilität • Weniger Umschlagsflächen • Kürzere Versorgungswege • Stetiger Prozessfluss • Know How Bereiche 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manueller Teiletransport • Höhere Bestände • Höhere Durchlaufzeit • Höherer Personalbedarf
--	--

Tabelle 5-4: Vor- und Nachteile Competence Center LINIE

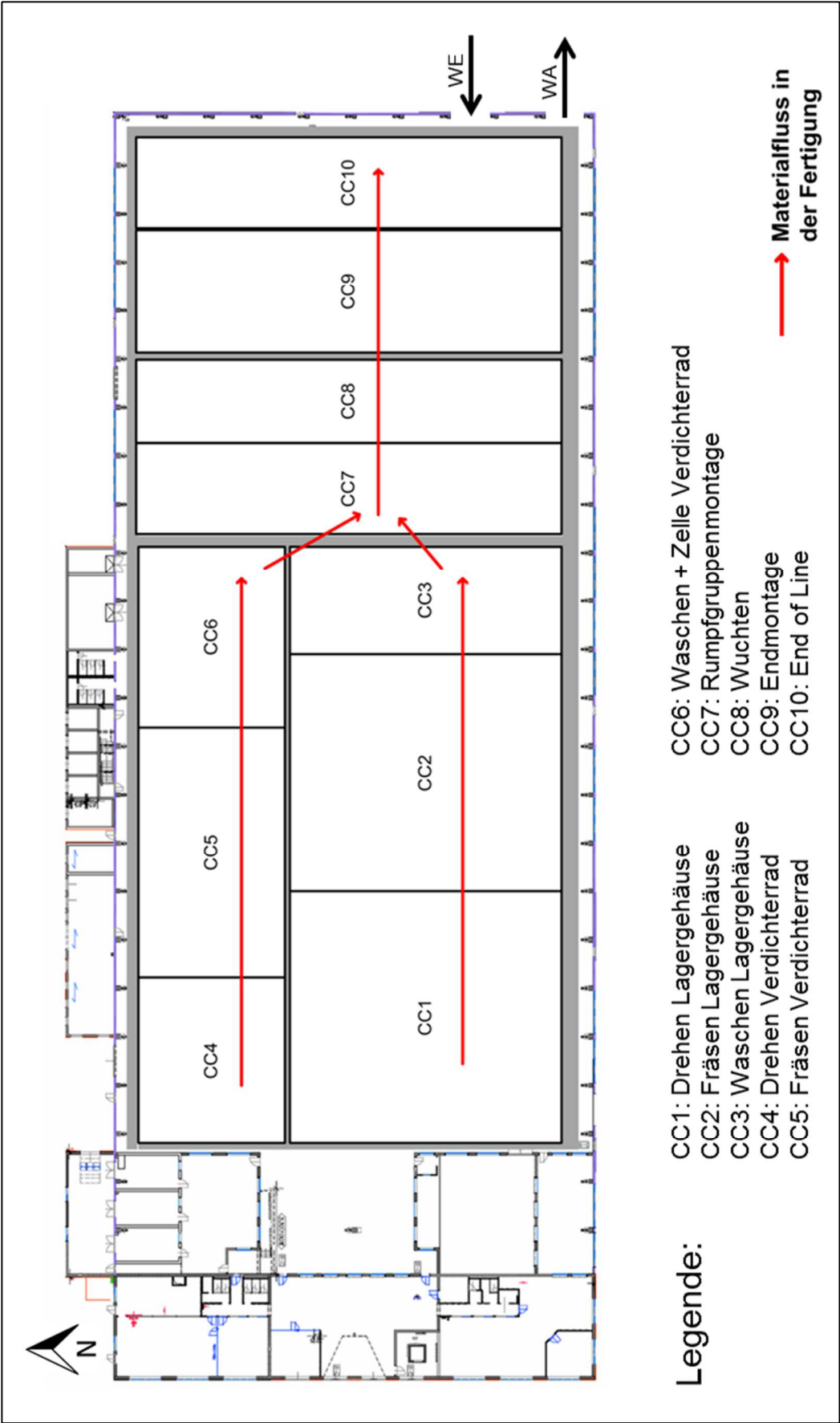


Abbildung 5-4: Struktur Competence Center LINIE

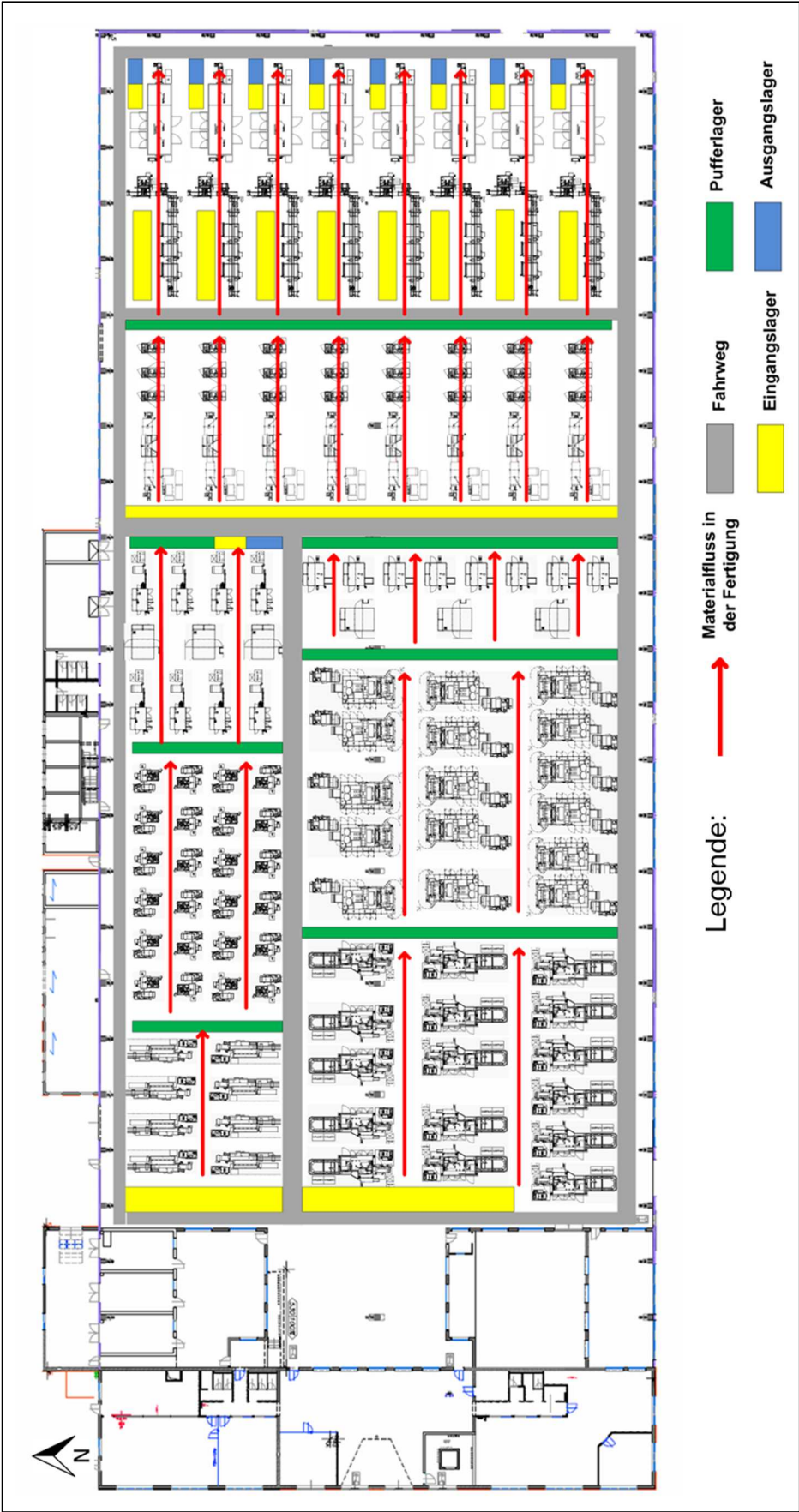


Abbildung 5-5: Details Competence Center LINIE

5.3.3 Competence Center U-FORM

Für das Competence Center in U-FORM gilt im Wesentlichen die Beschreibung für das Competence Center LINIE, wobei der Prozess- und Materialfluss in U-Form angelegt ist, wie es in Abbildung 5-6 dargestellt ist. Bei dieser Variante beginnt und endet der Fertigungsfluss bei dem am gleichen Ort befindlichen Warenein- und Warenausgang an der Ostseite der Produktionshalle.

Wie auch aus dem Detaillayout in Abbildung 5-7 ersichtlich, ist durch die Aufstellung bzw. die räumlichen Trennung der Bearbeitungsbereiche für das Lagergehäuse und das Verdichterrad ein unstetiger Prozessfluss gegeben, der einen aufwendigeren Teiletransport erfordert, da die Montagebereiche nicht unmittelbar danach anschließen. Der erhöhte Transportaufwand trifft auch für die Splittung der Montagebereiche in zwei Blöcken mit je vier Competence Centern zu.

Aufgrund der Positionierung der Eingangslager für Lagergehäuse und Verdichterrad, welche beim Competence Center LINIE zentral und beim Competence Center U-FORM längs der Verkehrswege angeordnet sind, kann bei letzterem eine direkte Versorgung der einzelnen Maschinen ermöglicht werden.

Durch die erforderliche Aufteilung der Competence Center, sowie durch die Splittung der Montagelinien, ergibt sich ein erhöhter Aufwand in der Hochlaufphase aufgrund der räumlichen Streuung der Maschinen und dadurch entstehenden Leerflächen in der Produktionshalle. Das gleiche gilt auch für das Competence Center LINIE.

Vor- und Nachteile des Competence Center LINIE treffen zum Großteil auch für das Competence Center U-FORM zu. Als wesentlicher Unterschied wirken sich der unstetige Prozessfluss und der höhere Transportaufwand durch die Splittung der Montagelinien nachteilig aus. Zusammenfassend sind die Vor- und Nachteile des Competence Center U-FORM in Tabelle 5-5 dargestellt.

Vorteile:	Nachteile:
<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Flexibilität • Know How Bereiche • Weniger Umschlagsflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Unstetiger Prozessfluss • Höhere Bestände • Höhere Durchlaufzeiten • Höherer Personalbedarf • Gesplittete Montagelinien

Tabelle 5-5: Vor- und Nachteile Competence Center U-FORM

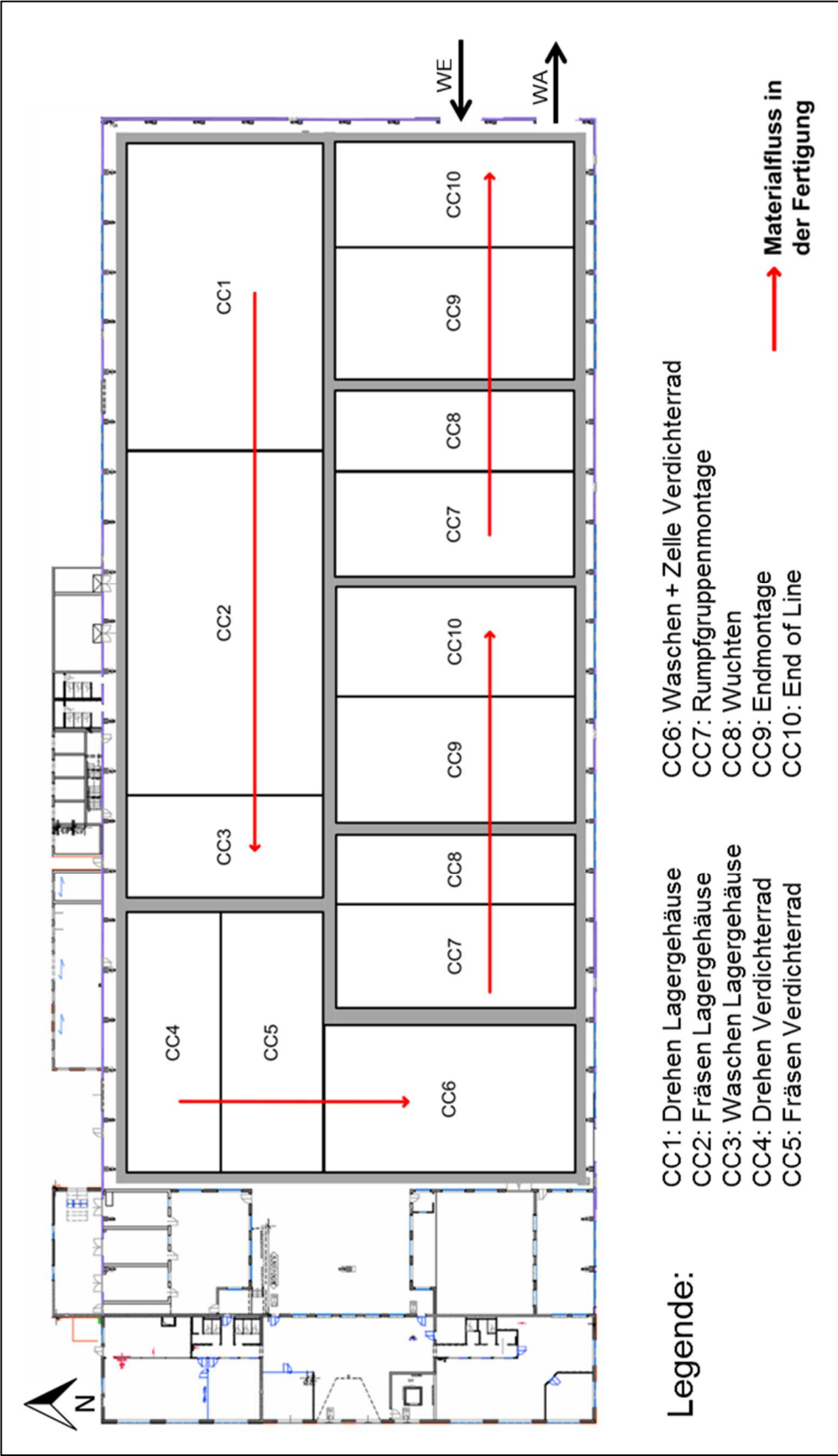


Abbildung 5-6: Struktur Competence Center U-FORM

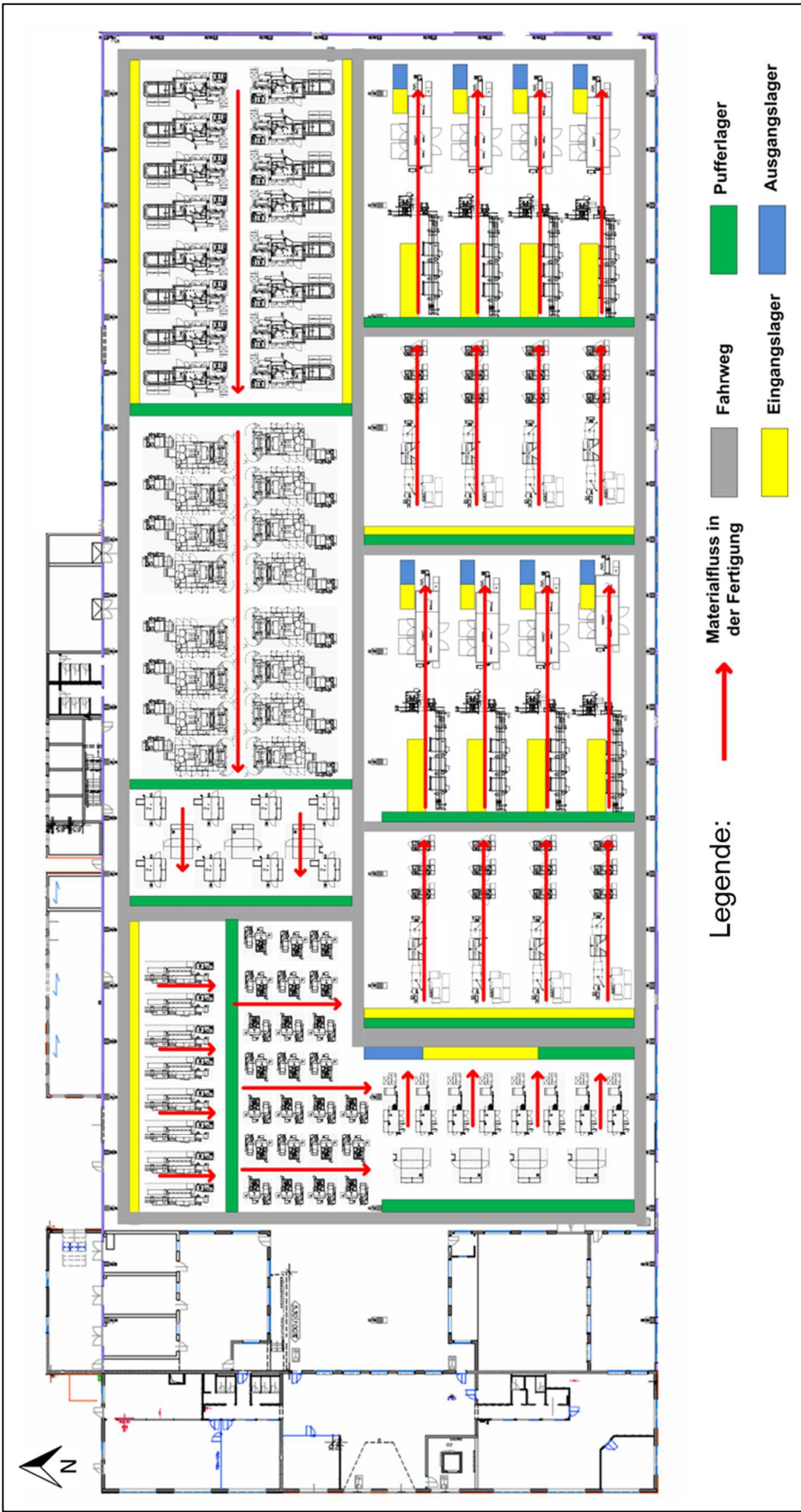


Abbildung 5-7: Details Competence Center U-FORM

5.3.4 Hybridlayout

Bei der Variante Hybridlayout wurde berücksichtigt, dass für hohen Stückzahlbedarf bei geringer Typenvielfalt die Modulfertigung zum Einsatz kommt und für Bereiche, wo erhöhte Flexibilität erforderlich ist, die Competence Center Fertigung herangezogen wird. Die Kombination beider Varianten ist in Abbildung 5-9 als Strukturlayout dargestellt.

Durch Spiegelung benachbarter Module kann eine Verbesserung der Materialversorgung gegenüber dem bestehenden Modullayout erreicht werden, indem zwei Module über einen Transportweg alle An- und Ablieferpunkte für die Umschlagsflächen beider Module erreichbar sind. Siehe Abbildung 5-8. Dies führt außerdem zu einer Flächeneinsparung aufgrund der geringeren Anzahl an Verkehrswegen.

In der nachfolgenden Abbildung wurden die Strukturen der gespiegelten Module schematisch dargestellt, wie sie im Hybridlayout vorkommen. Dazu wurden die Montagelinien der Rumpfgruppe und Endmontage in U-Form dargestellt, ohne diese auf Verbesserungspotenziale, z.B. internes Handling, im Detail zu überprüfen.

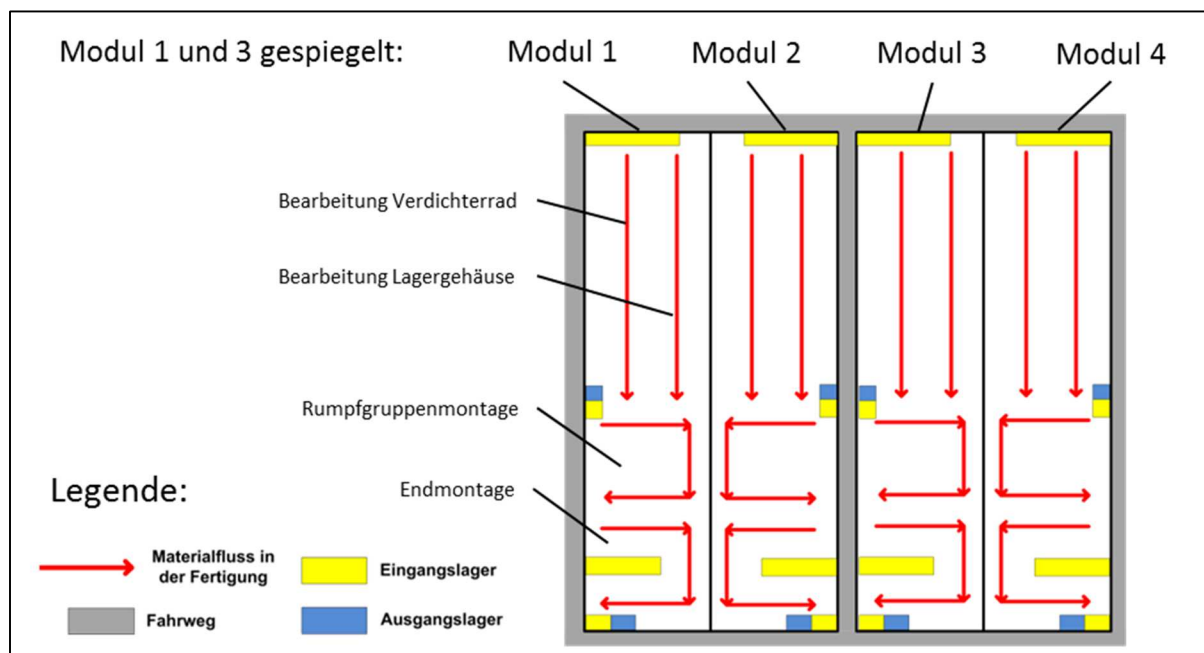


Abbildung 5-8: Spiegelung des Produktionsmoduls

Diese spezielle Auslegung des Produktionsmoduls wurde in der Layoutplanung für das Hybridlayout angewendet. Eine Spiegelung der Montagelinien wurde aufgrund

des dafür erforderlichen Konstruktionsaufwandes nicht durchgeführt und wie in Abbildung 5-10 im Detaillayout nur ansatzweise dargestellt.

Beide Fertigungsverfahren in Kombination stellen grundsätzlich hohe Anforderungen an die Produktionssteuerung und an die Durchführbarkeit. Aufgrund der beiden angewandten Fertigungsprinzipien und der zusätzlichen Betrachtung einer gespiegelten Modulbauweise wird diese Variante trotzdem einer Bewertung unterzogen.

Grundsätzlich werden die Vor- und Nachteile aus den beiden kombinierten Konzepten auf dieses Layout übertragen. Ein Vorteil im Produktionshochlauf liegt im Bereich der Modulfertigung, die aus der vorhandenen Planung des Modullayouts übernommen werden kann und einen weiteren sukzessiven Ausbau ermöglicht. Sind die Vorteile bei der gespiegelten Variante der Modulfertigung in hohen Stückzahlen zu sehen, so ist es beim Competence Center die Flexibilität in der Reaktion auf Kundenanforderungen und Auftragsänderungen bezüglich Stückzahl und technischen Änderungen.

Nachteile ergeben sich durch höheren Aufwand aufgrund der zwei getrennten Prozessflüsse, sowie die Realisierung einer entsprechenden Produktionssteuerung. Das wird von BMTS als kritisch beurteilt und kann bei dieser Variante als KO-Kriterium angesehen werden.

Zusammenfassend sind die Vor- und Nachteile des Hybridlayouts in Tabelle 5-6 dargestellt.

<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produktionshochlauf • Flexibilität CC Bereich • Modulaufstellung gespiegelt 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produktionssteuerung (KO-Kriterium) • Getrennter Prozessfluss • Personalbedarf
---	---

Tabelle 5-6: Vor- und Nachteile Hybridlayout



Abbildung 5-9: Struktur Hybridlayout

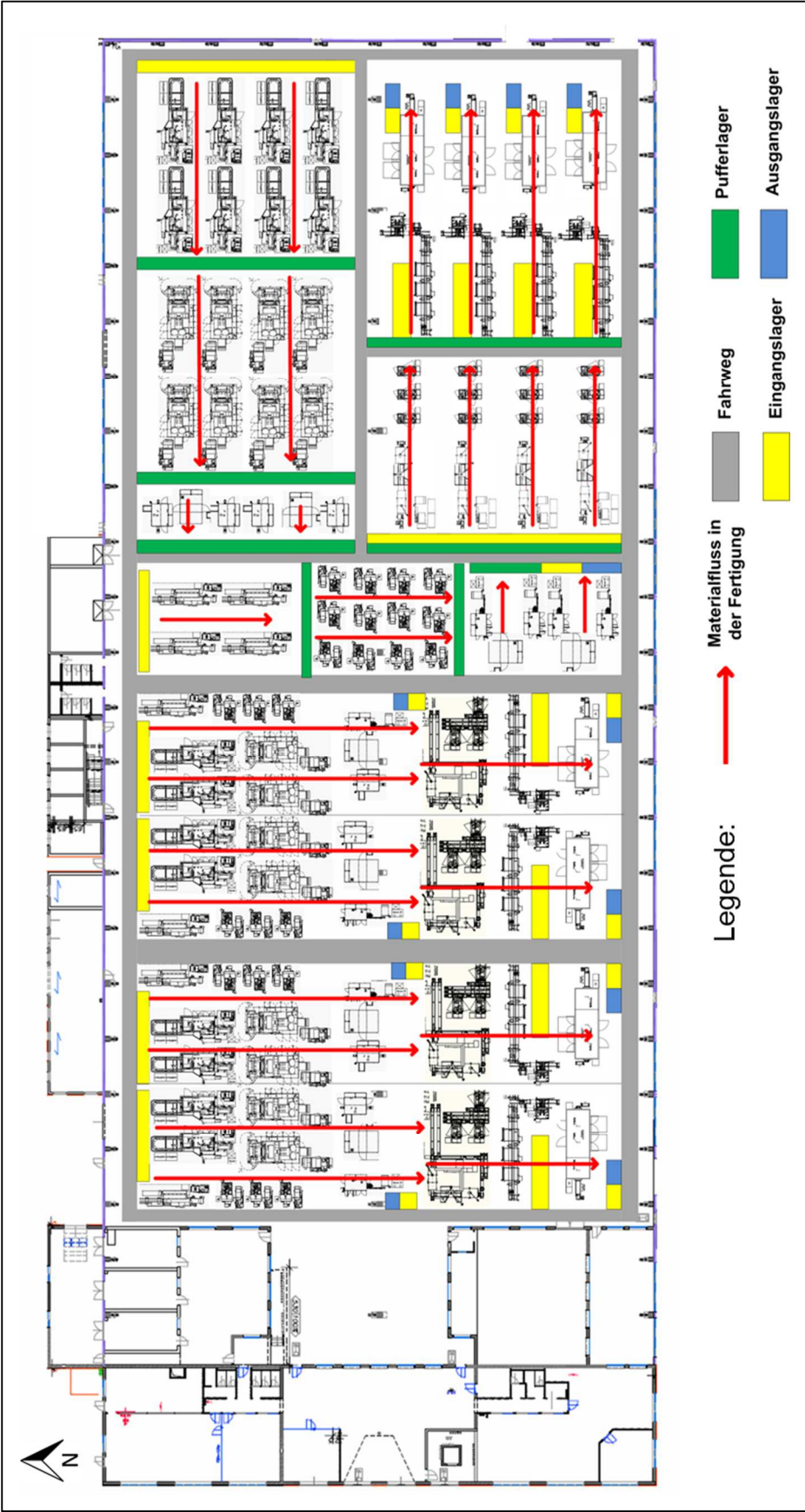


Abbildung 5-10: Details Hybridlayout

5.4 Bewertung der Varianten – Nutzwertanalyse

Die Bewertung der verschiedenen Layoutvarianten wird über eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Die Nutzwertanalyse (NWA) ist ein Bewertungsverfahren, mit dessen Hilfe verschiedene Lösungsvarianten gegenübergestellt und verglichen werden. Sie eignet sich besonders für die Berücksichtigung von wesentlichen, aber nicht quantifizierbaren Entscheidungskriterien, wie sie auch bei dieser Aufgabenstellung vorkommen. Mit Hilfe der Nutzwertanalyse lässt sich die Zweckmäßigkeit eines Projektes gegenüber anderen konkurrierenden Alternativen durch einen Zahlenwert ausdrücken (=Nutzwert). Dieser Nutzwert ist aber keinesfalls direkt als Ertragsgröße zu verstehen, sondern ist dimensionslos und kann nur in Hinblick auf das entsprechende Ziel- und Bewertungssystem verstanden werden.⁸⁹

Der Anwender der NWA legt jene Bewertungskriterien fest, die für ihn von Nutzen sind. Neben dem Inhalt wird im paarweisen Vergleich auch die Wichtigkeit der Kriterien festgelegt und deren Anteil in Prozent am Gesamtnutzen berechnet.

Das Vorgehen bei einer Nutzwertanalyse beinhaltet folgende fünf Schritte:⁹⁰

1. Formulierung der Bewertungskriterien (Zielanalyse): Dabei werden die für die Bewertung relevanten Zielkriterien festgelegt und in einer gestuften Bewertungsskala dargestellt.
2. Gewichtung der Teilziele: Diese ist die zahlenmäßige Bewertung für die Bedeutung der Zielkriterien untereinander und wird über einen paarweisen Vergleich ermittelt. Man unterscheidet dabei Stufen- und Knotengewichte.
3. Bewertung der Alternativen hinsichtlich ihrer Erfüllung der Teilziele: Dabei ist eine tabellarische Beschreibung der Eigenschaften von den einzelnen Alternativen für eine spätere Reproduzierbarkeit zu empfehlen.
4. Ermittlung der Teilnutzwerte: Diese erfolgt durch Multiplikation der Stufengewichte der niedrigsten Hierarchieebene mit den festgelegten Bewertungspunkten.
5. Ermittlung des Gesamtnutzwertes durch Addition der Teilnutzwerte und Erstellung einer Rangordnung der Alternativen.

⁸⁹ Vgl. WOHINZ (2010/11), S. 3-13

⁹⁰ Vgl. ZANGEMEISTER (1976), S. 45ff

5.4.1 Formulierung der Bewertungskriterien

Als Präferenz von BMTS werden folgende Zielkriterien zur Bewertung herangezogen, wie sie in Abbildung 5-11 ersichtlich sind. Die Einteilung erfolgt in drei Hauptkriterien, dem Materialfluss, der Produktion und den Baumaßlichen Kriterien.

1 Materialfluss	<ul style="list-style-type: none"> 1.a Transportwege zwischen Produktionsprozessen 1.b Bestände innerhalb der Produktion 1.c Anzahl der Umschlagflächen 1.d Versorgungswege des Milkrunzugs 1.e Flussgerechtes Fertigungsprinzip
2 Produktion	<ul style="list-style-type: none"> 2.a Automatisierung der Förderwege zw. Produktionsprozessen 2.b Mehrmaschinenbedienung 2.c Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung 2.d Auswirkung bei Maschinenstörung 2.e Maschinenauslastung 2.f Know How Bereiche in der Fertigung
3 Baumaßliche Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> 3.a Flächenbedarf der Transportwege 3.b Aufstellung im Produktionshochlauf 3.c Trennung von Schmutz- und Reinbereich 3.d Zugänglichkeit für Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen

Abbildung 5-11: Zielkriterien der Nutzwertanalyse

Beschreibung der Zielkriterien

Wie beschrieben, ist die NWA eine Bewertung von nicht quantifizierbaren Entscheidungs- bzw. Zielkriterien und daher werden auch für diesen Fall Abschätzungen für die Punktevergabe herangezogen. In den nachfolgenden Beschreibungen wurde dies durch minimale und maximale Punktevergabe in Form einer Skala von 1 (schlecht erfüllt) bis 5 (sehr gut erfüllt) berücksichtigt. Die Punktevergabe und Begründung für die einzelnen Layoutvarianten ist der Anlage 4 zu entnehmen.

1) Materialfluss

Der Materialfluss, wie in Kapitel 3.2 beschrieben, ist eine bestimmende Größe der Logistik und war die Grundlage zur Entwicklung der Layouts dieser Arbeit. Die für die Nutzwertanalyse festgelegten Zielkriterien des Materialflusses werden in Bezug auf bisherige Erklärungen beschrieben.

1.a Transportwege zwischen Produktionsprozessen:

Für eine kurze Durchlaufzeit sind kurze Transportwege zwischen den Produktionsprozessen anzustreben. Als Durchlaufzeit bezeichnet man die Zeitspanne, die von Beginn der Bearbeitung bis zur Fertigstellung eines Erzeugnisses benötigt wird. Ziel ist es, die Durchlaufzeiten möglichst gering zu halten, was sich positiv auf die Flexibilität bei Stückzahländerungen, Bestände innerhalb des Fertigungsprozesses bzw. Kapitalbindung auswirkt. Zur Durchlaufzeit zählen unter anderem die Rüstzeit, Bearbeitungszeit, Wartezeit und Transportzeit.⁹¹

- Bewertung der Wegstrecke zwischen den aufeinanderfolgenden Produktionsprozessen

1 Punkt: Längste Wegstrecke

5 Punkte: Kürzeste Wegstrecke

1.b Bestände innerhalb der Produktion:

Nach den Lean Prinzipien, siehe Kapitel 2.4, sind Bestände Teile im Fertigungsablauf/-prozess mit Liegezeiten bzw. Teile die nicht in Bearbeitung sind, somit nicht der Wertschöpfung dienen und daher als Verschwendung gelten. Daher ist es zielführend die Bestände so gering als möglich zu halten bzw. zu vermeiden.⁹²

- Bewertung der Menge der Teile, die sich im Fertigungsprozess befinden und abhängig sind von der Pufferanzahl, den Puffergrößen, sowie den Behälterdaten

1 Punkt: Maximale Menge

5 Punkte: Kein Bestand (One Piece Flow)

1.c Anzahl der Umschlagsflächen:

Die Anzahl der Umschlagsflächen, die über den Milkrun versorgt werden soll möglichst klein gehalten werden, um die Anzahl der Stopps des Milkrunzuges zu verringern und die Versorgungszyklen so einfach wie möglich gestalten zu können.

⁹¹ Vgl. KOETHER (2004), S. 26

⁹² Vgl. KOETHER (2004), S. 430

- Bewertung der Anzahl der Umschlagsflächen.

1 Punkt: Hohe Anzahl der Umschlagsflächen

5 Punkte: Niedrige Anzahl der Umschlagsflächen

1.d Versorgungswege des Milkruns:

Entfernungen transportintensiver Umschlagsflächen zum Warenein- und Warenausgang sollen so gering als möglich gehalten werden, um Verschwendung durch lange Fahrwege zu vermeiden. Die Umschlagsflächen der Endmontage und der End of Line sind so nahe als möglich am Warenein- und Warenausgang zu positionieren.

- Bewertung der Wegstrecken zwischen Endmontage und End of Line zum Warenein- und -ausgang

1 Punkt: Größte Summe der Wegstrecken

5 Punkte: Kleinste Summe der Wegstrecken

1.e Flussgerechtes Fertigungsprinzip

Das Layout soll nach dem Flussprinzip aufgebaut sein. D.h. die Reihenfolge der Maschinen bzw. der Competence Center soll dem Materialfluss in der Produktion angepasst sein. Es soll ein klares und übersichtliches Bild des Materialflusses ergeben.

- Bewertung der Layouts hinsichtlich Fertigungsprinzip

1 Punkt: Unstetiger Materialfluss

5 Punkte: Stetiger Materialfluss

2) Produktion

Die Produktion, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, ist ein wesentlicher Teil der Aufgabenstellung dieser Arbeit und hat damit eine hohe Wertigkeit für die NWA mit den folgenden Teilkriterien.

2.a Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen

Unter Automatisierung wird in diesem Fall die automatisierte Beförderung von Teilen zwischen den Maschinen der einzelnen Produktionsprozesse verstanden. Je weniger manuelle Handgriffe dabei getätigt werden, desto höher ist der Automatisierungsgrad und führt zu einer höheren Durchsatzleistung bzw. zu niedrigeren Beständen. Der Automatisierungsgrad

ist innerhalb eines Prozesses das Verhältnis von automatisierter Beförderung zur gesamten Beförderung (manuell + automatisiert).

- Bewertung des Automatisierungsgrades

1 Punkt: Niedrige Automatisierung

5 Punkte: Hohe Automatisierung

2.b Mehrmaschinenbedienung

Als Mehrmaschinenbedienung bezeichnet man die Möglichkeit einer gleichzeitigen Bedienung von mehreren Maschinen durch einen Mitarbeiter. Die Aufstellung der Maschinen zueinander soll sicherstellen, dass dies erfüllt wird. Je mehr Maschinen durch einen Mitarbeiter bedient werden können, desto geringer sind der Personalbedarf und somit auch die Personalkosten.

- Bewertung der Anzahl des Bedienungspersonals bei gleicher Maschinenanzahl

1 Punkt: Hohe Anzahl an Bedienungspersonen

5 Punkte: Niedrige Anzahl an Bedienungspersonen

2.c Flexibilität bei Auftragsänderungen

Die Flexibilität, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, bezeichnet die Fähigkeit der Fertigung sich auf neue Gegebenheiten, wie z.B. technische Änderungen oder kurzfristige Änderungen von Stückzahl/Losgröße durch Kundenwünsche umzustellen bzw. anzupassen. Einflussfaktoren auf die Flexibilität sind die Eigenschaften der eingesetzten Maschinen, Rüstzeiten, Automatisierung zwischen den Produktionsprozessen, Typenvielfalt, etc. In diesem Fall wird die Flexibilität hinsichtlich einer schnellen Reaktion auf eine Auftragsänderung bezogen.

- Bewertung der Flexibilität über die Reaktionsfähigkeit bei Auftragsänderung

1 Punkt: Niedrige Reaktionsfähigkeit

5 Punkte: Hohe Reaktionsfähigkeit

2.d Auswirkung bei Maschinenstörung

Maschinenstörungen wirken sich negativ auf den Produktionsfluss aus.

Um dem entgegenzuwirken ist einerseits eine schnelle Störungsbeseitigung erforderlich und andererseits eine Ausweichmöglichkeit innerhalb der Fertigung zu schaffen.

- Bewertung über die Auswirkung der Maschinenstörung auf die Produktion

1 Punkt: Große Auswirkung der Maschinenstörung

5 Punkte: Geringe Auswirkung der Maschinenstörung

2.e Maschinenauslastung

Die Maschinenauslastung ist abhängig von der vorgegeben Taktzeit und dem Bearbeitungszyklus der jeweiligen Maschinen. Die Produktionssteuerung und Fertigungsart bestimmen die Auslastung und Anzahl der Maschinen. Die Möglichkeit einer Reduktion der Maschinenanzahl kann erst durch genaue Ermittlungen der realen Bearbeitungszeiten durchgeführt werden.

- Bewertung der Maschinenauslastung

1 Punkt: Niedrige Maschinenauslastung

5 Punkte: Hohe Maschinenauslastung

2.f Know How Bereiche in der Fertigung

Bei der Zusammenfassung von gleichen Betriebsmitteln in Werkstätten wird durch die Zusammenarbeit von Wissensträgern und Weiterentwicklung von Produkt- und Fertigungsprozessen ein fertigungsspezifisches Know How aufgebaut. Das führt in diesen Bereichen zu einer Erhöhung von Effizienz, Flexibilität und Reaktionsfähigkeit bezüglich Kundenanforderungen und Marktanpassungen.

- Bewertung der Eignung für Know How Bereiche in der Fertigung

1 Punkt: Geringe Eignung für Know How Bereiche

5 Punkte: Hohe Eignung für Know How Bereiche

3) Baumaßliche Kriterien

Die baumaßlichen Kriterien sind neben Materialfluss und Produktion das dritte Hauptkriterium in der NWA und werden im durch die Flächenverteilungen in der bestehenden Produktionshalle bestimmt.

3.a Fläche der Transportwege

Transportwege zählen zur Logistikfläche und sollen so gering als möglich gehalten werden, um die Flächennutzung für die Produktion zu erhöhen.

- Bewertung der Transportflächenanteile

1 Punkt: Hoher Transportflächenanteil

5 Punkte: Niedriger Transportflächenanteil

3.b Aufstellung im Produktionshochlauf:

Das Layout soll eine effiziente Aufstellung der Maschinen im Produktionshochlauf sicherstellen. Dabei soll ein stufenweiser Ausbau weitgehend ohne räumliches Versetzen von Maschinen ermöglicht werden.

- Bewertung des Versetzungsaufwands von Maschinen

1 Punkt: Hoher Versetzungsaufwand

5 Punkte: Niedriger Versetzungsaufwand

3.c Trennung von Schmutz- und Reinbereich:

Durch die Reinheitsanforderungen im Bereich der Montage ist es gegebenenfalls erforderlich den Bereich der Bearbeitung (Schmutzbereich) vom Montagebereich (Reinbereich) räumlich zu trennen.

- Bewertung über die räumliche Trennung von Schmutz- und Reinbereich

1 Punkt: Räumliche Trennung nicht möglich

5 Punkte: Räumliche Trennung gut möglich

3.d Zugänglichkeit für Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen:

Die räumliche Aufteilung soll so gestaltet werden, dass die Zugänglichkeit zu den Maschinen für Wartung, Austausch und Späneentsorgung sowohl zu den Maschinen als auch zu den Transportwegen gewährleistet ist.

- Bewertung der Zugänglichkeit zu Maschinen

1 Punkt: Niedrige Zugänglichkeit

5 Punkte: Hohe Zugänglichkeit

5.4.2 Gewichtung der Kriterien

Die Gewichtung der Zielkriterien wurde über einen paarweisen Vergleich der Bewertungskriterien durch BMTS durchgeführt. Die Tabelle zum paarweisen Vergleich ist in Anhang 4 aufgeführt. Dabei wird jedes Kriterium mit allen anderen Kriterien verglichen und durch Punkte bewertet, wobei die Summe aller Absolutgewichte den Gesamtnutzen von 100% ergibt. Die Summe der Absolutgewichte eines Hauptkriteriums ergibt dessen Stufengewicht. Das Knotengewicht ist der prozentuale Anteil des Absolutgewichts am Stufengewicht. Das Ergebnis der Gewichtung, die prozentuale Verteilung, ist aus der folgenden Tabelle 5-7 zu entnehmen.

		paarweiser Vergleich		
	Kriterium	Stufen- gewicht [%]	Knoten- gewicht [%]	Absolut- gewicht [%]
1	Materialfluss	32,4		
1.a	Transportwege zwischen Produktionsprozessen		7,4	2,4
1.b	Bestände innerhalb der Produktion		34,0	11,0
1.c	Anzahl der Umschlagflächen		16,0	5,2
1.d	Versorgungswege des Milkrunzugs		14,8	4,8
1.e	Flussgerechtes Fertigungsprinzip		27,8	9,0
2	Produktion	46,2		
2.a	Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen		19,5	9,0
2.b	Mehrmaschinenbedienung		10,4	4,8
2.c	Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung		22,7	10,5
2.d	Auswirkung bei Maschinenstörung		21,6	10,0
2.e	Maschinenauslastung		11,3	5,2
2.f	Know How Bereiche in der Fertigung		14,5	6,7
3	Baumaßliche Kriterien	21,4		
3.a	Flächenbedarf der Transportwege		15,4	3,3
3.b	Aufstellung im Produktionshochlauf		2,3	0,5
3.c	Trennung von Schmutz- und Reinbereich		49,1	10,5
3.d	Zugänglichkeit für Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen		33,2	7,1

Tabelle 5-7: Gewichtung der Kriterien

Daraus ist ersichtlich, dass die Produktion den höchsten Stellenwert der Hauptkriterien und somit am Gesamtnutzen hat, gefolgt vom Materialfluss und den baumaßlichen Kriterien. Aus dieser Aufstellung ist auch der jeweilige Stellenwert des Einzelkriteriums ersichtlich.

5.4.3 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Für die alternativen Layouts wurde aus den zuvor ermittelten Gewichtungen und einer Bewertung durch Punktevergabe, wie sie in Anhang 4 detailliert beschrieben ist, die Nutzwertanalyse durchgeführt und deren Ergebnisse in Tabelle 5-8 aufgezeigt. Ergänzend zur Einleitung in Kapitel 5.4 soll die Berechnung der Nutzwerte am Beispiel der CC LINIE in Abbildung 5-12 dargestellt werden.

Kriterium	paarweiser Vergleich			CC LINIE	
	Stufen- gewicht [%]	Knoten- gewicht [%]	Absolut- gewicht [%]	Bewertung	Nutzwert
1 Materialfluss	32,4				
1.a Transportwege zwischen Produktionsprozessen		1	2,4	3	7,2
1.b Bestände innerhalb der Produktion		34,0	11,0	1	11,0
1.c Anzahl der Umschlagflächen		16,0	5,2	4	20,8
1.d Versorgungswege des Milkrunzugs		14,8	4,8	5	24,0
1.e Flussgerechtes Fertigungsprinzip		27,8	9,0	3	27,0
				Σ	90,0
2 Produktion	46,2				
				Σ	148,2
3 Baumaßliche Kriterien	21,4				
				Σ	84,2
				Σ Nutzwert	322,4

Abbildung 5-12: Beispielhafte Erklärung der Nutzwertanalyse

Mit dem Absolutgewicht (1) aus dem paarweisen Vergleich und der Bewertung (2) aus der Punktevergabe ergibt sich aus Multiplikation der Teilnutzwert (3) für das jeweilige Einzelkriterium. Der Nutzwert (4) für das Hauptkriterium ergibt sich aus der Summe der Einzelkriterien und der Gesamtnutzwert (5) wiederum aus der Summe der Nutzwerte der Hauptkriterien.

Tabelle 5-8 zeigt die Nutzwertanalyse mit den Gesamtnutzwerten als Ergebnis.

Kriterium	MODUL		CC LINIE		CC U-FORM		HYBRID	
	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
1 Materialfluss								
1.a Transportwege zwischen Produktionsprozessen	5	12,0	3	7,2	2	4,8	2	4,8
1.b Bestände innerhalb der Produktion	5	55,0	1	11,0	1	11,0	4	44,0
1.c Anzahl der Umschlagflächen	1	5,2	4	20,8	4	20,8	2	10,4
1.d Versorgungswege des Milkrunzugs	2	9,6	5	24,0	4	19,2	2	9,6
1.e Flussgerechtes Fertigungsprinzip	5	45,0	3	27,0	2	18,0	3	27,0
	Σ	126,8	Σ	90,0	Σ	73,8	Σ	95,8
2 Produktion								
2.a Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen	5	45,0	1	9,0	1	9,0	3	27,0
2.b Mehrmaschinenbedienung	4	19,2	2	9,6	2	9,6	3	14,4
2.c Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung	2	21,0	4	42,0	4	42,0	3	31,5
2.d Auswirkung bei Maschinenstörung	2	20,0	4	40,0	4	40,0	3	30,0
2.e Maschinenauslastung	2	10,4	4	20,8	4	20,8	3	15,6
2.f Know How Bereiche in der Fertigung	1	6,7	4	26,8	3	20,1	2	13,4
	Σ	122,3	Σ	148,2	Σ	141,5	Σ	131,9
3 Baumaßliche Kriterien								
3.a Flächenbedarf der Transportwege	1	3,3	5	16,5	4	13,2	4	13,2
3.b Aufstellung im Produktionshochlauf	5	2,5	2	1,0	1	0,5	4	2,0
3.c Trennung von Schmutz- und Reinbereich	3	31,5	5	52,5	3	31,5	2	21,0
3.d Zugänglichkeit für Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen	4	28,4	2	14,2	3	21,3	2	14,2
	Σ	65,7	Σ	84,2	Σ	66,5	Σ	50,4
		314,8		322,4		281,8		278,1
		2.		1.		3.		4.

Tabelle 5-8: Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse zeigt ein knappes Ergebnis zugunsten des Competence Center LINIE mit 322,4 Punkten gegenüber dem Modullayout mit 314,8 Punkten. Wesentliche Unterschiede sind die höhere Flexibilität und geringere Auswirkung einer Maschinenstörung in der Produktion, sowie im Materialfluss durch die höheren Bestände und den unetigeren Fertigungsfluss. Weitere Details werden im Kapitel der Ergebnisanalyse betrachtet.

Wie auch im Diagramm in Abbildung 5-13 ersichtlich ist, zeigen die beiden anderen Layoutvarianten deutlichere Unterschiede im Ergebnis und werden daher nicht weiter betrachtet, wobei die Variante des Hybridlayouts aufgrund der aufwendigen Fertigungssteuerung von BMTS als nicht umsetzbar beurteilt wird.

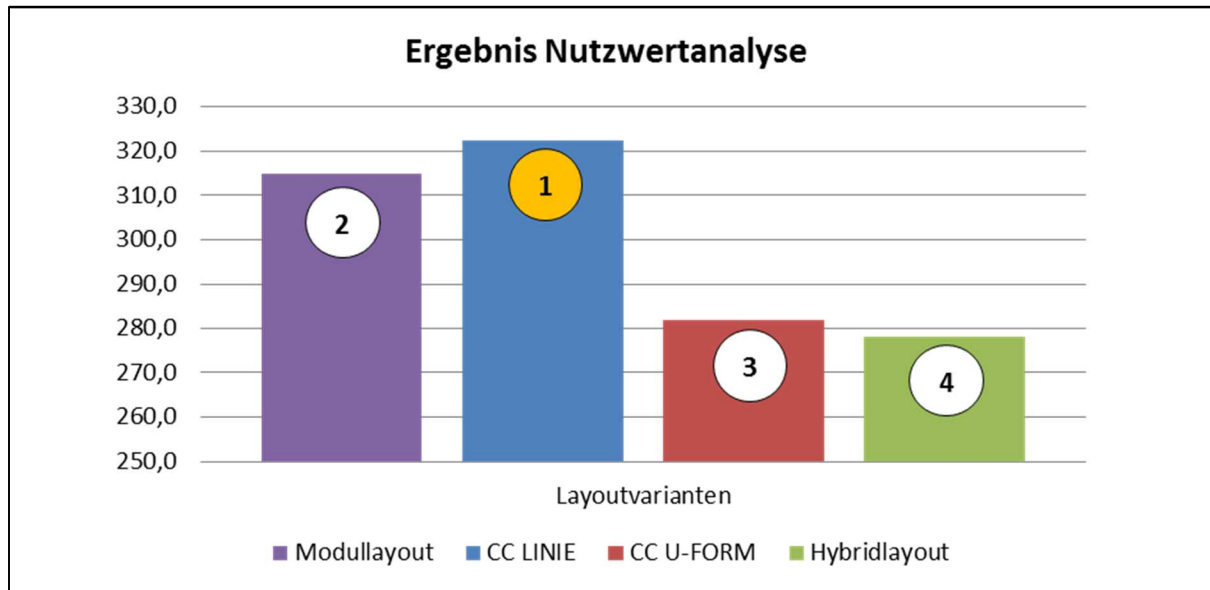


Abbildung 5-13: Ergebnis der Nutzwertanalyse

Empfehlung

Aufgrund des Ergebnisses ist eine Empfehlung für das Competence Center LINIE abzuleiten. Wie schon aus der Erklärung und der Darstellung der Nutzwertanalyse erkennbar, haben sowohl die Auswahl der Zielkriterien als auch deren Gewichtung einen wesentlichen Einfluss auf Einzel- und Endergebnisse der NWA und somit auch auf die Beurteilung der entwickelten Layouts.

Für eine mögliche Umsetzung eine der alternativen Layoutvarianten, in diesem Fall das Competence Center LINIE, sollte aufgrund des erforderlichen Aufwandes einer Umstellung eine weitere Überprüfung dieser Kriterien durchgeführt und durch verschiedene Betrachtungsweisen einer genaueren Beurteilung unterzogen werden. Als zusätzliche Absicherung kann auch eine detailliertere Berechnung der Zielkriterien dienen. Auch würde sich z.B. eine Wertstromanalyse des Competence Centers LINIE mit nachfolgendem Wertstromdesign zur Vergleichbarkeit und Übersichtlichkeit empfehlen.

Durch die Festlegung des Fertigungsprinzips und der einzusetzenden Maschinen in den entwickelten Layouts war unter der gegebenen Bewertung der Nutzwertanalyse und des knappen Ergebnisses keine eindeutige Präferenz zur Realisierung des Competence Center LINIE ableitbar. Für eine konkrete Umsetzung sollte daher die zuvor erwähnte erweiterte Betrachtung durchgeführt werden.

Nachfolgende Ergebnisanalyse mit der Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen des bestehenden Modullayouts zum Competence Center LINIE soll dazu einen ersten Ansatz liefern.

5.5 Ergebnisanalyse

Als Ergebnisanalyse werden nochmals die Vor- und Nachteile des Competence Centers im Vergleich zum Modullayout zusammengefasst, sowie eine SWOT-Analyse des Competence Centers durchgeführt.

5.5.1 Gegenüberstellung

Zur Übersichtlichkeit werden nachfolgend die Vor- und Nachteile des Competence Centers LINIE im Vergleich zum Modullayout nochmals zusammenfassend aufgelistet, wobei die Details den vorangegangenen Kapiteln 5.3 über die Darstellung der Layouts und 5.4 der Bewertung der Layouts und deren Anlagen zu entnehmen sind.

Vorteil CC LINIE gegenüber Modullayout:

- Geringere Anzahl an Umschlagsflächen
- Kurze Versorgungswege des Milkrunzugs
- Höhere Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung
- Geringere Auswirkungen bei Maschinenstörungen
- Potenzial für höhere Maschinenauslastung/Einsparung an Maschinen
- Know How Bereiche in der Fertigung und Montage
- Geringere Fläche der Transportwege
- Gute Trennungsmöglichkeit von Schmutz- und Reinbereich

Nachteil CC LINIE gegenüber Modullayout:

- Längere Transportwege zwischen den Bearbeitungsschritten
- Höhere Bestände innerhalb der Produktion
- Manueller Teiletransport
- Höherer Personalbedarf
- Ungünstige Aufstellung im Produktionshochlauf
- Geringere Zugänglichkeit Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen

Für das Competence Center LINIE spricht vor allem die Flexibilität, welche z.B. durch Einsatz von Universalmaschinen weiter gesteigert werden kann und auch durch spezialisierte Arbeitskräfte die Bildung von Know How Bereichen möglich ist. Diese Vorteile dienen in erster Linie einer raschen Anpassung und Reaktionsfähigkeit bei entsprechendem Kundenbedarf und Marktanforderungen.

Als Nachteile ergeben sich zwangsläufig höhere Durchlaufzeiten bei gleichem Stückzahlbedarf, höhere Bestände durch erforderliche Pufferplätze und höheren Personalbedarf durch einen geringeren Automatisierungsgrad.

Für eine weitere detailliertere Betrachtung sollten diese Vor- und Nachteile beider Varianten im Zusammenhang mit der Nutzwertanalyse und deren Ergebnisse und Auswirkung überprüft und gegebenenfalls Ergänzungen und Korrekturen durchgeführt werden. Dazu würde sich eine Überprüfung der Layouts mithilfe einer Simulationssoftware als nützlich erweisen. Erste Schritte dazu wurden mit der Analyse der bestehenden Software und ersten Anpassungen an die Funktionserfüllung, wie in Kapitel 6 beschrieben, durchgeführt.

5.5.2 SWOT – Analyse Competence Center

Für BMTS soll zur weiteren Einschätzung von möglichen Chancen und Risiken des Competence Centers eine SWOT-Analyse durchgeführt werden.

Die SWOT-Analyse zählt zu den strategisch orientierten Basisanalysen. Sie ist eine Kombination aus einer Stärken-Schwächen-Analyse und einer Chancen-Risiko-Analyse. Der Begriff SWOT entstammt aus dem Englischen und bedeutet:⁹³

- S ...Strengths = Stärken
- W ...Weaknesses = Schwächen
- O ...Opportunities = Chancen
- T ...Threats = Gefahren

Die Darstellung der SWOT Analyse erfolgt in einer SWOT-Matrix, wie sie für dieses Beispiel in Abbildung 5-14 zu sehen ist. Unter Stärken bzw. Schwächen werden Merkmale aus interner Sicht beleuchtet, mit Chancen und Gefahren werden Merkmale auch aus dem externen Umfeld einbezogen.

Für die SWOT – Analyse des Competence Centers wurden die Stärken und Schwächen aus den vorangegangenen Vor- und Nachteilen übernommen. Bei den Chancen und Gefahren die Auswirkungen auf externe Bereiche wie z.B. Kunde, Markt, Umfeld und Entwicklung dargestellt.

⁹³ Vgl. WOHINZ et al. (2010/11), S. 2-13

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> + Flexibilität bei terminlichen und konstruktiven Änderungen + Maschinenauslastung/Maschineneinsparung + Know How Bereiche in der Fertigung und Montage + Optimierte Flächenausnutzung + Trennung von Schmutz- und Reinbereich 	<ul style="list-style-type: none"> - Bestände im Fertigungsprozess - Unstetiger Teiletransport - Durchlaufzeiten - Personalbedarf - Pufferflächen
Chancen (Opportunities)	Gefahren (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> + Marktanpassung bzgl. Typen und Stückzahlen + Eigenständige Entwicklung von Fertigungs Know How + Simultaneous Engineering Entwicklung-Fertigung + Einführung neuer Fertigungstechnologien 	<ul style="list-style-type: none"> - Wirtschaftlichkeit bei Großserienproduktion - Begrenzte Produktivität - Bedarf von geschultem Personal/Facharbeitern - Einhaltung von Lieferterminen

Abbildung 5-14: SWOT-Analyse Competence Center

Dabei sind die Stärken und Schwächen aus der Darstellung der Nutzwertanalyse und den beschriebenen Vor- und Nachteile des Competence Centers übernommen.

Chancen ergeben sich aus der Marktanpassungsfähigkeit bei Änderung von Produkttypen bzw. des Stückzahlenbedarfs. Weitere Chancen des Competence Centers liegen in der Möglichkeit einer Zusammenarbeit von Entwicklung und Fertigung in den einzelnen Produktionsbereichen durch Simultaneous Engineering, was zu einer effizienteren Produkt- und Fertigungsentwicklung führt. Die Entwicklung eines eigenständigen Fertigungs Know Hows durch Wissensträger in den Produktionsbereichen kann auch zur Stärkung der Marktposition beitragen, vor allem bei Einführung neuer Produkte und neuer Fertigungstechnologien.

Als Risiko kann eine Umstellung auf Massenfertigung bei einer Reduktion der Typenvielfalt hinsichtlich Produktivität und Wirtschaftlichkeit des Competence Centers gesehen werden. Dazu kommen ein erhöhter Personalbedarf an geschultem Personal und eine erschwerte Einhaltung von Lieferterminen, aufgrund einer komplexeren Fertigungssteuerung.

6 Materialflusssimulation

Für einen Vergleich der alternativen Layouts sollte ein bestehendes Softwareprogramm für eine Materialflusssimulation zum Einsatz kommen. In der Einarbeitungszeit für diese Diplomarbeit wurde das Softwareprogramm vorgestellt und dazu ein Workshop abgehalten. Aufgrund der noch erforderlichen Anpassungen wurden entsprechende Tätigkeiten durchgeführt, wie sie im nachfolgenden Kapitel beschrieben werden. Dazu wird zunächst auf die Theorie der Materialflusssimulation eingegangen. Anschließend erfolgen eine Beschreibung der Tätigkeiten und Erstellung eines Anforderungskataloges an die Software, der wichtige Funktionen und Auswertungen der Materialflusssimulation beinhaltet.

6.1 Grundlagen zur Simulation von Materialflüssen

„Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen [...], um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Im weiteren Sinne wird unter Simulation das Vorbereiten, Durchführen und Auswerten gezielter Experimente mit einem Simulationsmodell verstanden.“⁹⁴

Die Simulationstechnik ist ein eigenständiges Planungswerkzeug, welches als Kerntechnologie in ganzheitlich, virtuellen 3D-visualisierten Planungssystemen der Digitalen Fabrik integriert ist, in der sie eine zentrale Rolle spielt. In Abbildung 6-1 werden die wesentlichen Anwendungsbereiche der Simulation in der Produktionsplanung, die von der Prozessebene über die Maschinen- und Bereichsebene bis zur Fabrikebene reichen, aufgezeigt. Dabei ist ersichtlich das mit den Bereichen Prozesse, Kinematik, Ergonomie bis zur Logistik die Größe des Betrachtungsbereiches zunimmt. Gegensätzlich dazu verhält sich der Detaillierungsgrad.⁹⁵

⁹⁴ KOETHER (2004), S. 259

⁹⁵ Vgl. WIENDAHL (2009), S. 520

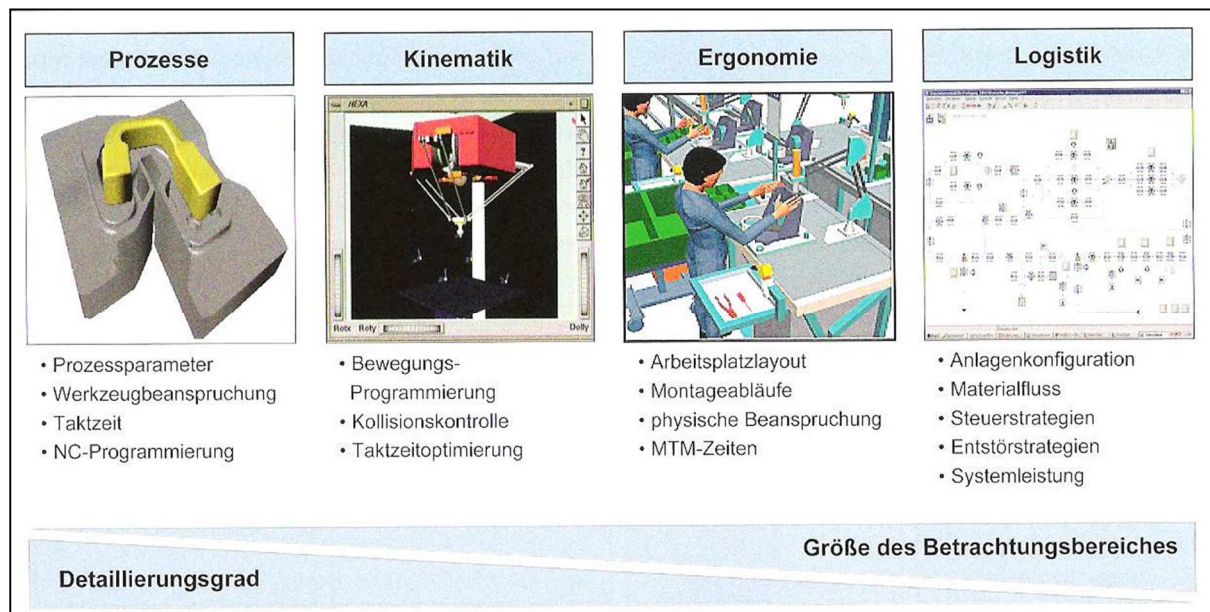


Abbildung 6-1: Simulationsanwendungen in der Produktion⁹⁶

Simulation in der Logistik:

Zur methodischen Absicherung der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse hat die Simulation in der Logistik einen großen Stellenwert.

Um die Simulation möglichst effektiv und effizient durchzuführen sollen folgende Leitsätze beachtet werden:⁹⁷

- *Simulation setzt die vorangegangene Zieldefinition und Aufwandsabschätzung voraus.*
- *Vor der Simulation ist zu prüfen, ob mittels analytischer Methoden das Ziel erreicht werden kann.*
- *Simulation ist grundsätzlich kein Ersatz für die Planung.*
- *Simulationsexperimente liefern keine Optimierung.*
- *Das Simulationsmodell ist nur ein vereinfachtes Abbild der Realität oder des geplanten Ablaufes. Es muss so abstrakt wie möglich und so detailliert wie nötig sein.*
- *Der Zeitpunkt der Integration der Simulation in ein Projekt bestimmt die Güte und den Erfolg der Planungsergebnisse sowie den Nutzen der Simulation.*

⁹⁶ WIENDAHL (2009), S. 520

⁹⁷ ARNOLD et al. (2008), S. 74

- *Die Ergebnisqualität eines Simulationsexperimentes hängt entscheidend von der dem Simulationsmodell zugrundeliegenden Datenbasis ab.*
- *Für ein zielgerichtetes Experimentieren ist ein Versuchsplan unerlässlich.*

Ziele der Simulation:

Durch die simulationsgestützten Untersuchungen können Verbesserungen des Systemverhaltens hinsichtlich kostengünstigerer Lösungen, Entscheidungshilfen bei Systemgestaltung und bei der Auswahl von Alternativen, Überprüfungen von Theorien, Planungsabsicherungen und die Veranschaulichung komplexer Sachverhalte zu einem besseren Systemverständnis führen.⁹⁸

Nutzen:⁹⁹

Das Ergebnis bzw. der erzielbare Nutzen einer Simulation lässt sich qualitativ und quantitativ bewerten.

Für eine qualitative Bewertung ist der erzielte Sicherheitsgewinn durch die Vermeidung von Fehlplanungen, eine Bestätigung des Planungsvorhabens, die Absicherung der Funktionalität von System und Steuerung heranzuziehen und führt damit auch zu einer Minimierung des unternehmerischen Risikos. Dazu gehören auch Lösungsverbesserungen durch Vereinfachung von Systemstrukturen oder Verbesserung von Lagerbeständen, sowie ein besseres Systemverständnis für eine gewählte Lösung und ein Gesamtverständnis für einen insgesamt günstigeren Anlagenbetrieb.

Eine quantitative Bewertung des Nutzens ist projekt- und systemabhängig und nur bei detaillierten Angaben für ein quantifizierbares Ergebnis möglich. Diese können als Argumentations- und Entscheidungsbasis für die betrachteten Lösungsvarianten herangezogen werden.

Ablauf:

Wie in Abbildung 6-2 dargestellt werden nach Eingabe der Eingangsgrößen zeitbezogene, logistische Ergebnisgrößen über eine systembezogene Simulation berechnet und im Vergleich zu den Zielvorgaben bewertet. Darauf müssen Variationen von Struktur, Ressourcen- und Prozessparametern durchgeführt werden,

⁹⁸ ARNOLD et al. (2008), S. 75

⁹⁹ Vgl. ARNOLD et al. (2008), S. 76

um eine bestmögliche Zielerfüllung zu erreichen. Dazu kann ein mehrmaliges Durchlaufen der Simulation mit unterschiedlichen Szenarien erforderlich sein.¹⁰⁰

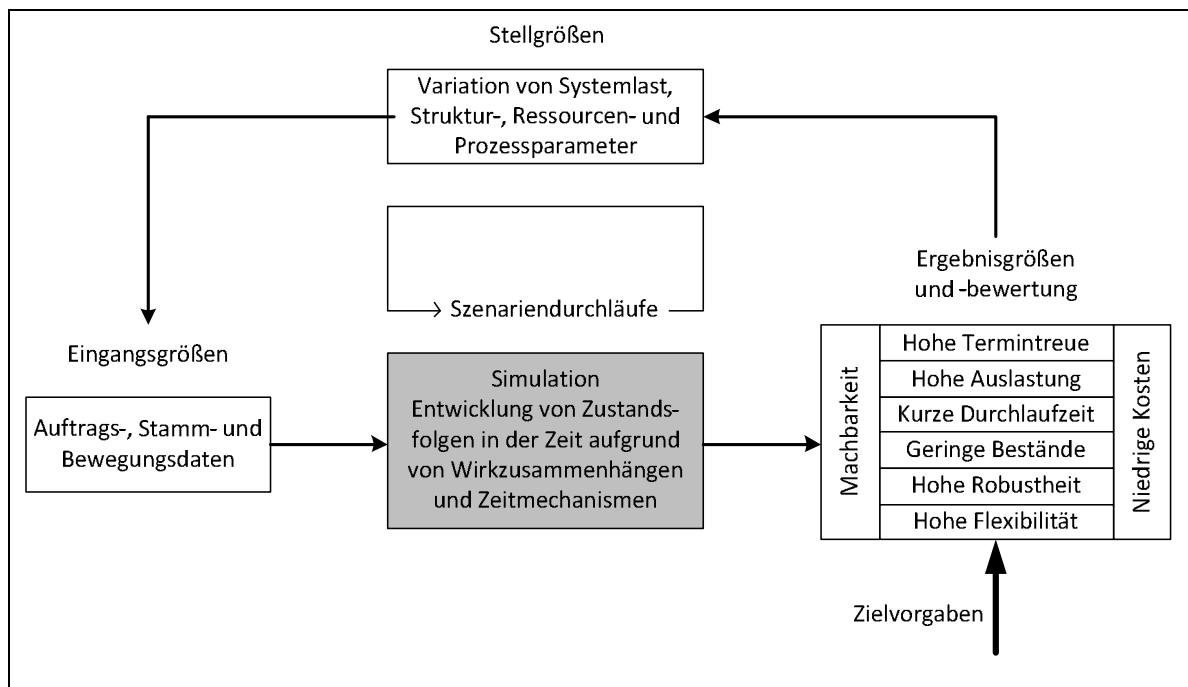


Abbildung 6-2: Ablauf einer Simulationsstudie¹⁰¹

6.2 Materialflussoftware SpeedSIM von DUALIS

Für den Vergleich der zu erstellenden alternativen Layouts und den dazugehörigen drei Hochlaufphasen soll die bestehende Materialflussoftware SpeedSIM von DUALIS eingesetzt werden. Für die Vorstellung, das Kennenlernen und das Handling des Tools wurde ein Workshop abgehalten, um eine Beurteilung hinsichtlich der Funktionserfüllung durchzuführen und nach Freigabe der Software die entwickelten Layouts bewerten zu können.

Zur erforderlichen Funktionserweiterung des Simulationsprogrammes bezüglich des Leergut- und Restmengenhandlings wurden Detaildaten des Modullayouts an DUALIS übermittelt, um diese ins bestehende Layout zu integrieren und die Funktionserfüllung zu überprüfen.

Bei der inzwischen begonnenen Erstellung des Modullayouts in der Standardsoftware wurde festgestellt, dass aufgrund der Komplexität der

¹⁰⁰ MÄRZ et al. (2011) S. 10

¹⁰¹ MÄRZ et al. (2011) S. 11

Aufgabenstellung zusätzlich zur Anpassung des Leergut und Restmengenhandlings, weitere Anpassungen der Funktionen erforderlich sind.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse wurden nach eingehender Diskussion und in Absprache mit DUALIS folgende Funktionsanpassungen vereinbart:

- Ausschussmodifikation:
Der Ausschuss wirkt nun auf einen einzelnen Auftrag(Behälter) und nicht nur auf den Inhalt eines Behälters.
- „Buffer“-Out Befehl anpassen:
Es gibt einen neuen Parameter, der die entnehmende Stückzahl aus dem Behälter angibt.
- Senke anpassen:
Die Senke soll sich auf einen Behälter in einer Umschlagsfläche beziehen und nicht auf eine Ressource.
- Materialbereitstellung Umrüstvorgang:
Um nach dem Umrüstvorgang sofort weiterarbeiten zu können, muss das neue Material vor Ende des Umrüstvorgangs bereitstehen um direkt weiterarbeiten zu können.
- Restmengenhandling:
Zusatzparameter an der Senke, um eine Umschlagsfläche und einen Transporterpool einstellbar zu machen, der die Restmengen bei einem Umrüstvorgang zur Umschlagsfläche transportiert. Bei selber Materialnummer werden zuerst die Restmengen wieder an den Bedarfsort gebracht, bevor neue Behälter aus dem Lager genommen werden.

Diese Funktionsanpassungen wurden in das bestehende Softwareprogramm eingearbeitet und sollen nach Freigabe durch BMTS für die Simulation der unterschiedlichen Layouts zum Einsatz kommen.

Aufgrund des dazu erforderlichen Umfangs und Aufwandes wurde vereinbart auf Basis des erworbenen Wissenstandes und den durchgeführten Tätigkeiten einen Anforderungskatalog für die Simulationssoftware abzuleiten.

6.3 Anforderungskatalog an die Software

Bei der Bearbeitung des bestehenden Simulationsprogrammes und der daraus resultierenden Erkenntnis wurde folgender Anforderungskatalog für die drei

Hauptkriterien Milkrun, Produktion und Umschlagsflächen aufgestellt. In Abbildung 6-3 ist der Vorschlag für die Anforderungen aufgelistet.

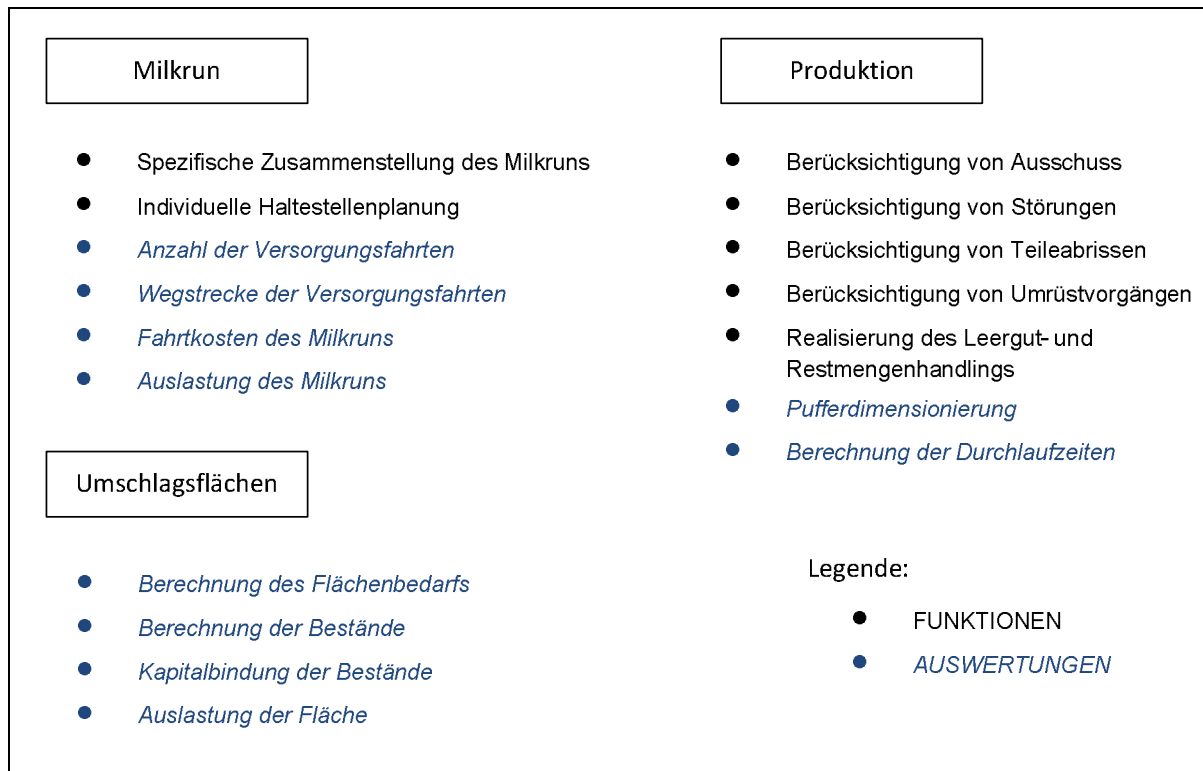


Abbildung 6-3: Anforderungskatalog an die Software

Beschreibung der einzelnen Punkte der drei Hauptkriterien im Anforderungskatalog:

Milkrun

Unter dem Milkrun wird der Versorgungszug verstanden, der die benötigten Teile vom Lager an die Umschlagsflächen transportiert. Er ist ein wesentlicher Bestandteil der Logistik und daher nimmt er auch für die Simulation und deren Auswertung eine wichtige Rolle ein.

- Spezifische Zusammenstellung des Milkruns: Für die Versorgung der Produktion mit unterschiedlichen Teilen ist es wichtig, dem Milkrunzug jene Teile zuzuordnen, die er gemeinsam transportieren soll, um Umwege bzw. Mehrwege zu vermeiden. Dazu ist es erforderlich den Milkrunzug so zusammenzustellen, dass jene Teile, die auf einer Wegstrecke liegen, mit entsprechenden Transportmitteln und Transportkapazitäten ausgerüstet werden.
- Individuelle Haltestellenplanung: Ähnlich wie bei der Zusammenstellung des Milkruns soll die Haltestellenplanung dazu führen, dass bei einer Versorgungsfahrt keine großen Umwege in Kauf genommen werden müssen.

Durch Eingabe der in der richtigen Reihenfolge anzufahrenden Haltestellen können Umwege vermieden werden.

- Anzahl der Versorgungsfahrten: Um festzustellen wie oft ein Milkrunzug für die unterschiedlichen Layoutvarianten in die Produktion fährt soll die Anzahl an Versorgungsfahrten aufgezeigt und ausgewertet werden.
- Wegstrecke der Versorgungsfahrten: Neben der Anzahl der Versorgungsfahrten soll auch die zurückgelegte Wegstrecke innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ermittelt werden können. Durch Änderung von entsprechenden Parametern kann eine Optimierung bzw. eine Reduzierung der Wegstrecken erreicht werden.
- Fahrtkosten des Milkruns: Für eine wirtschaftliche Betrachtung sollten je nach gefahrener Wegstrecke und je nach Betriebsdauer die Fahrtkosten für den Versorgungszug berechnet werden, um einen Kostenüberblick zu erhalten und die Varianten kostenmäßig untereinander vergleichen zu können.
- Auslastung des Milkruns: Unter Auslastung des Milkruns ist zum einen der Zeitanteil zu betrachten, in dem der Milkrun im Betrieb ist und zum anderen wie hoch der Nutzungsgrad der Förderkapazität ist.

Produktion

Das Hauptkriterium Produktion ist ein wesentlicher Faktor, um eine Simulation so realistisch wie möglich darzustellen. Dafür sind folgende Funktionen und Auswertungen erforderlich.

- Berücksichtigung von Ausschuss: Durch Festlegung und Eingabe von Ausschussquoten in den Bereichen Bearbeitung und Montage soll die Fehlmenge aus diesen Bereichen in der Simulation erfasst werden.
- Berücksichtigung von Störungen: Zur realistischen Darstellung der Produktion in der Simulation ist es ebenso erforderlich auftretende Störungen einzugeben. Störungen beinhalten Wartungen, die regelmäßig mit gleicher Dauer stattfinden, sowie ungewollte Störungen, wie z.B. Maschinenstörungen, die unregelmäßig und unterschiedlich lange andauern.
- Berücksichtigung von Teileabrissen: Unter Teileabrisse versteht man jene Unterbrechung des Materialflusses der bewirkt, dass ein Bedarfspunkt, z.B. die Montage, nicht mehr oder zu spät mit den erforderlichen Teilen versorgt wird.
- Berücksichtigung von Umrüstvorgängen: Je nach Bedarfsfall ist es notwendig die Produktion auf verschiedene Produkttypen einzustellen bzw. umzurüsten. Dazu ist eine Eingabe der Umrüstzeiten von einem Produkt auf das andere erforderlich.

Auch soll die Bereitstellung der benötigten Teile auf die Umrüstvorgänge so abgestimmt sein, dass nach der Umrüstung die Fertigung ohne Verzögerung fortgesetzt werden kann.

- Realisierung des Leergut- und Restmengenhandlings: Nach Umrüstvorgängen in der Produktion können Restmengen verbleiben, die durch den Milkrunzug in ein eigenes Restmengenlager transportiert werden und je nach Bedarf wieder aus diesem entnommen werden können. Ähnliches gilt für den Transport des Leerguts in ein Leergutlager.
- Pufferdimensionierung: Puffer sind Zwischenlager zur Aufnahme von Teilen unmittelbar vor und nach deren Bearbeitungen innerhalb des Produktionsprozesses. Zu deren Berücksichtigung ist es erforderlich die Puffergrößen zwischen den Prozessschritten zu berechnen und für die Simulation einzugeben.
- Berechnung der Durchlaufzeiten: Die Durchlaufzeit ist jene Zeitspanne die ein Teil vom Beginn der Bearbeitung bis zur Fertigstellung durchläuft und ist damit ein wichtiger Faktor zur Berücksichtigung in der Simulation.

Umschlagsflächen

Innerhalb der Logistik dienen Umschlagsflächen zur Lagerung von Teilen, welche aus dem Lager zur weiteren Bearbeitung bzw. Montage angeliefert werden. Dazu sollen folgende Auswertungen in einer Simulation ermöglicht werden.

- Berechnung des Flächenbedarfs: Der Flächenbedarf der einzelnen Umschlagsflächen soll nach Eingabe der Maße von Transport- und Teilebehältern mit die Simulationssoftware berechnet werden können.
- Berechnung der Bestände: Über die Simulation sollen zu jedem Zeitpunkt die Bestände ermittelt werden können, d.h. welche Teile und wie viele von denen sich gerade auf der Umschlagsfläche befinden.
- Kapitalbindung der Bestände: Aus den Beständen ergibt sich die Kapitalbindung der Teile auf den Umschlagsflächen. Für die wirtschaftliche Betrachtung müssen dafür die entsprechenden Kosten für jeden Teil je nach Fertigungszustand angegeben werden.
- Auslastung der Fläche: Die Auslastung der Umschlagsflächen wird bestimmt durch Berechnung der Nutzfläche zur Gesamtfläche zu einem bestimmten Zeitpunkt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt der Diplomarbeit war die Aufgabenstellung von Bosch Mahle Turbo Systems alternative Fertigungslayouts zu dem bereits in Planung befindlichen Modullayout zu entwickeln, um mögliche Verbesserungspotenziale aufzuzeigen.

Nach Studium der theoretischen Grundlagen, welche für diese Diplomarbeit erforderlich waren, wurde am Standort St. Michael ob Bleiburg eine Produktions- und Materialflussanalyse durchgeführt. Dies betraf die Produkt- und Produktionsstrukturen, sowie die Produktionsprozesse und Materialflüsse der zu diesem Zeitpunkt aktuellen Fertigungsplanung. Als Produkte werden der Abgasturbolader BM65 für Ottomotoren und der BM70 für Dieselmotoren zur Fertigungsplanung und deren Analyse herangezogen. Der IST-Stand und Analyse der Produktion mit ihren Flächen und Strukturen wurde auf Basis der aktuellen Pläne des Werks bzw. der Fertigungsanlagen durchgeführt. Danach wurden eine Analyse und eine segmentierte Darstellung der Produktionsprozesse für diese Abgasturbolader auf Grundlage des Wertstromdesigns 2012 durchgeführt. Als weiterer Schritt wurde der Materialfluss im bestehenden Modullayout analysiert und daraus Stärken und Schwächen bzw. Verbesserungspotenziale abgeleitet.

Basierend auf dieser Materialflussanalyse und der Forderung nach alternativen Fertigungskonzepten auf Basis von Competence Centern wurden alternative Layouts zum bestehenden Modullayout entwickelt. Dabei handelt es sich um die drei Varianten Competence Center LINIE, Competence Center U-FORM und dem Hybridlayout, einer Mischung aus Competence Center und Modullayout.

Zur Bewertung dieser Varianten und einer möglichen Empfehlung als Verbesserungsvorschlag zum bestehenden Fertigungsprinzip des Modullayouts wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt, welche eine nicht quantitative Bewertung darstellt. Dafür wurden Bewertungskriterien in Abstimmung mit BMTS erarbeitet und über einen paarweisen Vergleich gewichtet. Als Ergebnis wurde das Competence Center LINIE mit dem höchsten Nutzwert gegenüber den anderen Varianten, aber mit relativ geringem Abstand zum Modullayout, ermittelt.

Wie aus den Ergebnissen der alternativen Layouts, der Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen des Competence Centers LINIE und der SWOT-Analyse zu entnehmen ist, ist keine eindeutige Vorrangstellung eines der alternativen Layouts gegeben. Neben der geringfügig besseren Bewertung des Competence Centers LINIE sind die Varianten U-FORM und Hybridlayout nicht weiter zu verfolgen.

Für das Competence Center LINIE kann es bei genauerer Betrachtung durch eine Erweiterung oder zusätzlicher Festlegung der Zielkriterien und deren Gewichtung zu einem eindeutigeren Ergebnis führen. Dazu müsste der derzeit aktuelle Status der Fertigungsplanung analysiert und bewertet werden, um möglicherweise daraus eine geänderte Fertigungsstrategie zu entwickeln und bei entsprechendem Ergebnis diese einer Realisierung zuzuführen. Neben einer konkreten Detaildarstellung sollte dazu auch eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit unter Einbeziehung der Kosten durchgeführt werden.

Innerhalb dieser Arbeit sollte auch über die bestehende Simulationssoftware eine Bewertung der Layoutvarianten erfolgen. Nach Einführung und Kennenlernen dieser Software waren zur Funktionserfüllung an die vorgegebenen Randbedingungen, wie z.B. das Leergut- und Restmengenhandling, Anpassungen an die Software erforderlich. Nach Ausarbeitung und Vorschlag wurde eine erste Anpassung durch den Softwarehersteller durchgeführt. Mit der Erkenntnis aus der Bearbeitung der Simulationssoftware wurde anschließend ein Anforderungskatalog für die Materialflusssimulation erstellt. Da eine weitere Anpassung der Simulationssoftware innerhalb dieser Diplomarbeit zeitlich nicht möglich war, soll eine endgültige Version, nach Fertigstellung durch den Hersteller, einen quantitativen Vergleich der entwickelten Layoutvarianten durchführen.

Ausblick

Zusammenfassend sei bemerkt, dass aufgrund des Ergebnisses der Nutzwertanalyse das Competence Center LINIE als alternative Variante empfohlen werden kann. Kritisch jedoch ist diese Entscheidungsgrundlage basierend auf die Nutzwertanalyse, welche in erster Linie ein subjektives Bewertungskriterium darstellt, aber auch der geringe Unterschied im Ergebnis. Da bei der Fertigstellung dieser Arbeit die Fertigungsplanung für den Serienstart im Jahr 2012 bereits weit fortgeschritten ist, ist bei einer Umsetzung von Verbesserungspotenzialen für das Modullayout oder einer Realisierung des Competence Center LINIE mit einem hohen Aufwand zu rechnen. Für eine Entscheidung sollte dieser Aufwand konkret ermittelt werden und daher eine weitere detaillierte Betrachtung der Zielkriterien und der Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden.

Diesen Vorgang würde auch eine quantitative Überprüfung der verschiedenen Layouts mithilfe der bestehenden Simulationssoftware, nach Anpassung der Funktionen und Auswertungen, unterstützen.

Die Erkenntnisse und Ergebnisse dieser Arbeit können als Basis zur Erarbeitung einer weiteren Entscheidungsgrundlage herangezogen werden.

8 Literaturverzeichnis

AGGTELEKY, B.: Fabrikplanung, Band 2, Betriebsanalyse und Feasibility Studie
Carl Hanser Verlag, München Wien 1982

AGGTELEKY, B.: Fabrikplanung, Band 3, Ausführungsplanung und
Projektmanagement, Carl Hanser Verlag, München Wien 1990

ARNOLD, D. et al.: Handbuch der Logistik, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin
Heidelberg 2008

ARNOLD, D.; FURMANS, K.: Materialfluss in Logistiksystemen, 4. Auflage, Springer
Verlag, Berlin Heidelberg 2005

o.V. BOSCH: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 24. Auflage, Vieweg Verlag,
Stuttgart 2002

BRAUN, S.: Die Prozesskostenrechnung, 4. Auflage, Verlag Wissenschaft & Praxis,
Sternenfels/Berlin 2007

DICKMANN, P.: Schlanker Materialfluss, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin
Heidelberg 2009

DOMSCHKE, W.: Produktionsplanung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1993

ERLACH, K.: Wertstromdesign, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2007

GÖPFERT, I.: Logistik der Zukunft, 4. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2006

GRUNDIG, C.: Fabrikplanung, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München 2009

JÜNEMANN, R.; SCHMIDT, T.: Materialflusssysteme in: ARNOLD et al. (2008),
S. 372

KOETHER, R.: Taschenbuch der Logistik, Carl Hanser Verlag, München 2004

MÄRZ, L. et al.: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2011

MITTERER, N.; PLANKENAUER, E.: INDUSCRIPT Logistik Management, Graz 2011

NEBL, T.: Produktionswirtschaft, 6. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2007

NESTLER, H.: Materialflussuntersuchungen in Fertigungsbetrieben, VDI-Verlag, Düsseldorf 1974

OHNO, T.: Das Toyota Produktionssystem, Campus Verlag, Frankfurt am Main 1993

ÖSTERLE, H.: Business Engineering Prozess- und Systementwicklung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1995

PFOHL, H.-Ch.: Logistikmanagement, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2004

PFOHL, H.-Ch.: Logistiksysteme, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1996

o.V. REFA (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation: Teil 1, 2, 6, Carl Hanser Verlag, München 1991

SCHANTIN, D.: Makromodellierung von Geschäftsprozessen, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2004

SHINGO, S.: Das Erfolgsgeheimnis der Toyota Produktion, Verlag Moderne Industrie AG, Landsberg/Lech 1992

VAHRENKAMP, R.: Logistik, 6. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2007

WIENDAHL, H.P.: Handbuch der Fabrikplanung, Carl Hanser Verlag, München Wien 2009

WOHINZ, J.W. et al.: INDUSCRIPT Industriebetriebslehre, 21. Auflage, Graz 2010/11

WOHINZ, J.W.: Industrielles Management, NWV Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien Graz 2003

WOMACK, J.; JONES, D.: Lean Thinking, Campus Verlag, Frankfurt am Main 2004

ZANGEMEISTER, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, 2.Auflage, Wittemannsche Buchhandlung 1976

Internetquellenverzeichnis

BMTS: Bosch Mahle Turbosystems Website, 2011
<http://www.bmturbosystems.com/>, Zugriffsdatum 20.04.2011

BM für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz: Arbeitsstättenverordnung, Wien 2002
<http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/5586CEF2-BC43-4F70-B72A-5BFB374F8CAF/0/BundesArbeitsstaettenverordnung.pdf>, Zugriffsdatum 16.05.2011

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Standort St. Michael ob Bleiburg	2
Abbildung 1-2: Unternehmungsstruktur BMTS	2
Abbildung 1-3: Werksstruktur im Jahr 2011 in St. Michael ob Bleiburg	3
Abbildung 1-4: BM65 und BM70	4
Abbildung 1-5: Vorgehen	6
Abbildung 2-1: Bereichsspezifische Ziele im Produktionsmanagement.....	8
Abbildung 2-2: Teilaufgaben in der Produktionsplanung	9
Abbildung 2-3:Prozesstypen.....	10
Abbildung 2-4: Produktionsanforderungen	12
Abbildung 2-5: Struktur industrieller Fertigungsprinzipien.....	14
Abbildung 2-6: Produktivität und Flexibilität von Produktionssystemen	16
Abbildung 2-7: Elemente des Toyota Produktion Systems	19
Abbildung 3-1: Logistikkette.....	21
Abbildung 3-2: Gliederung in Materialklassen	23
Abbildung 3-3: Planungsphasen der Betriebsstättenplanung	26
Abbildung 3-4: Planungsphasen.....	28
Abbildung 3-5: Grundformen der Layoutgestaltung	30
Abbildung 3-6: Verkehrswegesysteme	31
Abbildung 4-1: Funktion des Abgasturboladers	34
Abbildung 4-2: Gozintograph BM65 und BM70	35
Abbildung 4-3: Fabrikstruktur Werk St. Michael für das Jahr 2011	36
Abbildung 4-4: Flächenstruktur des Produktionsmoduls.....	37
Abbildung 4-5: Prozesshierarchie bei BMTS	40
Abbildung 4-6: Hauptprozesse in der Produktion	40
Abbildung 4-7: Teilprozesse der Kommissionierung.....	41
Abbildung 4-8: Teilprozesse der Bearbeitung.....	42
Abbildung 4-9: Teilprozesse der Rumpfguppenmontage.....	42

Abbildung 4-10: Teilprozesse der Endmontage.....	43
Abbildung 4-11: Produktionsmodul mit Maschinenpark.....	44
Abbildung 4-12: Darstellung des Materialflusses im Produktionsmodul.....	46
Abbildung 4-13: Sankey Diagramm BM65.....	48
Abbildung 4-14: Sankey Diagramm BM70.....	48
Abbildung 4-15: Umschlagsflächen im Produktionsmodul.....	49
Abbildung 4-16: Produktionsmodul mit Material- und Prozessfluss.....	51
Abbildung 5-1: Struktur des Competence Center Layouts.....	55
Abbildung 5-2: Struktur Modullayout.....	61
Abbildung 5-3: Details Modullayout	62
Abbildung 5-4: Struktur Competence Center LINIE	65
Abbildung 5-5: Details Competence Center LINIE.....	66
Abbildung 5-6: Struktur Competence Center U-FORM.....	68
Abbildung 5-7: Details Competence Center U-FORM	69
Abbildung 5-8: Spiegelung des Produktionsmoduls	70
Abbildung 5-9: Struktur Hybridlayout	72
Abbildung 5-10: Details Hybridlayout.....	73
Abbildung 5-11: Zielkriterien der Nutzwertanalyse	75
Abbildung 5-12: Beispielhafte Erklärung der Nutzwertanalyse	82
Abbildung 5-13: Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	84
Abbildung 5-14: SWOT-Analyse Competence Center.....	87
Abbildung 6-1: Simulationsanwendungen in der Produktion.....	89
Abbildung 6-2: Ablauf einer Simulationsstudie	91
Abbildung 6-3: Anforderungskatalog an die Software.....	93

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Eigenschaften und Leitsätze für eine Produktion.....	13
Tabelle 4-1: Übersicht über den Produktionshochlauf	39
Tabelle 4-2: Zuordnung der Maschinen zu den Prozessen	45
Tabelle 4-3: Transportintensität BM65.....	50
Tabelle 4-4: Transportintensität BM70.....	50
Tabelle 5-1: Produktionsprozesse in den Competence Centern.....	55
Tabelle 5-2: Fertigungsflächenbedarf Competence Center	58
Tabelle 5-3: Vor- und Nachteile Modullayout.....	60
Tabelle 5-4: Vor- und Nachteile Competence Center LINIE	64
Tabelle 5-5: Vor- und Nachteile Competence Center U-FORM.....	67
Tabelle 5-6: Vor- und Nachteile Hybridlayout	71
Tabelle 5-7: Gewichtung der Kriterien	81
Tabelle 5-8: Nutzwertanalyse	83

11 Abkürzungsverzeichnis

AKM	-	Abgaskrümmersmodul
ATL	-	Abgasturbolader
BM65	-	Benzinlader, Bosch Mahle 65
BM70	-	Diesellader, Bosch Mahle 70
BMTS	-	Bosch Mahle Turbosystems
CC	-	Competence Center
CCL	-	Competence Center LINIE
GLT	-	Großladungsträger
KLT	-	Kleinladungsträger
NWA	-	Nutzwertanalyse
RG	-	Rumpfgruppe
TG	-	Turbinengehäuse
TPS	-	Toyota Production System
UF	-	Umschlagsfläche
VG	-	Verdichtergehäuse
VR	-	Verdichterrad
WA	-	Warenausgang
WE	-	Wareneingang

12 Anhang

Anhang 1: Stücklisten	106
Stückliste BM65.....	106
Stückliste BM70.....	107
Anhang 2: Wertstrom 2012	108
Prozessdaten	108
Behälterdaten.....	109
Anhang 3: Competence Center	110
Transportmatrix Competence Center	110
Flächenbedarf Competence Center	111
Anhang 4: Bewertung der Layouts.....	112
Punktevergabe Modullayout.....	112
Punktevergabe Competence Center LINIE	113
Punktevergabe Competence Center U-FORM.....	114
Punktevergabe Hybridlayout	115
Paarweiser Vergleich	116
Nutzwertanalyse.....	117

Anhang 1: Stücklisten

Stückliste BM65

Pos.	Bezeichnung	Kategorie	Senke	Stück pro Lader	Gewicht je Teil in g	Teileklasse
0	Abgasturbolader WG ZSB	Eigenfertigung	Kunde	1	5.270,0	
1	Turbinengehäuse ZSB	Fremdbezug	Endmontage	1	2.200,0	A
1	Verdichtergehäuse FT	Fremdbezug	Endmontage	1	650,0	A
1	ZSB Rumpfguppe	Eigenfertigung	Endmontage	1		
2	Lagergehäuse FT	Eigenfertigung	Rumpfguppenmontage	1		
3	Lagergehäuse RT	Fremdbezug	LG Drehen	1	1.558,0	A
2	Set1	Eigenfertigung	Rumpfguppenmontage	1		
3	Turbinenläufer FT	Fremdbezug	Set1	1	64,0	A
3	Dichtring	Fremdbezug	Set1	4	0,3	C
3	Hitzeschild	Fremdbezug	Set1	1	10,0	B
3	Radiallager	Fremdbezug	Set1	2	3,1	B
3	Distanzhülse	Fremdbezug	Set1	1	2,5	C
3	Anlaufscheibe	Fremdbezug	Set1	1	1,1	C
3	Axiallager	Fremdbezug	Set1	1	10,7	B
3	Dichtungsbuchse	Fremdbezug	Set1	1	6,8	B
3	LG-Deckel	Fremdbezug	Set1	1	12,9	B
3	O-Ring	Fremdbezug	Set1	1	0,5	C
3	Zylinderschraube	Fremdbezug	Set1	2	2,0	C
3	Wellenmutter	Fremdbezug	Set1	1	2,1	C
3	Verschlusschraube	Fremdbezug	Set1	1	0,7	C
3	Verdichterrad	Eigenfertigung	Rumpfguppenmontage	1		
4	Verdichterrad Stangenmaterial	Fremdbezug	VR Drehen	0,03	3.730,0	A
1	Set2	Eigenfertigung	Endmontage	1		
2	Einpressstutzen	Fremdbezug	Set2	1	17,0	B
2	E-Steller Wastegate	Fremdbezug	Set2	1	521,0	A
2	Spannband	Fremdbezug	Set2	1	85,0	B
2	O-Ring	Fremdbezug	Set2	1	1,5	C
2	Sonderschraube	Fremdbezug	Set2	4	0,8	C
2	Mutter	Fremdbezug	Set2	2	3,8	C
2	Schraube	Fremdbezug	Set2	1		C
2	selbstsichernde Mutter	Fremdbezug	Set2	1		C
1	Verschlussstopfen A - VG Aus	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen B - VG Ein	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen C - VG Mischer	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen D - LG Öl Aus	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen E - LG Öl Ein	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen F - AKM T3	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen G - AKM Aus	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlussstopfen H - p-Steller pneum	Fremdbezug	EOL	1		C
2	Turbinenläufer (Schleifen+Drehen)	Eigenfertigung		1	64,0	A
3	Turbinenläufer (EB-Schweißen)	Eigenfertigung		1		
4	Welle Rohteil	Fremdbezug		1	33,6	C
3	Turbinenrad FT	Eigenfertigung		1		
4	Turbinenrad Rohteil	Fremdbezug		1	44,7	A
1	Verschlussstopfen I - p-Steller elektr	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Kundenverpackung	Fremdbezug	EOL	1		A

Stückliste BM70

Pos.	Bezeichnung	Kategorie	Senke	Stück pro Lader	Gewicht je Teil in g	Teileklasse
0	Turbinenläufer FT	Eigenfertigung		1	113,0	A
0	Turbinenläufer (EB-Schweißen)	Eigenfertigung		1		
0	Welle Rohteil vorbearbeitet	Fremdbezug		1	43,0	C
0	Turbinenrad vorbearbeitet	Eigenfertigung		1		
0	Turbinenrad Rohteil	Fremdbezug		1	54,0	A
0	Leitschaufelträger ZSB	Fremdbezug		1	301,0	A
0	Leitschaufelträger FT	Fremdbezug		1	225,0	A
0	Leitschaufel FT	Fremdbezug		11	2,7	A
0	Leitschaufelhebel	Fremdbezug		11	1,0	B
0	Verstellring	Fremdbezug		1	21,0	B
0	Kerbnagel	Fremdbezug		2	1,0	C
0	Stift	Fremdbezug		5	1,0	C
0	Roller	Fremdbezug		5	1,0	B
0	Abgasturbolader VFT ZSB	Eigenfertigung		1		
1	Abgaskruemmermodul FT	Fremdbezug	Endmontage	1	4.530,0	A
1	Verdichtergehäuse FT	Fremdbezug	Endmontage	1	1.290,0	A
1	Rumpfgruppe ZSB	Eigenfertigung	Endmontage	1		
2	Lagergehäuse FT	Eigenfertigung	Rumpfgruppenmontage	1		
3	Lagergehäuse RT	Fremdbezug	LG drehen	1	2.650,0	A
2	Set1	Eigenfertigung	Rumpfgruppenmontage	1		
3	Turbinenläufer FT	Fremdbezug	Set1	1	113,0	A
3	Dichtring	Fremdbezug	Set1	2	0,3	C
3	Hitzeschild	Fremdbezug	Set1	1	7,1	B
3	Radiallager	Fremdbezug	Set1	2	3,7	B
3	Distanzhülse	Fremdbezug	Set1	1	4,0	C
3	Anlaufscheibe	Fremdbezug	Set1	1	1,2	C
3	Axiallager	Fremdbezug	Set1	1	10,7	B
3	Dichtungsbuchse	Fremdbezug	Set1	1	7,3	B
3	Wellendichtring	Fremdbezug	Set1	2	0,3	C
3	LG-Deckel	Fremdbezug	Set1	1	12,9	B
3	O-Ring	Fremdbezug	Set1	1	0,5	C
3	Zylinderschraube	Fremdbezug	Set1	2	2,0	C
3	Wellenmutter	Fremdbezug	Set1	1	3,5	C
3	Verschlussschraube	Fremdbezug	Set1	1	8,0	C
3	Schraubstutzen	Fremdbezug	Set1	1	19,0	B
3	Scheibe	Fremdbezug	Set1	1	0,2	C
3	Verdichterrad beschichtet	Fremdbezug	Set1	1	65,0	B
4	Verdichterrad	Eigenfertigung	Lohnbestellung	1		
5	Verdichterrad Stangenmaterial	Fremdbezug	VR drehen	0,04	8.400,0	A
1	Set2	Eigenfertigung	Endmontage	1		
2	Mutter	Fremdbezug	Set2	1	1,3	C
2	O-Ring Ø 88x2	Fremdbezug	Set2	1	1,6	C
2	Leitschaufelkaefig FT	Fremdbezug	Set2	1	489,0	A
2	Dichtring	Fremdbezug	Set2	2	3,0	C
2	Leitapparat ZSB	Fremdbezug	Set2	1	301,0	A
2	Steuerdose ZSB	Fremdbezug	Set2	1	589,0	A
2	Aussensechskantschraube VG/LG	Fremdbezug	Set2	4	1,0	C
2	Aussensechskantschraube VG/SD	Fremdbezug	Set2	3	1,0	C
2	V-Ring	Fremdbezug	Set2	1	3,4	B
2	Verbindungselement LG/AKM	Fremdbezug	Set2	5	0,8	C
2	Gewindestift	Fremdbezug	Set2	1	0,4	C
2	Set3	Eigenfertigung	Rumpfgruppenmontage	1		
3	Spannstift	Fremdbezug	Set3	1	1,0	C
3	Zylinderstift	Fremdbezug	Set3	2	1,0	C
3	Buchse	Fremdbezug	Set3	1	4,0	C
3	Aktuatorenhebel ZSB	Fremdbezug	Set3	1	26,0	B
3	Anlenkhebel	Fremdbezug	Set3	1	1,7	C
3	Pulsationsdämpfer	Fremdbezug	Kunde	1	390,0	B
1	Verschlusstopfen A - VG Aus	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen B - VG Ein	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen C - LG Wasser	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen D - LG Öl Aus	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen E - LG Öl Ein	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen F - TG Ein	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen F - TG Aus	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Verschlusstopfen F - PCV-Stutzen	Fremdbezug	EOL	1		C
1	Kundenverpackung	Fremdbezug	EOL	1		A

Anhang 2: Wertstrom 2012

Prozessdaten

Nr	Prozess	Anzahl	Zykluszeit[s]	Durchlaufzeit[s]	Rüstzeit[min]
1	Kommissionierung				
1.1	Kommissionierung Set1	1	20	20	20
1.2	Kommissionierung Set2	1	20	20	20
1.3	Kommissionierung Set3	1	20	20	20
2	Bearbeitung				
2.1	Lagergehäusefertigung				
2.1.1	Lagergehäuse drehen und beschriften	2	120	60	20
2.1.2	Messen, 100% Prüfen	1	30	30	20
2.1.3	Lagergehäuse fräsen	4	240	60	20
2.1.4	Reinigen	1	60	60	20
2.1	Verdichterradfertigung				
2.2.1	Verdichterrad drehen	1	50	50	20
2.2.2	100% Prüfen, Messen	1	30	30	20
2.2.3	Verdichterrad fräsen	4	240	60	20
2.2.4	Reinigen, Entgraten	2	120	60	20
2.2.5	Beschichten				
2.2.6	Unwucht messen	1	60	60	20
2.2.7	Beschriften	1	60	60	20
3	Rumpfguppenmontage				
3.1	Stifte montieren	1	60	60	0
3.2	Anlenkhebel schweißen	1	60	60	0
3.3	Rumpfguppenlinie	12S	60	720	20
3.4	Wuchten	4	240	60	20
4	Endmontage				
4.1	Endmontagelinie	6S	60	360	15
4.2	Dichtheitsprüfung	1	60	60	20
4.3	Kalt-Test	1	60	60	20
4.4	Signieren und Ölabsaugen	1	60	60	20
4.5	Stopfen und Verpacken	1	60	60	20


S...Anzahl Stationen in den Montagelinien

Behälterdaten

Behälterliste	Anmerkung	#	#/ Trolley	#/ GLT	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
Teile BM65							
LagergehäuseRM				600			
VerdichterradRM				4032			
Set1			48		300	200	63
Set2			24		400	300	73
Verdichtergehäuse				270			
Turbinengehäuse				192			
Stopfen							
Verpackung							
BM65ATL				40			
Teile BM70							
LagergehäuseRM				378			
VerdichterradRM				2100			
Verdichterrad besch.	je Blister, an und ab	48					
Set1			48		300	200	63
Set3			288		115	80	20
Set2			24		400	300	94
Verdichtergehäuse				144			
Abgaskrümmmodul				60			
Stopfen							
Verpackung							
BM70ATL				24			
Behälter							
Trolley					400	600	1000
GLT					1200	800	

Anhang 3: Competence Center

Transportmatrix Competence Center

von	nach	Waren eingang	Drehen Lagergehäuse	Fräsen Lagergehäuse	Waschen Lagergehäuse	Drehen Verdichterrad	Fräsen Verdichterrad	Waschen + Zelle Verdichterrad	Rumpfgруппenmontage	Wuchten	End montage	End of Line	Waren ausgang
Warenausgang													
Drehen Lagergehäuse		9600				9600			19200		28800	19200	
Fräsen Lagergehäuse			9600										
Waschen Lagergehäuse				9600					9600				
Drehen Verdichterrad							9600						
Fräsen Verdichterrad								9600					
Waschen + Zelle Verdichterrad									9600				9600
Rumpfgруппenmontage										9600			
Wuchten											9600		
Endmontage												9600	
End of Line													9600
Warenausgang													
Transportierte Anzahl an Teilen pro Tag für eine Tagesproduktion von 9600 Stück Abgasturbolader													
													

Flächenbedarf Competence Center

Nr.	Competence Center	Betriebsmittel	Zusatz	Breite Bm [m]	Tiefe Tm [m]	Bm + 0,8 [m]	Tm + 1,4 [m]	Fma [m ²]	Anzahl BM	Fma x BM [m ²]	Summe CC [m ²]	mit Zuschlag [m ²]
CC1	Drehen Lagergehäuse	Drehmaschine LG Messstation LG	Spänebehälter	8	4	8,8	5,4	47,52	16	760,32	844,16	1688,32
				1,8	1,4	2,6	2,8	7,28	8	58,24		
				1,6	1			1,6	16	25,6		
CC2	Fräsen Lagergehäuse	Fräsmaschine LG	Spänebehälter	5,6	3	6,4	4,4	28,16	16	450,56	522,56	1045,12
				3	1,5			4,5	16	72		
CC3	Waschen Lagergehäuse	Satellit LG Waschmaschine		1,2	1,2	2	2,6	5,2	8	41,6	61,88	123,76
				1,8	1,2	2,6	2,6	6,76	3	20,28		
CC4	Drehen Verdichterrad	Drehmaschine VR	Spänebehälter	7	2	7,8	3,4	26,52	8	212,16	228,16	456,32
				2	1			2	8	16		
CC5	Fräsen Verdichterrad	Fräsmaschine VR	Spänebehälter	1,2	2	2	3,4	6,8	32	217,6	281,6	563,2
				2,5	0,8			2	32	64		
CC6	Waschen + Zelle Verdichterrad	Satellit VR Waschmaschine Zelle VR		1,2	0,8	2	2,2	4,4	8	35,2	196	392
				1,8	1,2	2,6	2,6	6,76	4	27,04		
				3	3	3,8	4,4	16,72	8	133,76		
CC7	Rumpfgruppenmontage	Stifte montieren Anlenkhebel schweißen Rumpfgruppenmontage	Schaltschränke Fördertechnik	0,6	0,4	1,4	1,8	2,52	8	20,16	214,16	428,32
				0,8	0,6	1,6	2	3,2	8	25,6		
				3,2	2,7	4	4,1	16,4	8	131,2		
				1,5	0,8			1,2	16	19,2		
4,5	0,5			2,25	8	18						
CC8	Wuchten	Wuchtmaschine	Fördertechnik	1,3	0,5	2,1	1,9	3,99	24	95,76	107,76	215,52
				3	0,5			1,5	8	12		
CC9	Endmontage	Endmontage	Fördertechnik	5,5	0,8	6,3	2,2	13,86	8	110,88	128,88	257,76
				4,5	0,5			2,25	8	18		
CC10	End of Line	End of Line	Fördertechnik	5	2	5,8	3,4	19,72	8	157,76	181,76	363,52
				6	0,5			3	8	24		
Flächenbedarf Σ CC:											2766,92	5533,84

Anhang 4: Bewertung der Layouts

Punktevergabe Modullayout

1	Materialfluss	Punkte	Begründung zu Modullayout
1.a	Transportwege zwischen Produktionsprozessen	5	Kurze Transportwegstrecken in der Fertigung, etwa Hallenbreite
1.b	Bestände innerhalb der Produktion	5	Geringe Bestände in der Fertigung aufgrund One Piece Flow und geringen Pufferbeständen
1.c	Anzahl der Umschlagflächen	1	Große Anzahl an Umschlagflächen gegenüber CCLinie
1.d	Versorgungswege des Milkrunzugs	1	Große Entfernung der transportintensiven Umschlagflächen zu Warenein- und -ausgang auf vielen Verkehrswegen
1.e	Flussgerechtes Fertigungsprinzip	5	Flussgerechte Anordnung und transparente Darstellung des stetigen Materialflusses
2	Produktion		
2.a	Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen	5	Sehr hohe Automatisierung in den Modulen durch Fließbandförderung
2.b	Mehrmaschinenbedienung	4	Geringer Personalbedarf durch hohen Automatisierungsgrad
2.c	Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung	2	Eingeschränkte Reaktionszeit durch vorgegebenen Fertigungsfluss und höherem Rüstaufwand (Bereinigungsstrategie d. Moduls)
2.d	Auswirkung bei Maschinenstörung	2	Bei Störung einer Maschine kann gesamtes Modul zum Stillstand kommen
2.e	Maschinenauslastung	2	Teilweise geringe Auslastung durch die Abtaktungsverluste
2.f	Know How Bereiche in der Fertigung	1	Keine räumliche Konzentration von Know How , da große räumliche Streuung von gleichen Prozessen in der Halle
3	baumaßliche Kriterien		
3.a	Fläche der Transportwege	1	Große Fläche an Transportwegen, da viele Querstraßen zwischen Modulen
3.b	Aufstellung im Produktionshochlauf	5	Geringster Versetzungsgrad der Maschinen, da sich die Module kontinuierlich mit dem Produktionshochlauf aufstellen lassen
3.c	Trennung Schmutz- und Reinbereich	3	räumliche Trennung längs der Halle möglich
3.d	Zugänglichkeit Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen	4	Hohe Zugänglichkeit durch viele Verkehrswege

Punktevergabe Competence Center LINIE

1	Materialfluss	Punkte	Begründung zur Competence Center LINIE
1.a	Transportwege zwischen Produktionsprozessen	3	Transportwegstrecke etwa zweimal Breite der Produktionshalle
1.b	Bestände innerhalb der Produktion	1	Durch geringere Automatisierung höhere Bestände innerhalb der Produktion, Behältersystem, Pufferregale
1.c	Anzahl der Umschlagsflächen	4	Geringe Anzahl der Umschlagsflächen aufgrund zentraler Anlieferstellen
1.d	Versorgungswege des Milkrunzugs	5	transportintensive Umschlagsflächen auf einem Verkehrsweg in der Nähe des Warenein- und -ausgang
1.e	Flussgerechtes Fertigungsprinzip	3	klar ersichtliche Fertigungsfluss, jedoch Unstetigkeit durch Puffer und Zwischenlager
2	Produktion		
2.a	Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen	1	Keine Automatisierung, da Beförderung zwischen den Prozessen manuell gehandhabt wird
2.b	Mehrmaschinenbedienung	2	Hoher Personalbedarf durch manuelle Tätigkeiten bei Teiletransport und Bearbeitungsmaschinen trotz Mehrmaschinenbed.
2.c	Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung	4	Höhere Reaktionsfähigkeit durch individuellen Einfluss auf Fertigungsprozess z.B. Rüsten, Pufferlager
2.d	Auswirkung bei Maschinenstörung	4	Bei Maschinenstörung kann innerhalb eines CCs auf andere Maschinen ausgewichen werden
2.e	Maschinenauslastung	4	Hohe Maschinenauslastung, da keine Abtaktung der Prozesse vorhanden ist
2.f	Know How Bereiche in der Fertigung	4	Große Know How Konzentration durch spezifische Tätigkeit im Bereich eines Competence Centers
3	baumaßliche Kriterien		
3.a	Fläche der Transportwege	5	Geringste Anzahl und Fläche an Transportwegen
3.b	Aufstellung im Produktionshochlauf	2	Hoher Versetzungsgrad der Maschinen, aufgrund großer Streuung der Maschinen in der Halle bei Produktionshochlauf
3.c	Trennung Schmutz- und Reinbereich	5	räumliche Trennung zwischen Bearbeitung und Montage quer zur Halle möglich
3.d	Zugänglichkeit Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen	2	Geringe Zugänglichkeit durch hohe räumliche Konzentration an Maschinen und geringe Verkehrswegabbindung

Punktevergabe Competence Center U-FORM

1	Materialfluss	Punkte	Begründung zu Competence Center U-FORM
1.a	Transportwege zwischen Produktionsprozessen	1	Transportwegstrecke in etwa 3,5 fache Breite der Produktionshalle
1.b	Bestände innerhalb der Produktion	1	Hohe Bestände wegen hoher Automatisierung und langen Wegen in der Produktion
1.c	Anzahl der Umschlagsflächen	4	Geringe Anzahl an Umschlagsflächen, etwa wie CC Linie
1.d	Versorgungswege des Milkrunzugs	4	transportintensive Flächen in der Nähe des Warenein und ausgang jedoch auf mehreren Verkehrswegen
1.e	Flussgerechtes Fertigungsprinzip	2	unstetiger Materialfluss aufgrund Puffer und Zwischenlager und Anordnungen der Competence Center
2	Produktion		
2.a	Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen	1	Keine Automatisierung, da Beförderung zwischen den Prozessen manuell gehandhabt wird
2.b	Mehrmaschinenbedienung	2	Hoher Personalbedarf durch manuelle Tätigkeiten bei Teiletransport und Bearbeitungsmaschinen trotz Mehrmaschinenbedienung
2.c	Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung	4	Höhere Reaktionsfähigkeit durch individuellen Einfluss auf Fertigungsprozess z.B. Rüsten, Pufferlager
2.d	Auswirkung bei Maschinenstörung	4	Bei Maschinenstörung kann innerhalb eines CCs auf andere Maschinen ausgewichen werden
2.e	Maschinenauslastung	4	Hohe Maschinenauslastung, da keine Abtaktung der Prozesse vorhanden ist
2.f	Know How Bereiche in der Fertigung	3	Große Know How Konzentration durch spezifische Tätigkeit innerhalb CC, jedoch räumliche Trennung im Montagebereich
3	baumaßliche Kriterien		
3.a	Fläche der Transportwege	4	Geringe Anzahl und Fläche von Transportwegen
3.b	Aufstellung im Produktionshochlauf	1	Höchster Versetzungsgrad der Maschinen, aufgrund großer Streuung der Maschinen in der Halle bei Produktionshochlauf
3.c	Trennung Schmutz- und Reinbereich	3	räumliche Trennung mit höherem Aufwand möglich
3.d	Zugänglichkeit Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen	3	Verbesserte Zugänglichkeit aufgrund räumlicher Aufteilung und Verkehrswege

Punktevergabe Hybridlayout

1	Materialfluss	Punkte	Begründung zu Hybridlayout
1.a	Transportwege zwischen Produktionsprozessen	2	Mittelwert aus kurzen Transportwegstrecken Modul und CC U-Form ca 2,5 fache Hallenbreite
1.b	Bestände innerhalb der Produktion	3	Geringe Bestände für Modulfertigung durch One Piece Flow, CC höhere Bestände aber kurze Wege
1.c	Anzahl der Umschlagsflächen	2	Große Anzahl bei Modulen, geringere Anzahl bei CC
1.d	Versorgungswege des Milkrunzugs	2	Bei CC in der Nähe von Warenein- und -ausgang, jedoch bei Modulen große Entfernung
1.e	Flussgerechtes Fertigungsprinzip	2	Inhomogener Materialfluss aufgrund zwei verschiedener Fertigungsarten
2	Produktion		
2.a	Automatisierung der Förderwege zwischen Produktionsprozessen	3	hoher Automatisierungsgrad in der Modulfertigung und geringerer Automatisierungsgrad in der CC Fertigung
2.b	Mehrmaschinenbedienung	3	Personalbedarf liegt zwischen Modul und CC Linie
2.c	Flexibilität bei kurzfristiger Auftragsänderung	3	Mittlere Reaktionsfähigkeit durch zwei unterschiedliche Fertigungsarten
2.d	Auswirkung bei Maschinenstörung	3	Große Auswirkungen bei Modulen(Stillstand), bei CC Ausweichmöglichkeiten vorhanden
2.e	Maschinenauslastung	3	Geringe Auslastung bei Modulen, höhere bei CC bezüglich Abtaktung
2.f	Know How Bereiche in der Fertigung	2	Bei Modulen kaum vorhanden, bei CCs kleiner räumlicher Bereich
3	baumaßliche Kriterien		
3.a	Fläche der Transportwege	4	Geringe Anzahl und Fläche von Transportwegen
3.b	Aufstellung im Produktionshochlauf	4	Geringer Versetzungsgrad der Maschinen bei Modulen, höherer bei CC
3.c	Trennung Schmutz- und Reibereich	2	räumliche Trennung erschwert durchführbar, da getrennte Bereiche der Modulfertigung und CC Fertigung
3.d	Zugänglichkeit Wartung, Austausch, Späneentsorgung von Maschinen	2	Geringe Zugänglichkeit durch hohe räumliche Konzentration an Maschinen und geringe Verkehrswegbindung

