

Martin Jungreithmair, BSc

**Greenfield- Betriebsstättenplanung bei Alpen-
MAYKESTAG GmbH**

Materialflussanalyse und Layoutplanung

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom- Ingenieurs

Studienrichtung

Wirtschaftsingenieurwesen- Maschinenbau

F066482

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer

Graz, März 2015

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

Die vorliegende Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Alpen- MAYKESTAG GmbH und unter wissenschaftlicher Betreuung des Instituts für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung unter der Leitung von Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer erstellt.

Ich möchte mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ramsauer für die zahlreichen Ratschläge sowie den konstruktiven Input während der Durchführung dieser Arbeit herzlich bedanken.

Des Weiteren gilt mein Dank meinen Betreuern seitens der Technischen Universität Graz Herrn Dipl.-Ing. Matthias Friessnig und Herrn Dipl.-Ing. Hans Peter Schnöll für die fachlichen Hilfestellungen sowie für die intensive wissenschaftliche Betreuung.

Ein großer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Stangassinger, MBA durch dessen Vertrauen es mir erst ermöglicht wurde diese interessante Aufgabenstellung in einer international agierenden Unternehmung zu behandeln.

Stellvertretend für alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Alpen- MAYKESTAG GmbH möchte ich mich beim technischen Betriebsleiter des Standorts Sankt Gallen Herrn Franz Schauermann für die hervorragende Zusammenarbeit bedanken. Das individuelle Fachwissen jedes einzelnen sowie die Kooperationsbereitschaft bei der Datenermittlung vor Ort und im weiteren Projektverlauf waren Garant für die erfolgreiche Durchführung dieser Arbeit.

Zurückblickend auf meine Studienzeit in Graz bedanke ich mich bei meinen Studienkollegen für die zahlreichen gemeinsamen Lernstunden in denen wir durch gegenseitigen Wissensaustausch und Motivation immer hervorragende Ergebnisse erzielen konnten.

Zuletzt gilt der größte Dank meiner Familie, die mich auf meinem bisherigen Lebensweg immer unterstützt, mich in meinen Entscheidungen gestärkt und an mich geglaubt hat.

DANKE!

Kurzfassung

Diese Arbeit wurde in Kooperation mit der Alpen- MAYKESTAG GmbH und unter wissenschaftlicher Betreuung des Instituts für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der Technischen Universität Graz erstellt. Die Alpen-MAYKESTAG GmbH mit Hauptsitz in Puch bei Salzburg, Österreich, gliedert sich in zwei Geschäftsbereiche. Die Marke Alpen steht für hochqualitative Präzisionswerkzeuge für Gewerbe und Handwerk. Unter der Marke MAYKESTAG werden Hochleistungswerkzeuge für die industrielle Zerspanung gefertigt. Die hohe Produktvielfalt macht Alpen- MAYKESTAG zum weltweit einzigen Komplettanbieter im Bereich Bohrer, Reibahlen, Fräser und Sonderwerkzeuge.

Die Unternehmung verfügt über drei Standorte. Diese befinden sich neben dem Hauptsitz in Puch bei Salzburg, in Sankt Gallen sowie in Ferlach. Dieses Projekt beschäftigt sich ausschließlich mit dem Produktionsstandort Sankt Gallen in der Obersteiermark.

Durch die steigenden Auftragseingänge in den Sparten SDS+ Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer ergibt sich ein Bedarf an zusätzlichen Produktionsressourcen, welcher mit der derzeitigen Infrastruktur nicht bewältigt werden kann.

Ziel dieser Arbeit war die Neuplanung einer Produktionshalle auf die „grüne Wiese“. Dazu wurde eine ausführliche Ist- Stand- Analyse durchgeführt. Außerdem erfolgte eine Entflechtung der innerbetrieblichen Materialflüsse, die durch die gewachsenen Produktionsstrukturen eine suboptimale Vernetzung aufwiesen.

In Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen der Unternehmung wurden mehrere Lösungsvorschläge erarbeitet und anschließend bewertet. Ergänzend dazu wurde eine Simulation der geplanten Produktion erstellt, um Information zur Detaillierung des Produktionslayouts zu erhalten.

Auf Basis der gewonnenen Daten konnte ein Konzept für die Neuerrichtung einer Fertigungshalle erarbeitet werden, das einerseits allen Anforderungen der Unternehmung entspricht und andererseits Optimierungspotentiale im Vergleich zur bestehenden Anlage aufzeigt.

Abstract

This thesis was drawn up in cooperation with the Alpen- MAYKESTAG GmbH and under the scientific supervision of the Institute of Industrial Management and Innovation Research at Graz University of Technology. The Alpen- MAYKESTAG GmbH is divided into two divisions. The Alpen brand is synonymous with high quality precision tools for industry and crafts. Under the brand MAYKESTAG high- performance tools for industrial metal cutting are manufactured. The large product variety makes Alpen- MAYKESTAG the world's only full- service provider in the field drills, reamers, milling cutters and special tools.

The company has three production sites. Beside the headquarters in Puch they are located in Sankt Gallen and Ferlach. This project deals with the production site Sankt Gallen in Upper Styria.

Due to the increasing orders in the fields of SDS+ hammer drills and stone/ special drills there is a need for additional production resources, which cannot be met with the existing infrastructure.

The aim of this thesis was to design a new production hall on a "green field". For this purpose, a detailed actual state analysis was carried out. Furthermore, an unbundling of the internal material flows occurred. They showed an inefficient networking because of the grown production structures.

In collaboration with the officials of the company several layout variants have been developed and evaluated. In addition, a simulation of the planned production was created in order to obtain information for detailing the production layout.

Based on the gained data, a concept for the construction of a new production hall was worked out which on the one hand meets all requirements of the company and on the other hand shows optimization potentials in comparison to the existing system.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Alpen- MAYKESTAG GmbH	1
1.1.1	Hauptsitz Puch bei Salzburg	3
1.1.2	Produktionswerk Ferlach.....	4
1.1.3	Produktionswerk Sankt Gallen	4
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	6
1.3	Vorgehensweise.....	6
1.3.1	Phase I: Ist- Stand- Analyse.....	8
1.3.2	Phase II: Grobplanung	8
1.3.3	Phase III: Feinplanung	8
2	Fabrikplanung.....	9
2.1	Definition Fabrikplanung.....	9
2.2	Grundfälle der Fabrikplanung.....	9
2.3	Aspekte der Unternehmensplanung.....	12
2.4	Aspekte der Systemtechnik.....	13
2.4.1	Planungsablauf	14
3	Phasen in der Fabrikplanung.....	18
3.1	Zielplanungsphase	18
3.2	Vorplanungsphase	20
3.2.1	Datenerhebung	21
3.2.2	Graphische Darstellung von Materialflüssen.....	37
3.3	Grobplanungsphase	41
3.3.1	Idealplanung.....	41
3.3.2	Realplanung	47
3.3.3	Bewertung der Layoutvarianten	49
3.4	Feinplanungsphase	59
3.5	Ausführungsplanungsphase.....	61
3.6	Ausführungsphase	62

4	Praxisbetrachtung	64
4.1	Ist- Stand- Analyse	64
4.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsbereichs	65
4.1.2	Analyse der Produkte	68
4.1.3	Analyse der Produktionsabläufe.....	74
4.1.4	Analyse der Materialflussbeziehungen.....	89
4.2	Grobplanung	94
4.2.1	Materialflussplanung	94
4.2.2	Layoutplanung.....	99
4.2.3	Bewertung und Auswahl	106
4.3	Feinplanung	121
4.3.1	Simulation	121
4.3.2	Verfeinerung Groblayout	138
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	142
6	Literaturverzeichnis	146
7	Internetquellenverzeichnis.....	150
8	Abbildungsverzeichnis.....	151
9	Tabellenverzeichnis.....	155
10	Abkürzungsverzeichnis.....	157
11	Formelverzeichnis	160
	Anhang A: Ergebnisse Multimomentaufnahme.....	A-1
	Anhang B: Reallayout- Varianten	B-1

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Planung einer neuen Betriebsstätte der Firma Alpen- MAYKESTAG GmbH am Standort Sankt Gallen in der Obersteiermark. Im Folgenden wird die Unternehmung kurz beschrieben. Außerdem werden Aufgabenstellung und Zielsetzung sowie die Vorgehensweise erörtert.

1.1 Alpen- MAYKESTAG GmbH

Die Unternehmung Alpen- MAYKESTAG GmbH wurde 1957 gegründet und hat ihren Hauptsitz in Puch in der Nähe der Stadt Salzburg. Die Unternehmensgruppe unterteilt sich in zwei Bereiche (siehe Abbildung 1):

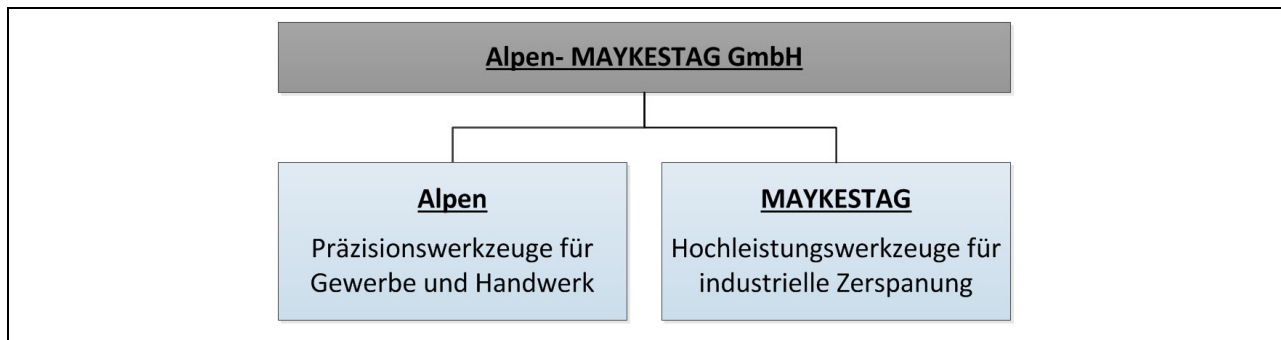


Abbildung 1: Bereiche der Alpen- MAYKESTAG GmbH¹

Zurzeit sind über 300 Mitarbeiter an den drei Firmenstandorten in Puch, Sankt Gallen und Ferlach beschäftigt.

Alpen- MAYKESTAG erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013- Juni 2014) einen Jahresumsatz von ca. 37,5 Mio. €. Abbildung 2 zeigt die Umsatzentwicklung der letzten fünf Jahre.

Neben der Herstellung und dem Vertrieb der eigenen Produkte ist Alpen- MAYKESTAG zusätzlich Vertriebspartner namhafter Hersteller wie z.B. Knipex und Wera.

¹ In Anlehnung an <http://www.alpenmaykestag.com>, Zugriffsdatum: 24.11.2014, eigene Darstellung

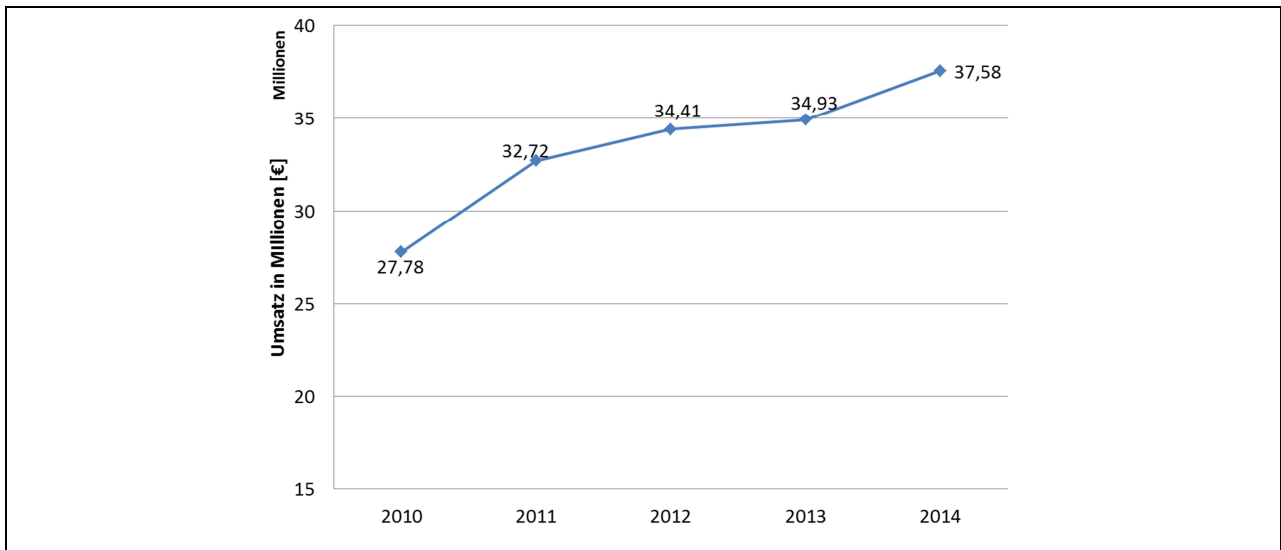


Abbildung 2: Umsatzentwicklung der letzten fünf Geschäftsjahre²

Im Jahr werden über 35 Mio. Qualitätswerkzeuge produziert. Abbildung 3 zeigt die prozentuelle Verteilung der Gesamtproduktionsmenge auf die drei Standorte. Die breite Produktpalette macht die Alpen- MAYKESTAG GmbH zum einzigen Komplettanbieter im Bereich Bohrer, Reibahlen, Fräser und Sonderwerkzeuge.³

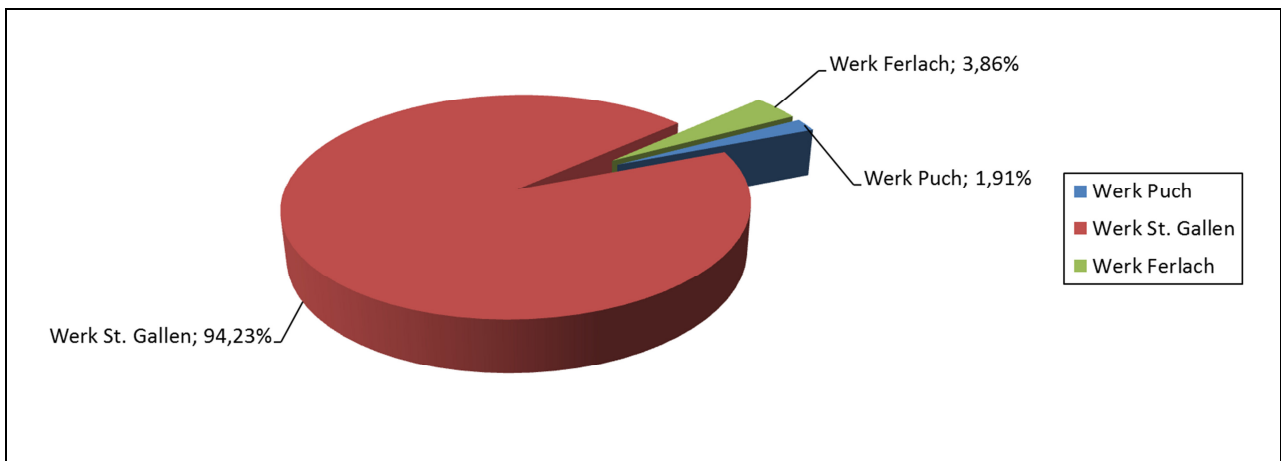


Abbildung 3: Verteilung der Gesamtproduktionsmenge⁴

Im Folgenden werden kurz die drei Standorte der Alpen MAYKESTAG GmbH beschrieben. Alle Produktionsstandorte liefern die Fertigprodukte zum Hauptsitz nach Puch, wo sie verpackt und an die Kunden versandt werden.

² Datenquelle: OLAP (Datenverarbeitungssystem der Alpen- MAYKESTAG GmbH)

³ <http://www.alpenmaykestag.com>, Zugriffsdatum: 24.11.2014

⁴ Datenquelle: OLAP (Datenverarbeitungssystem der Alpen- MAYKESTAG GmbH)

Abbildung 4 zeigt das Organigramm der Unternehmung. Der Produktionsstandort Sankt Gallen wird dabei genauer betrachtet.

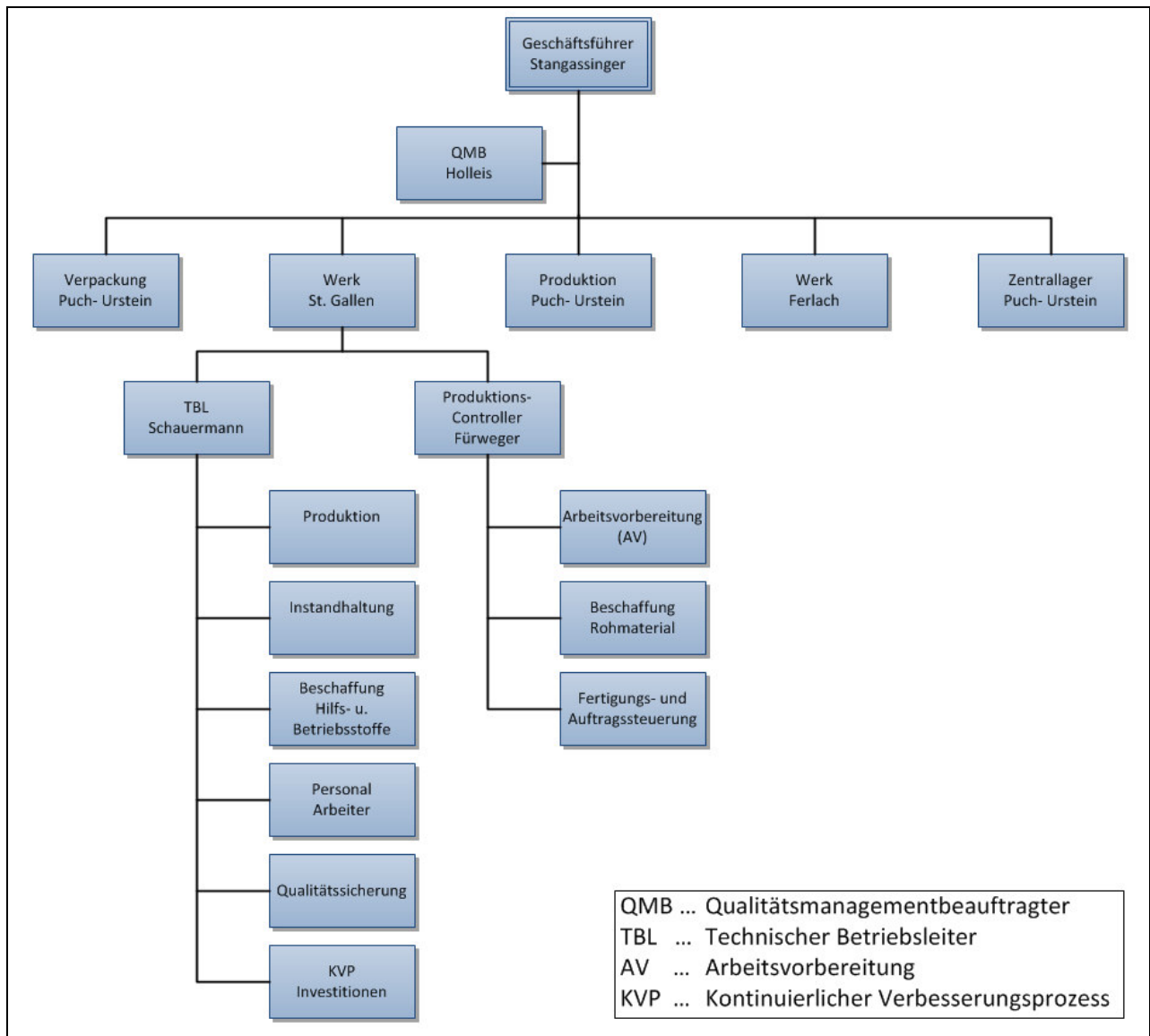


Abbildung 4: Organigramm Alpen- MAYKESTAG GmbH⁵

1.1.1 Hauptsitz Puch bei Salzburg

In Puch befindet sich der Hauptsitz der Alpen- MAYKESTAG GmbH. Der Standort beheimatet die gesamte Verwaltung und den Vertrieb, das Fertigwaren- und Versandlager sowie einen Produktionsbereich und die Forschungsabteilung.

⁵ Holleis (2014), S. 1, eigene Darstellung

1.1.2 Produktionswerk Ferlach

In Ferlach in Kärnten befindet sich die Produktion für die Sparte MAYKESTAG. Dort werden Hochleistungswerkzeuge für die industrielle Zerspanung gefertigt. Zur Spitzenabdeckung können auch Fertigungsaufträge vom Standort Sankt Gallen übernommen werden.

1.1.3 Produktionswerk Sankt Gallen

In Sankt Gallen in der Obersteiermark befindet sich die Hauptproduktion für die Alpen Spiralbohrersparte. Dabei handelt es sich um Präzisionswerkzeuge für Gewerbe und Handwerk.

Produktionsprogramm

Das Produktionsprogramm am Standort Sankt Gallen lässt sich in folgende Sparten unterteilen:

- **Stein- und Betonbohrer:** „Stein-/Spezialbohrer“ und „SDS Bohrer/Meißel“
- **Metall- und Stahlbohrer:** „HSS- Sprint“ und „HSS Bohrer geschliffen“
- **Holzbohrer**

Abbildung 5 zeigt die prozentuelle Verteilung der jeweiligen Produktparten auf die Gesamtproduktion.

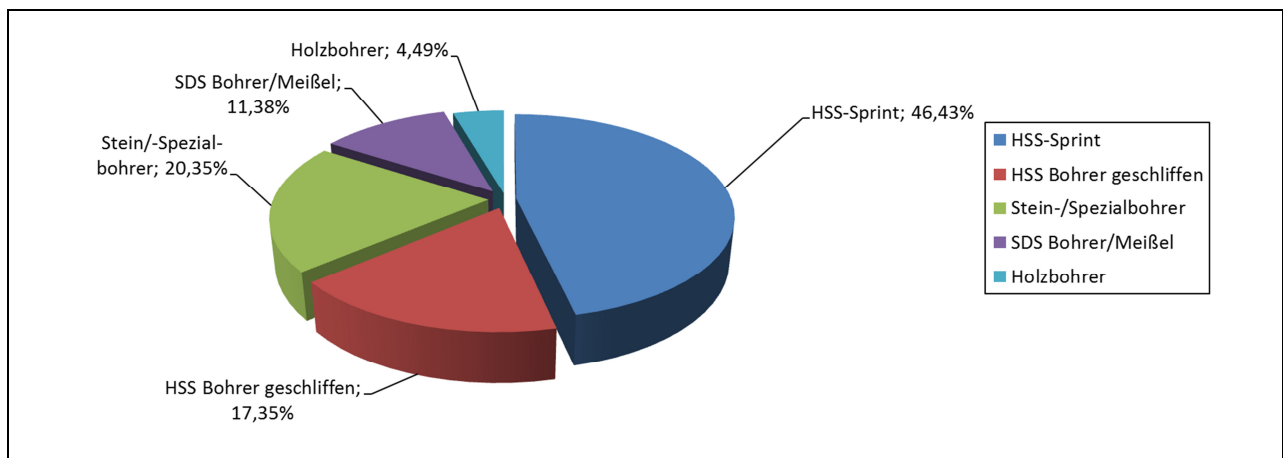


Abbildung 5: Aufteilung der Produktparten Werk Sankt Gallen⁶

⁶ Datenquelle: OLAP (Datenverarbeitungssystem der Alpen- MAYKESTAG GmbH)

In Sankt Gallen soll die Erweiterung der Produktionsfläche im Rahmen dieses Projektes durchgeführt werden. Der Fokus liegt auf den Sparten SDS+ Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der wichtigsten Produkte.








SDS Hammerbohrer	HM Long Life	Profi Beton	Profi Multicut	Profi Glas	Profi Keramo	Sonderbohrer
						
Hochleistungsbohrer zum Hammerbohren in Beton, Naturstein und Mauerwerk	Universeller Mauerbohrer	Hochleistungsbohrer für Beton, Mauerwerk und Naturstein	Mehrzweckbohrer für Fliesen, Mauerwerk, Metall, Holz und Kunststoff	Hartmetall Glasbohrer für Glas, Flaschen und Porzellan	Hochleistungsbohrer für Fliesen, Keramik und Marmor	Sonderbohrer für diverse Spezialanwendungen

Tabelle 1: Produktübersicht SDS Bohrer und Stein-/Spezialbohrer⁷

⁷ In Anlehnung an ALPEN- MAYKESTAG GMBH (2012), eigene Darstellung

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Sicherstellung der Produktionsmenge für das Geschäftsjahr 2020. Dies macht die Durchführung einer Betriebsstättenplanung am Standort Sankt Gallen der Alpen- MAYKESTAG GmbH notwendig.

Aufgrund der hohen Qualität sowie einiger innovativer Produktentwicklungen sieht sich die Unternehmung mit einem ständigen Wachstum der Auftragseingänge konfrontiert. Speziell im Bereich Stein- und Betonbohrer gelangt man dadurch an die Kapazitätsgrenzen der bestehenden Produktionseinrichtungen. Aus diesem Grund soll der bestehende Standort um eine zusätzliche Fertigungshalle erweitert werden. In dieser sollen künftig nur die Produkte der Sparte Stein- und Betonbohrer gefertigt werden.

Die Ziele werden wie folgt definiert:

1. Analyse der bestehenden Stein- und Betonbohrer Produktion
2. Definition von Verbesserungspotentialen gegenüber der derzeitigen Produktionslinie
3. Layoutplanung der künftigen Produktionslinie
4. Modellierung, Simulation und Visualisierung von ausgewählten Lösungsvarianten

1.3 Vorgehensweise

Im Problemlösungsprozess wurde Wert auf einen strukturierten Ablauf gelegt. Dazu wurde das Projekt in drei Phasen gegliedert. Abbildung 6 zeigt die Grundstruktur der geplanten Vorgehensweise. Die darin beschriebenen Planungsphasen werden im Folgenden im Detail erörtert.

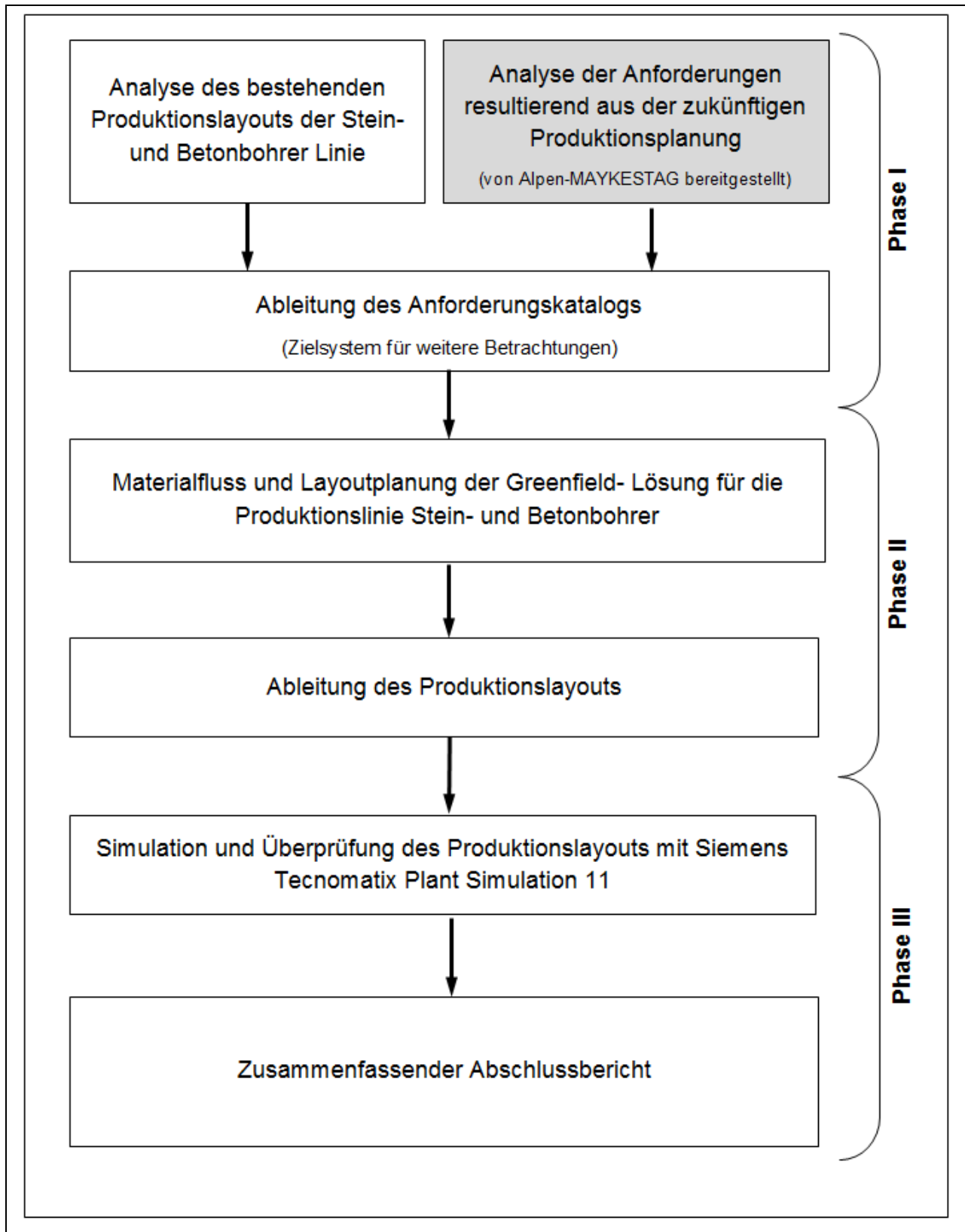


Abbildung 6: Grundstruktur der Vorgehensweise

1.3.1 Phase I: Ist- Stand- Analyse

Zum Sammeln aller notwendigen Daten und Informationen wurde eine ausführliche Analyse des Ist- Standes am Standort Sankt Gallen durchgeführt. Dazu zählen unter anderem die Analyse des Produktionsprogrammes, die dazugehörigen Ablaufpläne, die Untersuchung aller innerbetrieblichen Materialflüsse und die Katalogisierung der vorhandenen Betriebsmittel. Aus dem gewonnenen Material wurden Anforderungen und Optimierungspotentiale abgeleitet, welche im Anschluss als Input für die zweite Projektphase dienen.

1.3.2 Phase II: Grobplanung

Auf Basis der in Projekt- Phase I ermittelten Daten erfolgte in Projektphase II die Materialfluss- und Layoutplanung für die Sparte Stein- und Betonbohrer. Dabei wurden die Anforderungen und Optimierungspotentiale aus Phase I berücksichtigt. Ergebnis der Layoutplanung waren mehrere Varianten von Reallayouts, die dann im Rahmen eines Workshops mit den Experten der Alpen- MAYKESTAG GmbH evaluiert und optimiert wurden. Aus den resultierenden Optionen wurden mittels Nutzwertanalyse die favorisierte Lösung ermittelt.

1.3.3 Phase III: Feinplanung

Mittels Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11 wurden die Materialströme der in Phase II ermittelten, optimierten Layout- Variante modelliert und simuliert. Mit den daraus gewonnenen zusätzlichen Daten wurde eine Detaillierung des Produktionslayouts vorgenommen. Ergänzend konnte die Auslastung der Maschinen sowie die der Mitarbeiter ermittelt werden.

2 Fabrikplanung

Im folgenden Kapitel wird die Thematik der Fabrikplanung genauer untersucht. Es handelt sich hierbei um das Kernthema dieser Arbeit. Anfangs werden eine Begriffsdefinition sowie eine Unterteilung der Planungsphasen vorgenommen. Diese werden im Anschluss genauer beleuchtet und die jeweilige Vorgehensweise und die in der Praxis angewendeten Methoden erklärt. Dadurch soll eine theoretische Grundlage für die praktischen Tätigkeiten und Betrachtungen geschaffen werden.

2.1 Definition Fabrikplanung

Die hohe Komplexität heutiger Produktionsbetriebe hat dazu geführt, dass unter dem Begriff Fabrikplanung ein eigenes Wissensgebiet entstanden ist. Es fasst alle notwendigen Arbeitsmethoden, Organisationsformen und Hilfsmittel zusammen, die für eine erfolgreiche Planung notwendig sind.⁸ Im Detail lässt sich der Begriff wie folgt definieren:

„Fabrikplanung ist der systematische, zielorientierte, in aufeinander aufbauende Phasen strukturierte und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführte Prozess zur Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion.“⁹

2.2 Grundfälle der Fabrikplanung

Bei der Fabrikplanung lassen sich fünf Grundfälle unterscheiden. Diese variieren unter anderem hinsichtlich des Charakters der Aufgabe, dem Schwierigkeitsgrad und dem Problemumfang.¹⁰ Im Folgenden werden die Fälle kurz beschrieben.

Fall A: Neubau eines Industriebetriebs

Der Grundfall A beschreibt den Neubau eines Industriebetriebs auf die „grüne Wiese“. Charakteristisch dafür sind unter anderem:

⁸ Vgl. Aggteleky (1981), S.25

⁹ VDI (2009), S.3

¹⁰ Vgl. Grundig (2013), S.18

- Lange Vorbereitung¹¹
- Suche eines optimalen Standorts hinsichtlich z.B. Verkehrsanbindung¹²
- Keine Einschränkungen bei Gestaltung, dadurch bessere Ergebnisse¹³
- Erfahrenes Projektteam (gute Kenntnisse der Prozesse in der zukünftigen Fabrik notwendig)¹⁴

Grundfall A tritt grundsätzlich selten auf, im Rahmen der Erschließung neuer Märkte sowie der Verlagerung der Produktion wird jedoch ein Anstieg von Fall A beobachtet.¹⁵

Fall B: Um- und Neugestaltung bestehender Betriebe (Reengineering)

Grundfall B stellt den Hauptanteil der derzeit durchgeführten Fabrikplanungsaufgaben dar. In vielen Industriebetrieben ist dies ein andauernd laufender Prozess.¹⁶ Merkmale von Fall B sind beispielsweise:

- Produktionsprogramm und dessen Entwicklung relativ exakt definiert¹⁷
- Ständige Anpassung der Produktion an den Markt¹⁸
- Aufgaben meist aufgrund von Rationalisierungspotentialen z.B. durch Umstellungen, Erweiterungen und Neuordnung¹⁹

Fall C: Erweiterung bestehender Betriebe

Der Grundfall C liegt vor, wenn die Notwendigkeit für zusätzliche Kapazitäten gegeben ist. Dies kann z. B. durch Auftragszuwächse eintreten.²⁰ Merkmale von Fall C sind unter anderem:²¹

- Höhere Flächen- und Raumnutzung am Standort durch Erweiterung
- Produktionsprogramm und dessen Entwicklung relativ exakt definiert
- Kombination mit Grundfall A bei Neubau einer Produktion am bestehenden Standort

¹¹ Vgl. Grundig (2013), S.18

¹² ibidem

¹³ ibidem

¹⁴ Vgl. Helbing (2010), S.89

¹⁵ Vgl. Grundig (2013), S.18

¹⁶ ibidem

¹⁷ ibidem

¹⁸ ibidem

¹⁹ Vgl. Helbing (2010), S.89

²⁰ Vgl. Grundig (2013), S.19

²¹ ibidem

Grundfall C entspricht dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten und dokumentierten Projekt am besten.

Fall D: Rückbau von Industriebetrieben

Das Vorliegen von Grundfall D kann unterschiedliche Ursachen haben. Er liegt z.B. bei Auftragseinbußen, Auslagerung der Fertigung, oder Konzentration auf Kernkompetenzen vor. Es handelt sich um das Gegenteil von Grundfall C. Dies führt zu Umstrukturierungen der Produktions- und Nebenbereiche sowie zur Anpassung von Kapazitäten.²² Zusätzliche Merkmale sind:²³

- Redimensionierung
- Restrukturierung

Fall E: Revitalisierung von Industriebetrieben

Grundfall E beschreibt die Zuführung zu einer neuen Nutzung von stillgelegten Betrieben und Anlagen. Dies stellt einen Sanierungsprozess dar.²⁴ Charakterisiert wird Fall E zum Beispiel durch:²⁵

- Standort wird wieder neu genutzt
- Produktionsprogramm exakt vorgegeben
- Um-/Neustrukturierung von Gebäuden, Flächen und der Fertigung
- Optimale Lösungen durch wenig Einschränkungen

²² Vgl. Grundig (2013), S.19

²³ ibidem

²⁴ ibidem

²⁵ ibidem

2.3 Aspekte der Unternehmensplanung

Bei den Bereichen Fabrikplanung und Unternehmensplanung gibt es gegenseitige Berührungspunkte. Dies führt zur Notwendigkeit der Abstimmung.²⁶

Abbildung 7 zeigt die unterschiedlichen Einflussbereiche auf die Fabrikplanung sowie die dazugehörigen Verhaltensweisen.

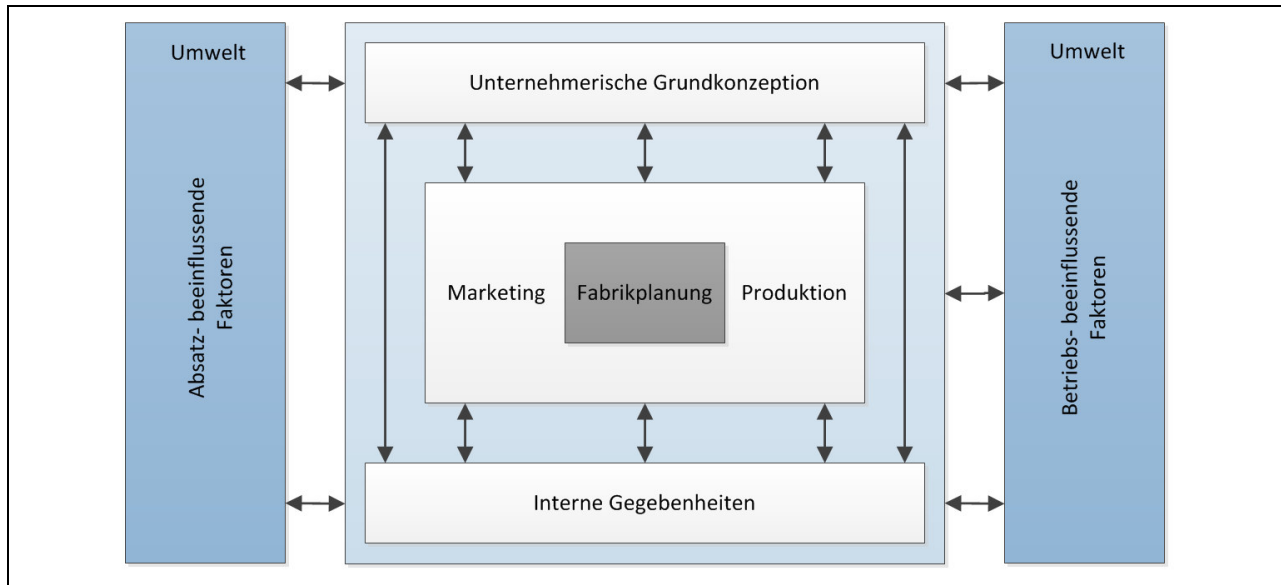


Abbildung 7: Einflussbereiche Fabrikplanung²⁷

Umwelt:

Als Umwelt werden die externen Einflussfaktoren verstanden. Es kann unter Absatz-beeinflussender Faktoren (z.B. Änderung von Angebot und Nachfrage, Änderung der Konkurrenzsituation, Beschränkungen im Import und Export) und Betriebs-beeinflussende Faktoren (z.B. Änderung der Gesetze und Auflagen, Arbeitskraftbeschaffung, Entsorgung) unterschieden werden.

Diese Faktoren können von der Fabrikplanung nicht beeinflusst werden. Sie müssen jedoch in Form von Prognosen und Erwartungen in die Planung miteinbezogen werden.²⁸

Unternehmerische Grundkonzeption und interne Gegebenheiten:

Unter unternehmerischer Grundkonzeption versteht man z.B. den Tätigkeitsbereich (Branche) der Unternehmung oder deren Rechtsform. Unter internen Gegebenheiten

²⁶ Vgl. Aggteleky (1981), S.27

²⁷ In Anlehnung an Aggteleky (1981), S.28, eigene Darstellung

²⁸ Vgl. Aggteleky (1981), S.27

werden Themen wie z.B. Know-how, Finanzlage, Auftragslage zusammengefasst. Beide Faktoren können beeinflusst werden.²⁹

Marketing und Produktion:

Diese beiden Gegebenheiten stellen die wichtigsten Bereiche der Unternehmung dar. Marketing befasst sich mit Themen wie z.B. Absatzplanung, Produktentwicklung und Innovation. Im Bereich Produktion sind Gebiete wie z.B. Produktionsplanung und –steuerung, Materialbeschaffung und Anlagenbewirtschaftung von Bedeutung. Eine Abstimmung ist aufgrund der starken Verbindung zur Fabrikplanung besonders wichtig.³⁰

2.4 Aspekte der Systemtechnik

Die Systematik der Fabrikplanung verfolgt grundsätzlich zwei Ziele:³¹

- Bestmögliche Konzeption der Anlage
- Anwendung eines optimalen Planungssystems für den Prozess der Lösungsfindung

Dazu werden unterschiedliche Methoden und Hilfsmittel angewendet. Diese sind meist branchenunabhängig und können durch leichte Anpassung für die Neu- bzw. Umplanung von Betriebsstätten herangezogen werden. Abbildung 8 zeigt die Aufgaben der Planungssystematik.³²

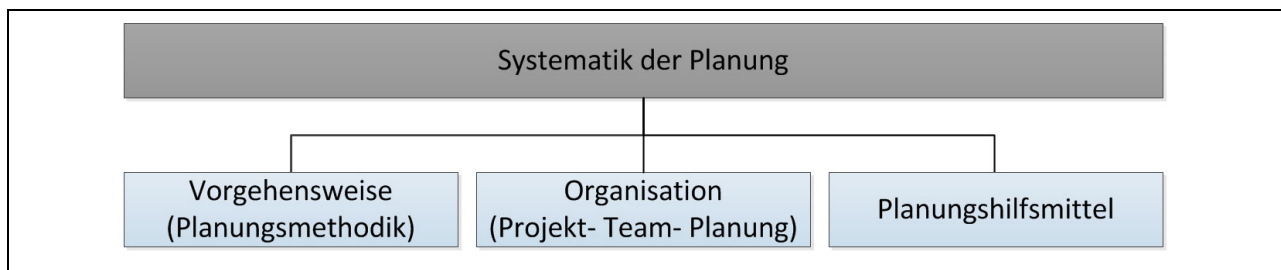


Abbildung 8: Aufgaben der Systematik³³

Es ist festzuhalten, dass der Prozess der Fabrikplanung sowie die zugrundeliegenden Daten mit gewissen Ungenauigkeiten und Schwankungen behaftet sind. Erschwerend

²⁹ Vgl. Aggteleky (1981), S.27

³⁰ ibidem

³¹ Vgl. Aggteleky (1981), S.47

³² ibidem

³³ In Anlehnung an Aggteleky (1981), S.48, eigene Darstellung

kommen Näherungen aufgrund der Abschätzung von Zukunftswerten hinzu, welche die Einplanung einer gewissen Flexibilität gewährleisten. Diese Faktoren führen zu einer beschränkten Genauigkeit der Berechnungen, trotzdem ist die Stichhaltigkeit der angenommenen Werte höchstes Gebot.³⁴

Einige Methoden der Planung wie z.B. die ABC- Analyse (siehe Kapitel 3.2.1.3, Seite 31), die Multimomentaufnahme (siehe Kapitel 3.2.1.2, Seite 23), oder die Nutzwertanalyse (siehe Kapitel 3.3.3.3, Seite 51) werden in dieser Arbeit zu einem späteren Zeitpunkt genauer beschrieben. Es wurde darauf Wert gelegt, dass diese der jeweiligen Planungsphase zugeordnet werden in der sie in der Praxis zum Einsatz kommen.

2.4.1 Planungsablauf

Im Folgenden wird die genauere Betrachtung des Planungsablaufes eines Fabrikplanungsprojektes vorgenommen.

In der Fachliteratur finden sich mehrere unterschiedliche Planungsmodelle. Diese variieren hauptsächlich hinsichtlich Benennung, Detaillierung und Anzahl der Planungsphasen. Es hat sich jedoch generell eine verallgemeinerungsfähige Systematik herauskristallisiert³⁵, die in Abbildung 9 dargestellt ist. Gezeigt ist eine Gegenüberstellung der Planungssystematiken nach Aggteleky, Wiendahl und Grundig.

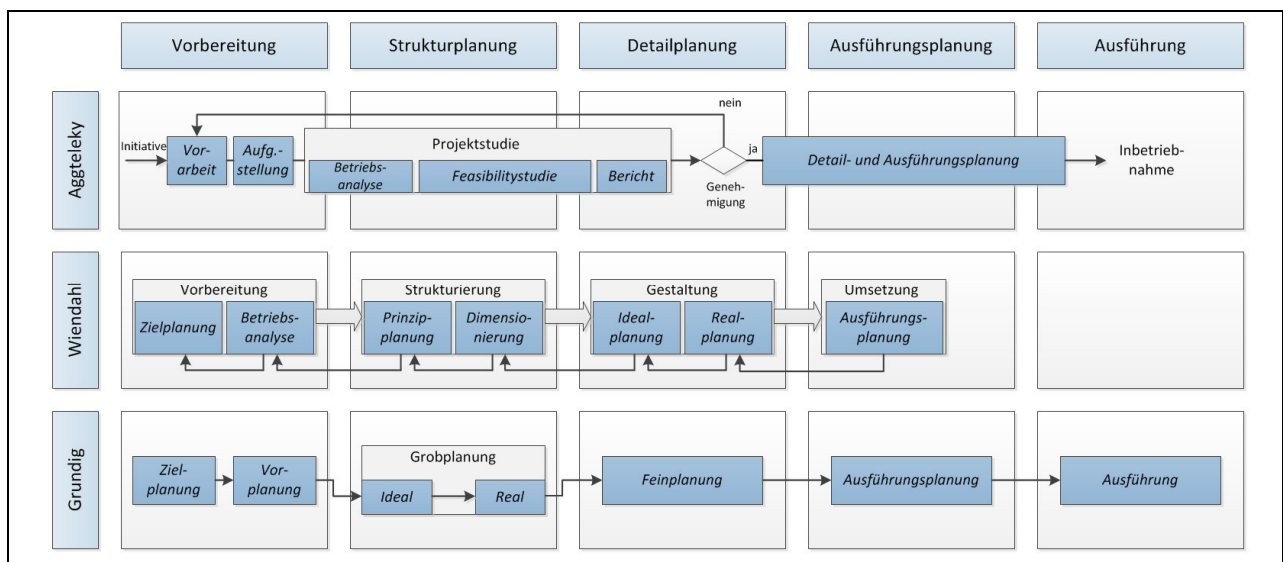


Abbildung 9: Vergleich Planungssystematiken³⁶

³⁴ Vgl. Aggteleky (1981), S.47

³⁵ Vgl. Grundig (2013), S.37

³⁶ In Anlehnung an Schuh, et al. (2007), eigene Darstellung

Ziel solcher Planungssystematiken ist die Schaffung eines schrittweisen Ablaufes bei der Erstellung von Lösungskonzepten durch die Vorgabe logischer Planungsphasen hinsichtlich Systematik und Inhalt. Es kann als ein Rahmen im Fabrikplanungsablauf verstanden werden.³⁷

Eine sehr übersichtliche, jedoch vereinfachte Veranschaulichung des Planungsablaufes stellt die Fabrikplanungspyramide in Anlehnung an Aggteleky dar (Abbildung 10).

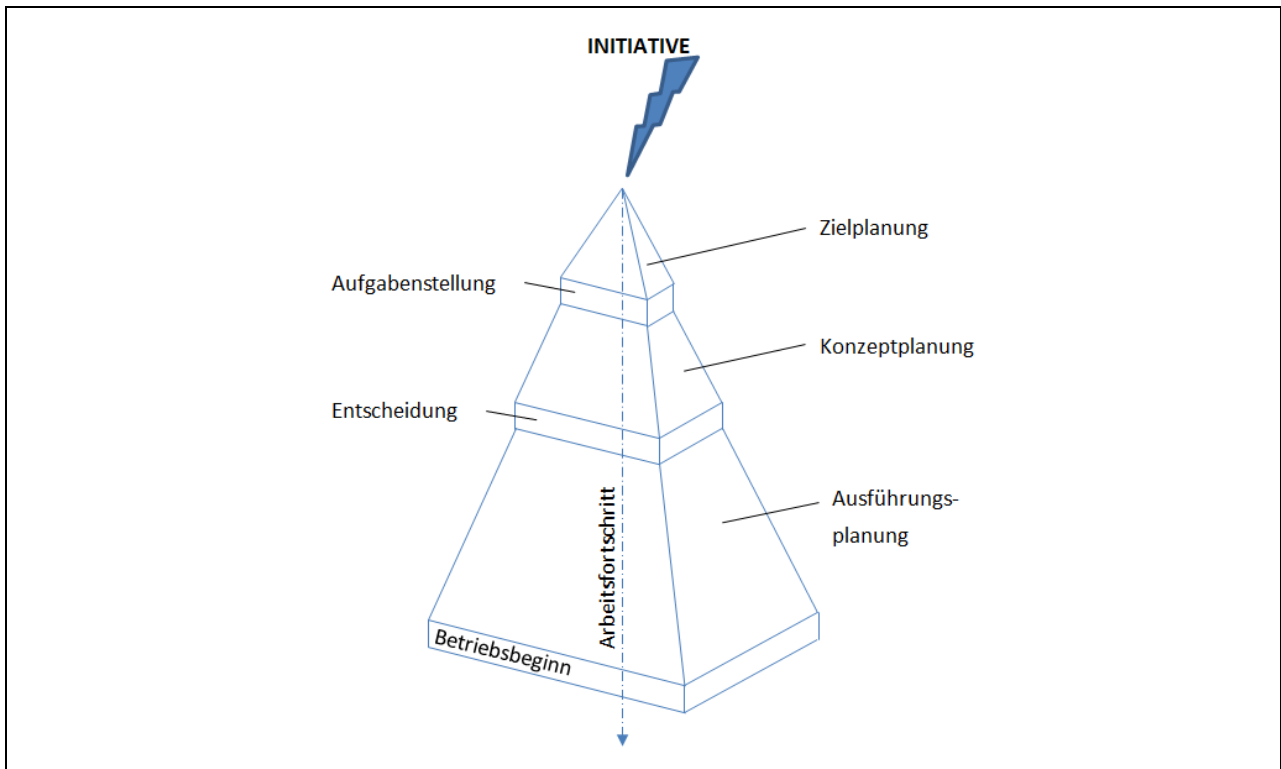


Abbildung 10: Fabrikplanungspyramide³⁸

Der Gesamtprozess der Fabrikplanung wird dabei in drei Planungsebenen unterteilt. Abgedeckt wird der komplette Ablauf von der Zielplanung bis zur Realisierung und der Inbetriebnahme.³⁹

³⁷ Vgl. Grundig (2013), S.37

³⁸ In Anlehnung an Aggteleky (1981), S.33, eigene Darstellung

³⁹ Vgl. Grundig (2013), S.39

Es werden folgende Phasen unterschieden:⁴⁰

- Zielplanung:
Darunter versteht man das Erarbeiten der Grundlagen für die Planung sowie die Formulierung der Aufgabenstellung.
- Konzeptplanung:
Während der Konzeptplanung findet die Betriebsanalyse zur Erhaltung der Ist-Daten statt. Auf Basis dieser Ergebnisse werden Konzepte und Studien erstellt.
- Ausführungsplanung:
In dieser Planungsphase wird das Konzept aus der Konzeptplanung für die Umsetzung detailliert. Außerdem enthält die Ausführungsplanung alle notwendigen Schritte zur Umsetzung und Inbetriebnahme der Anlage.

Am Ende jeder Planungsphase befinden sich Entscheidungspunkte. Dort werden die bisherigen Tätigkeiten und eventuell notwendige Änderungen besprochen. Ziel dieser Entscheidungspunkte soll die Freigabe für die folgende Planungsphase sein.⁴¹

Die Fabrikplanungspyramide stellt gleichzeitig die logische Abfolge der Planungsphasen dar. Der Arbeitsfortschritt erfolgt von oben nach unten. Außerdem gibt die pyramidische Form Rückschluss auf den zunehmenden Arbeitsaufwand mit steigendem Projektfortschritt.⁴²

Einen etwas feiner aufgelösten Planungsablauf stellt das 6-Phasen-Modell der Fabrikplanung nach Kettner dar.⁴³ Hier wird der Planungsprozess, wie der Name schon sagt, in sechs Planungsphasen unterteilt.⁴⁴ Dieses Modell ist sehr verbreitet und dient auch als grobe Grundlage für die Struktur der vorliegenden Arbeit. Abbildung 11 zeigt das Schema des 6-Phasen-Modells. Die sechs Planungsphasen können außerdem in vier Planungsbereiche zusammengefasst werden.⁴⁵ Im Folgenden werden diese kurz genannt sowie deren Kernaufgaben beschrieben:⁴⁶

⁴⁰ Vgl. Grundig (2013), S.39

⁴¹ ibidem

⁴² Vgl. Aggteleky (1981), S.36

⁴³ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.12ff.

⁴⁴ Vgl. Grundig (2013), S.39

⁴⁵ Vgl. Grundig (2013), S.42

⁴⁶ ibidem

- Planungsgrundlage:
 - Festlegen der Ziele
 - Analyse der Ausgangssituation
 - Erkennen von Problemstellungen
- Fabrikstrukturplanung:
 - Erstellung mehrerer Lösungskonzepte
 - Bewertung
 - Auswahl
- Ausführungsprojektierung:
 - Detaillierung (Feinplanung) der favorisierten Lösungsvariante
- Projektumsetzung:
 - Realisierung des Projekts
 - Umzug
 - Inbetriebnahme

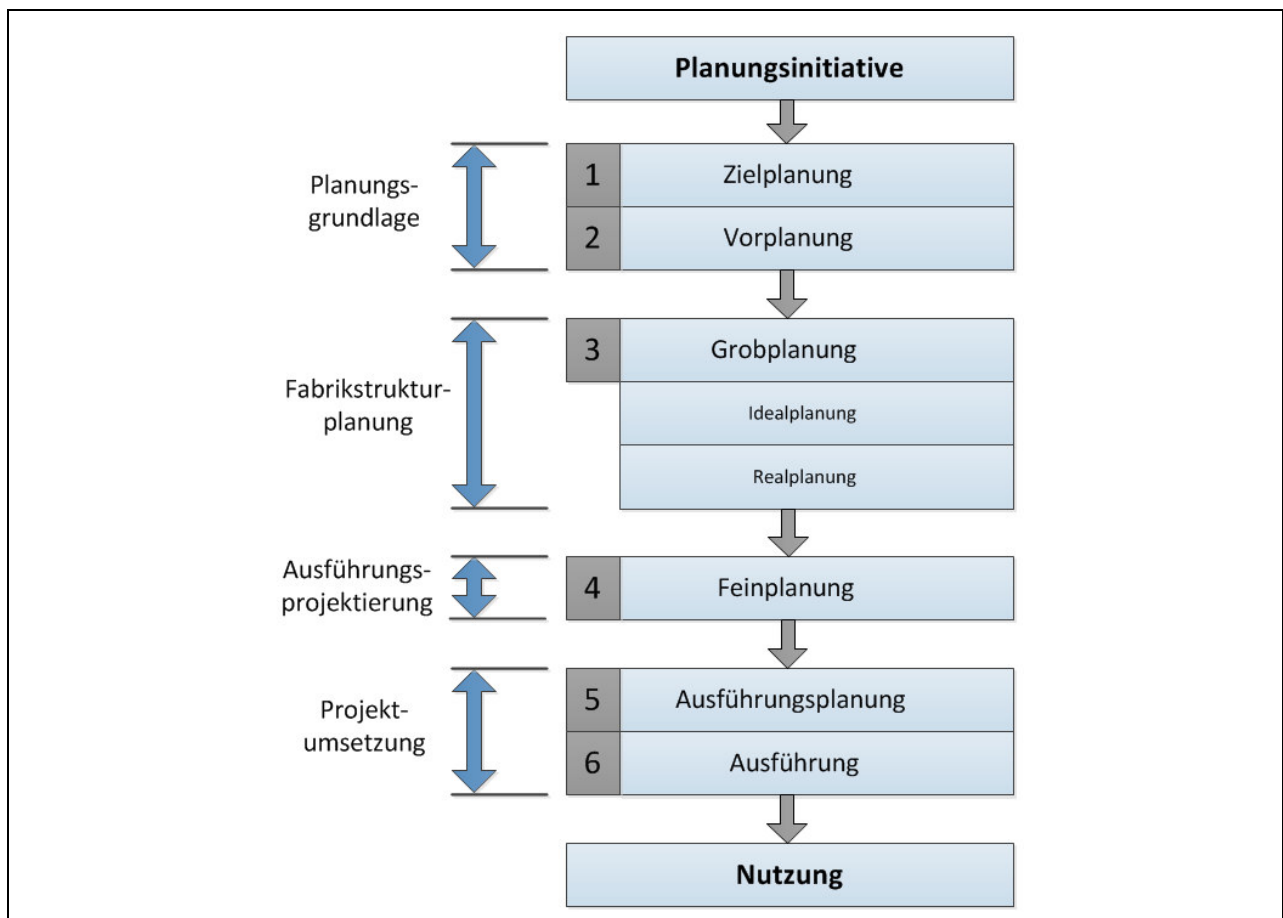


Abbildung 11: 6-Phasen- Fabrikplanungssystem⁴⁷

⁴⁷ In Anlehnung an Grundig (2013), S.47, eigene Darstellung

3 Phasen in der Fabrikplanung

Im Folgenden werden nun die einzelnen Planungsphasen erörtert. Des Weiteren werden die dazugehörigen Methoden beschrieben, die im Rahmen dieses Projekts angewendet wurden.

3.1 Zielplanungsphase

Die Zielplanung steht am Anfang jedes Fabrikplanungsprojekts. Sie beinhaltet die Definition und Erkennung von Problemen sowie die Formulierung der Aufgabenstellung.⁴⁸ Anstoß für Planungsaktivitäten sind in der Regel Initiativen seitens der Unternehmensleitung.⁴⁹ Diese können sich auf unterschiedliche Gründe stützen. Abbildung 12 zeigt eine Übersicht möglicher Anlässe.

	von außen	innerbetrieblich
Neuplanungen	<ul style="list-style-type: none"> • Erschließung von Marktlücken • Verwendung neuer Technologien • Erweiterung des Produktionsprogramms • Mangel an Fachkräften 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialflussverbesserung • Platzmangel für zusätzliche Maschinen • Anschaffung neuer Anlagen • Dezentralisierung bzw. Zusammenfassung von Bereichen
Umplanungen	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung an Absatzveränderungen • Modernisierung – Anpassung an Stand der Technik • Änderungen am Arbeitsmarkt • Gesetzliche Auflagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Umplanung von Fertigungsabläufen • Änderungen im Sortiment • Rationalisierungsmaßnahmen • Verbesserung der Gesundheits- und Sicherheitsmaßnahmen

Abbildung 12: Gründe für Fabrikplanungsprojekte⁵⁰

⁴⁸ Vgl. Aggteleky (1981), S.49

⁴⁹ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.12

⁵⁰ In Anlehnung an REFA (1985), S.153, eigene Darstellung

Kerninhalt der Zielplanung ist die Umwandlung von Visionen der Unternehmung in Strategien und messbare Ziele.⁵¹ Ein mögliches Vorgehensmodell zeigt Abbildung 13. Dadurch sollen auf Basis der erarbeiteten Anforderungen bereits grobe Konzepte für die Problemlösung entwickelt werden. Weiters müssen die Hauptaufgaben des Projektes, mögliche Konsequenzen und geforderte Ziele abgeleitet sowie eine vage Abschätzung der notwendigen Investitionsaufwände getätigt werden. Dies führt zu einer ersten Planungsgrundlage.⁵²

	Planungsschritt	Frage
1	Ausgangssituation	Wo steht das Unternehmen?
2	Gesamtzielsetzung	Welche Ziele sollen mittel- und langfristig erreicht werden?
3	Alternativen	Welche Möglichkeiten bestehen?
4	Entscheidung	Welche Möglichkeiten sollen realisiert werden?
5	Aufgabenstellung	Wer soll die Aufgabe bis wann mit welchem Aufwand und welchen Zielen durchführen?

Abbildung 13: Planungsschritte Zielplanung⁵³

Im Rahmen der Zielplanung sind normalerweise keine detaillierten Daten zur Prognose der zukünftigen Entwicklung der Unternehmung vorhanden. Vieles beruht auf Abschätzungen und Hochrechnungen. Hier bietet sich die Anwendung von Szenario-Techniken an. Damit können mehrere unterschiedliche Produktionsszenarien erstellt werden, basierend auf abweichenden Zukunftsprognosen. Resultat ist eine Bandbreite an Ergebnissen, welche auch eine Darstellung von Extremfällen (z.B. Best- und Worst-Case) ermöglichen. Daraus lässt sich zusätzlich ein Bedarf an Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ableiten.⁵⁴

⁵¹ Vgl. Arnold, et al. (2008), S.308

⁵² Vgl. Grundig (2013), S.56f.

⁵³ In Anlehnung an Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.14, eigene Darstellung

⁵⁴ Vgl. Grundig (2013), S.56

Am Ende der Zielplanung sollte eine vollständige Aufgabenstellung vorliegen. Diese kann folgende Punkte umfassen:⁵⁵

- Definition des Projektes
- Beschreibung der Ausgangslage
- Definition kurz-, mittel- und langfristiger Ziele
- Grobe Lösungsprinzipien
- Finanzieller Rahmen
- Vorgaben hinsichtlich Flexibilität und Wandlungsfähigkeit
- Terminplan
- Leistungsumfang
- Projektteam

Oftmals wird bei einer Gegenüberstellung von Veränderungsbedarf und einschränkenden Größen wie z.B. Kapital, Zeit oder Flächenstrukturen eine deutliche Diskrepanz sichtbar. Dies macht es notwendig, dass noch im Rahmen der Zielplanung Kompromisslösungen gefunden werden, welche im Anschluss einer Machbarkeitsstudie unterzogen werden. Resultat der gesamten Zielplanungsphase soll eine Aufgabenstellung sowie eine detaillierte Beschreibung sein, die von der Unternehmensleitung bestätigt wird und somit die Basis für die folgenden Planungsphasen darstellt.⁵⁶

3.2 Vorplanungsphase

Aufbauend auf den Aktivitäten der Zielplanung werden im Folgenden die Vorgehensweisen und Ziele der Vorplanungsphase erörtert. Kernthemen sind:⁵⁷

- Ist- Stand- Analyse
- Erarbeitung grober Lösungskonzepte
- Prüfung der Machbarkeit des Projektes
- Bedarf-/Aufwandsabschätzung
- Aktualisierung und Konkretisierung von Aufgabenstellung und Zielen

⁵⁵ Vgl. Grundig (2013), S.56

⁵⁶ Vgl. Grundig (2013), S.56f.

⁵⁷ Vgl. Grundig (2013), S.57

Eine breite Datenbasis ist Ausgangspunkt für alle Materialflussplanungen (siehe Kapitel 4.2.1. Seite 94). Darum kommt der Ist- Stand- Analyse eine hohe Bedeutung zu. Die folgenden Parameter sollten unbedingt berücksichtigt und erhoben werden:⁵⁸

- Materialflussprozesse:
 - Prozesse der Planung
 - Prozesse der Beschaffung
 - Prozesse der Herstellung
- Materialdaten:
 - Abmessungen
 - Mengen
 - Kennzeichnung
 - Merkmale
- Daten von Fördermittel:
 - Kapazitäten
 - Flächenbedarf
 - Personalbedarf
- Produktionstechnische Informationen:
 - Produkte (Produktvielfalt, Stückzahlen, Losgrößen, ...)
 - Produktion (Fertigungsmaschinen)
 - Aufträge (Planung, Durchlaufzeiten, ...)
- Sonstige Daten:
 - Lieferanten
 - Gebäude
 - Grundstücke

3.2.1 Datenerhebung

Bei der Erhebung der zuvor aufgelisteten Daten können zwei Methoden unterschieden werden:

Primärerhebung (direkte Methode)

Benötigte Daten liegen nicht vor und müssen ermittelt werden.⁵⁹ Abbildung 14 zeigt mögliche Verfahren zur Primärerhebung von Daten.

⁵⁸ Vgl. Arnold/Furmans (2005), S.225ff.

⁵⁹ Vgl. Arnold/Furmans (2005), S.229

Sekundärerhebung (indirekte Methode)

Benötigte Daten liegen in Form von Firmenunterlagen (Maschinendaten, Fertigungsunterlagen, Produktionsstatistiken und dergleichen) vor.⁶⁰ Abbildung 14 zeigt Wege zur Sekundärerhebung von Daten.

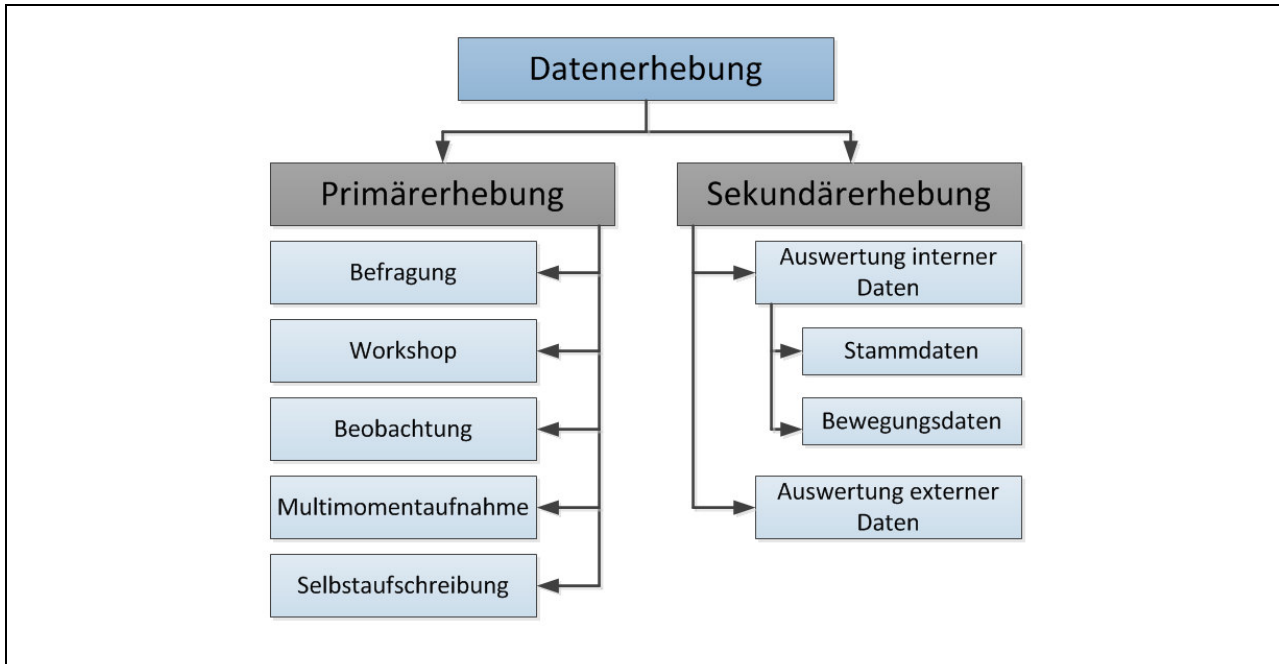


Abbildung 14: Möglichkeiten zur Datenerhebung⁶¹

Nachstehend werden jene Methoden genauer erklärt, die im Rahmen dieser Arbeit praktisch zur Anwendung kamen.

3.2.1.1 Befragung

Die Datenerfassung mittels Befragung dient zum besseren Verständnis von komplexen Zusammenhängen. Außerdem können zusätzliche Informationen gewonnen werden. Befragung ermöglicht eine Datenerhebung von Personen, die in engem Kontakt zum Prozess stehen.⁶² Man unterscheidet drei unterschiedliche Methoden der Befragung:⁶³

- Interview (mündliche Befragung)
- Fragebogen (schriftliche Befragung)
- Checkliste (schriftliche Befragung)

⁶⁰ Vgl. Grundig (2013), S-60f.

⁶¹ In Anlehnung an Arnold/Furmans (2005), S.229, eigene Darstellung

⁶² Vgl. Lindemann (2009), S.265

⁶³ ibidem

Vorteile der Befragung:⁶⁴

- Große Flexibilität aufgrund persönlicher Interaktion zwischen Interviewer und Befragten
- Erhebung vieler Informationen, aufgrund von Miteinbindung des Befragten ins Projekt und gleichzeitiger Motivation
- Möglichkeit von direkten Rückfragen

Nachteil der Befragung:⁶⁵

- Großer Zeitaufwand
- Erfassung subjektiver Daten

3.2.1.2 Multimomentaufnahme

Bei der Multimomentaufnahme handelt es sich um ein statistisches Verfahren zur Erfassung der Ist- Zeitdaten.⁶⁶ Es basiert auf der Erfassung von Häufigkeiten vorher fixierter Arbeitsablaufarten in einem Arbeitssystem mittels strichprobenartig durchgeführter Beobachtungen. Die Person, welche dieses Analyseverfahren durchführt, hält auf Rundgängen durch die Produktion die Ablaufart der jeweiligen Maschine fest (z.B. „Maschine in Betrieb“ oder „Fehler“).⁶⁷ Diese Beobachtungen finden in zufällig verteilten, vorab fixierten Zeitabständen statt.

Mittels Statistik können aus der Vielzahl von Einzelbeobachtungen genaue Mengen- und Zeitdaten gewonnen werden.⁶⁸ Abbildung 15 zeigt die schrittweise Vorgehensweise bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Multimomentaufnahme. Die einzelnen Punkte werden anschließend kurz erklärt.

⁶⁴ Vgl. Albers (2009), S.52ff.

⁶⁵ ibidem

⁶⁶ Vgl. Schlick/Luczak/Bruder (2010), S.675

⁶⁷ Vgl. REFA (1992), S.232

⁶⁸ Vgl. Schulte-Zurhausen (2014), S.556



Abbildung 15: Vorgehensweise Multimomentaufnahme⁶⁹

1. Festlegen der Ziele

Am Beginn der Planungen für eine Multimomentaufnahme steht die Festlegung der Ziele sowie der zu analysierenden Arbeitssysteme, Personen und Betriebsmittel.

Mittels Multimomentaufnahme können folgende Untersuchungen erfolgreich durchgeführt werden:

- Ermittlung betrieblicher Kennzahlen, z.B. Auslastungsgrad von Maschinen⁷⁰
- Ermittlung von Verteilzeiten⁷¹
- Untersuchung diverser Arbeitsabläufe in Verbindung mit der Fertigungsplanung⁷²
- Verteilung des Arbeitsaufkommens auf die unterschiedlichen Maschinen⁷³
- Aufwand und Auslastung im Bereich der innerbetrieblichen Logistik⁷⁴

⁶⁹ In Anlehnung an REFA (1992), S.237, eigene Darstellung

⁷⁰ Vgl. REFA (1992), S.236

⁷¹ ibidem

⁷² ibidem

⁷³ Vgl. Weber (1994), S.74

⁷⁴ ibidem

2. Festlegen und Beschreiben der Ablaufarten

Ziel dieses Schrittes ist die eindeutige Definition der möglichen Ablaufarten. In der Regel erfolgt eine etwas stärkere Gliederung als die Aufgabenstellung verlangt. Dies führt zu einer besseren Übersicht über das Beobachtete.⁷⁵

Wichtig ist die Berücksichtigung der Eindeutigkeit der Ablaufarten, da der Beobachter in kürzester Zeit eine Einordnung vornehmen muss.⁷⁶ Eine mögliche Unterteilung der Ablaufarten zeigt Abbildung 16.

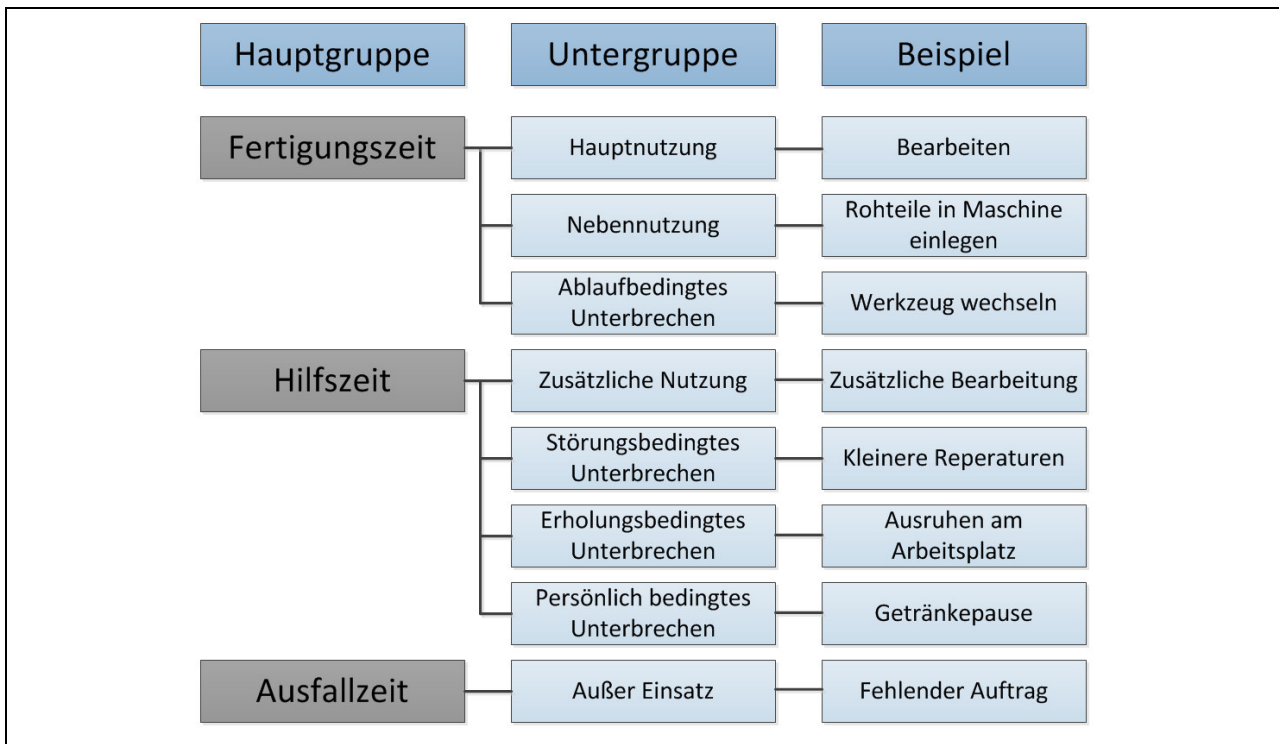


Abbildung 16: Unterteilung der Ablaufarten für die Multimomentaufnahme⁷⁷

3. Festlegen des Rundgangplans

Beim Rundgangplan handelt sich um eine Skizzierung der jeweiligen Standpunkte der Beobachtungen und deren Abfolge. Es kann einen Rundgangplan geben, aber auch mehrere unterschiedliche sind möglich. Dann wird jedes Mal vor Beginn des Rundganges per Zufallsprinzip eine Variante ausgewählt. Dies führt zu einer noch besser verteilten und zufälligeren Abfolge der Beobachtungen.⁷⁸ Ein Beispiel für einen Rundgangplan ist in Kapitel 4.1.3.5 (siehe Seite 84) zu sehen.

⁷⁵ Vgl. REFA (1992), S.238

⁷⁶ ibidem

⁷⁷ In Anlehnung an REFA (1992), S.239ff.

⁷⁸ Vgl. REFA (1992), S.239

4. Festlegen des notwendigen Beobachtungsumfangs

Unter dem Beobachtungsumfang versteht man die Anzahl der notwendigen Beobachtungen. Diese ist abhängig von der Genauigkeit der Ergebnisse, die von der Multimomentaufnahme gefordert werden.⁷⁹ Zuerst muss jedoch ein repräsentativer Zeitraum gewählt werden, in dem die Analyse durchgeführt wird. Grundsätzlich gilt, je länger, desto besser. Außerdem müssen bei Mehrschichtbetrieb alle Schichten erfasst werden. Es bietet sich auch an, mehrere Schichtträger zu erfassen, sprich den Zeitraum der Multimomentaufnahme über das Wochenende oder einen Monatswechsel zu legen.⁸⁰

Der Beobachtungsumfang n' kann mit Formel (1) berechnet werden.

$$n' = \frac{1,96^2 * p * (100 - p)}{f'^2} \quad (1)^{81}$$

p vermuteter Anteil der vorrangig betrachteten Ablaufart

f' vorgegebener Vertrauensbereich

Der Faktor 1,96 beschreibt einen statistischen Faktor. Dieser wird bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von $S = 95\%$ angewendet. Die Aussagewahrscheinlichkeit S gibt an, mit welcher Sicherheit die durch die Multimomentaufnahme erhaltenen Daten der Realität entsprechen. In der Praxis ist $S = 95\%$ ein typischer Wert.⁸²

Unter p versteht man den Anteil jener Ablaufart, die von größtem Interesse innerhalb der Multimomentaufnahme ist. Dieser Anteil muss im Vorhinein grob abgeschätzt werden.⁸³

Mit f' wird der geforderte Vertrauensbereich beschrieben. Dieser wird ebenfalls am Anfang festgelegt. Je kleiner f' , desto besser ist die Güte der durch die Multimomentaufnahme ermittelten Daten. Dies bedeutet jedoch wiederum, dass die Anzahl der notwendigen Beobachtungen steigt. Ein gängiger Praxiswert ist $f' = 2,5\%$. Er ist jedoch auch abhängig von der Größenordnung der Ablaufarten, die von Interesse sind. Bei Verteilzeituntersuchungen ist ein Vertrauensbereich von $f' = 1\%$ vorgeschrieben.⁸⁴

⁷⁹ Vgl. Schulte-Zurhausen (2014), S.557

⁸⁰ Vgl. Weber (1994), S.77

⁸¹ REFA (1992), S.243

⁸² Vgl. REFA (1992), S.241f.

⁸³ ibidem

⁸⁴ ibidem

5. Festlegen der Rundgangzeitpunkte

Nachdem in den vorangegangenen Schritten die Beobachtungspunkte und deren Abfolge sowie die Anzahl der notwendigen Beobachtungen ermittelt wurden, geht es nun um die Festlegung der Rundgangzeitpunkte. Wichtig hierbei ist eine zufällige Verteilung der Rundgänge. Dadurch sollen eine Beeinflussung durch Beobachteten und Beobachter vermieden werden. Außerdem werden dadurch statistische Bedingungen erfüllt. Bestimmt werden die Rundgangzeiten mittels Stunden- Minuten Tafel (siehe REFA (1992), S.249).⁸⁵ Heutzutage werden diese auch oft per Zufallsgenerator am PC erstellt.⁸⁶

Zur Ermittlung der Zeiten muss erst die Anzahl der Beobachtungen pro Tag n_T berechnet werden. Dies geschieht durch Division der Gesamtanzahl der Beobachtungen n' durch die gesamte Beobachtungszeit in Tagen T (siehe Formel (2)).

$$n_T = \frac{n'}{T} \quad (2)^{87}$$

Wird n_T nun durch die Anzahl der Beobachtungspunkte n_R dividiert, erhält man die Anzahl der täglich notwendigen Rundgänge R_T (siehe Formel (3)).

$$R_T = \frac{n_T}{n_R} \quad (3)^{88}$$

Ist R_T berechnet, können damit wie bereits vorher beschrieben die jeweiligen Rundgangzeiten festgelegt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Rundgangdauer nicht länger ist, als der Abstand zwischen zwei Rundgängen. Sollte dies der Fall sein, müssen mehrere Beobachter eingesetzt werden. Außerdem ist es wichtig, dass die Rundgänge nicht genau in Pausen oder bei Schichtwechsel durchgeführt werden.⁸⁹

6. Durchführen der Beobachtungen

Die vorangegangenen Schritte beschäftigen sich mit der Planung der Multimomentaufnahme. Nun werden die Beobachtungen im Betrieb durchgeführt.

⁸⁵ Vgl. REFA (1992), S.247

⁸⁶ Vgl. Weber (1994), S.81

⁸⁷ REFA (1992), S.247

⁸⁸ ibidem

⁸⁹ Vgl. REFA (1992), S.247

Dazu ist die Erstellung eines geeigneten Formulars zum Festhalten der Beobachtungen, auch Multimomentaufnahmebogen genannt, notwendig.⁹⁰ REFA bietet hierzu mehrere Formulare in unterschiedlicher Ausführung (siehe REFA (1992), S.252ff.)

Zum Test und zum Training der Beobachter sollten vor dem eigentlichen Beginn der Analyse einige Testrundgänge absolviert werden. Dabei können sich alle Beteiligten genauer mit dem Formular und dem Ablauf vertraut machen. Diverse Schwachstellen können ebenfalls erkannt werden.⁹¹

Bei der eigentlichen Durchführung der Multimomentaufnahme werden die Rundgänge laut Plan abgearbeitet. Der Beobachter notiert die Ablaufart, die beim jeweiligen Beobachtungspunkt im Moment des Vorbeigehens festgestellt werden kann. Wichtig ist eine spontane Erfassung der Tätigkeit bzw. des Zustandes im ersten Moment des Hinsehens. Es bietet sich an, in Abständen von ein bis drei Tagen die Erfahrungen der Rundgänge mit den Beteiligten zu kommunizieren.⁹² Dabei sollten sich unter anderem folgende Fragen gestellt werden:⁹³

- Wurde der Rundgangplan befolgt?
- Sind alle Ablaufarten ohne Zweifel definiert und erkennbar?
- Liegen diverse Störeinflüsse vor, die das Ergebnis der Analyse negativ beeinflussen können?
- Kommt es zu starken Schwankungen in den Auftragsmengen bei beobachteten Maschinen?

Treten Probleme in dieser Form auf, müssen diese sofort analysiert werden. Die Multimomentaufnahme kann in diesem Fall vorübergehend ausgesetzt und nach Behebung der Probleme wieder fortgeführt werden.⁹⁴

Eine zusätzliche Möglichkeit der Kontrolle bietet eine Zwischenauswertung nach ca. 500 Beobachtungen. Damit können erste Trends erkannt werden und eine Plausibilitätskontrolle ist möglich.⁹⁵

Da es sich bei der Multimomentaufnahme um eine offene Beobachtung handelt, muss diese vor Durchführung beim Betriebsrat angemeldet werden. Die Arbeitnehmer

⁹⁰ Vgl. REFA (1992), S.252

⁹¹ Schulte-Zurhausen (2014), S.560

⁹² Vgl. REFA (1992), S.251

⁹³ ibidem

⁹⁴ ibidem

⁹⁵ Vgl. REFA (1992), S.257

müssen ebenfalls über Ablauf und Ziele informiert werden. Dies ist einerseits gesetzlich vorgeschrieben, soll aber darüber hinaus auch dazu führen, dass das beobachtete Personal ihrer Tätigkeit unbeeinflusst nachgeht und somit zuverlässige Ergebnisse gewonnen werden können.⁹⁶

7. Auswerten der Ergebnisse

Am Ende der Multimomentaufnahme werden alle Aufnahmebögen zusammengefasst. Für jede Ablaufart werden die summierten Häufigkeiten gebildet. Die Endauswertung läuft wie folgt ab:⁹⁷

- Ermittlung der Summe aller Beobachtungen je Ablaufart
- Ermittlung des prozentuellen Anteils der einzelnen Anlaufarten
- Berechnung des erzielten Vertrauensbereichs
- Graphische Darstellung der Ergebnisse mittels Diagrammen

Daraus lassen sich unterschiedliche Auswertungen tätigen. Abbildung 17 zeigt eine Möglichkeit der Darstellung der Ergebnisse einer Multimomentaufnahme.

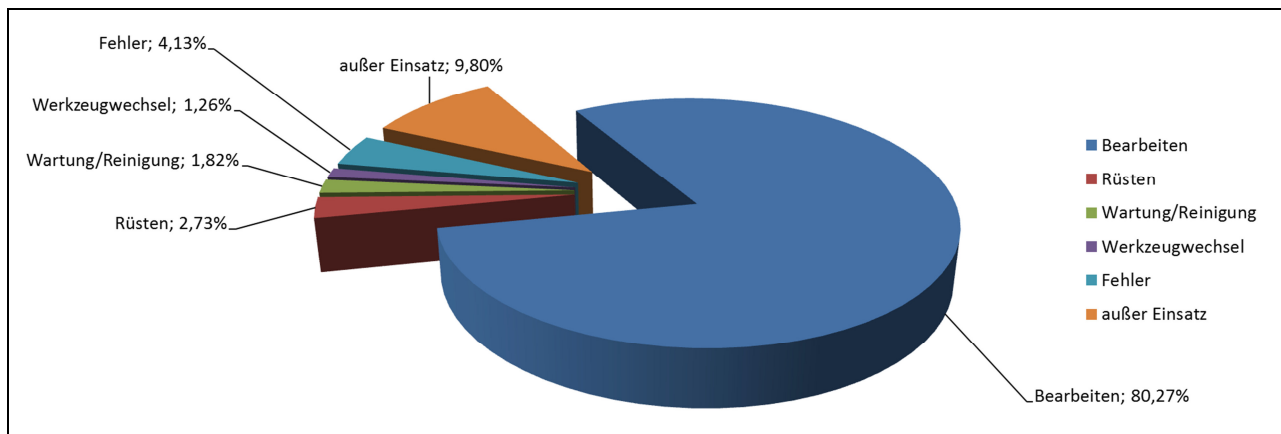


Abbildung 17: Ergebnisse einer Multimomentaufnahme⁹⁸

Vorteile der Multimomentaufnahme:

- Der Beobachter ist nur zeitweise an den zu beobachtenden Arbeitsplatz gebunden.⁹⁹

⁹⁶ Vgl. Schulte-Zurhausen (2014), S.560

⁹⁷ Vgl. REFA (1992), S.258

⁹⁸ Auszug aus den Ergebnissen der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Multimomentaufnahme

⁹⁹ Vgl. REFA (1992), S.263

- Die Beobachtung einer Vielzahl von Arbeitsplätzen ist möglich, wobei der Aufwand bei Beobachtung zusätzlicher Arbeitsplätze nur gering steigt.¹⁰⁰
- Die Abdeckung längerer Zeitperioden ist durch die Beobachtungsdauer von mehreren Tagen bis Wochen möglich.¹⁰¹
- Die Analyse kann bei Bedarf unterbrochen und zu späterem Zeitpunkt wieder fortgesetzt werden.¹⁰²
- Für die Durchführung der Multimomentaufnahme ist kein Fachwissen notwendig.¹⁰³
- Der Aufwand ist geringer als bei vergleichbaren Zeitaufnahmeverfahren mittels Stoppuhr.¹⁰⁴
- Das beobachtete Personal kann die Tätigkeiten nahezu unbeeinflusst ausführen.¹⁰⁵

Nachteile der Multimomentaufnahme:

- Die Prüfung auf sachliche Richtigkeit ist nur schwer möglich.¹⁰⁶
- Im Vergleich zu einer Zeitaufnahme können keine Informationen hinsichtlich Leistungsgrade ermittelt werden.¹⁰⁷
- Es ist keine Aussage über Ablaufarten mit sehr geringem Anteil (<1%) möglich.¹⁰⁸
- Gefahr der Manipulation der Ergebnisse durch das beobachtete Personal ist gegeben.¹⁰⁹
- Keine Feststellung der Tätigkeiten möglich, wenn der Werker nicht am Arbeitsplatz ist.¹¹⁰
- Keine Berücksichtigung der Qualität der beobachteten Arbeit möglich.¹¹¹

¹⁰⁰ Vgl. REFA (1992), S.263

¹⁰¹ ibidem

¹⁰² ibidem

¹⁰³ ibidem

¹⁰⁴ ibidem

¹⁰⁵ Vgl. Mross (2012), S.145

¹⁰⁶ Vgl. REFA (1992), S.257

¹⁰⁷ ibidem

¹⁰⁸ ibidem

¹⁰⁹ ibidem

¹¹⁰ ibidem

¹¹¹ Vgl. Mross (2012), S.145

3.2.1.3 Analyse des Produktionsprogramms- ABC Analyse

Unter der ABC- Analyse versteht man eine Methode zur Ermittlung der Schwerpunkte bei Untersuchungen und Planungen. Es wird damit ermöglicht, Wichtiges von Unwichtigen zu unterscheiden und dadurch den Fokus auf Bereiche mit höherer wirtschaftlicher Bedeutung zu legen.¹¹² In der Literatur ist die ABC- Analyse auch als Pareto- Analyse bekannt.¹¹³

Wichtigste Eigenschaften der ABC- Analyse¹¹⁴

- Verringerung der Komplexität bei umfangreichem Datenaufkommen
- Einfache Methode ohne jegliche Abhängigkeiten von den zu untersuchenden Größen
- Simple Tool zur Priorisierung des Einsatzes der Ressourcen
- Existenz von Vergleichsdaten für die zu untersuchenden Größen notwendig
- Vorhandensein von Daten mehrerer Perioden zum Verstehen etwaiger dynamischer Vorgänge notwendig

Abbildung 18 zeigt die Vorgehensweise bei der Durchführung einer ABC- Analyse



Abbildung 18: Vorgehensweise ABC- Analyse¹¹⁵

¹¹² Vgl. Cordts (1992), S.1f.

¹¹³ Vgl. Lindemann (2009), S.242

¹¹⁴ Vgl. Schawel/Billing (2012), S.13

¹¹⁵ Vgl. Cordts (1992), S.13, eigene Darstellung

Werden die in Abbildung 18 beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt, lassen sich die Ergebnisse graphisch in einem Diagramm darstellen. In Abbildung 19 können die unterschiedlichen Produktgruppen deutlich erkannt werden. Die abgebildete Kurve wird als Lorenz- Kurve bezeichnet und dient als Instrument zur Darstellung von Häufigkeitsverteilungen.¹¹⁶

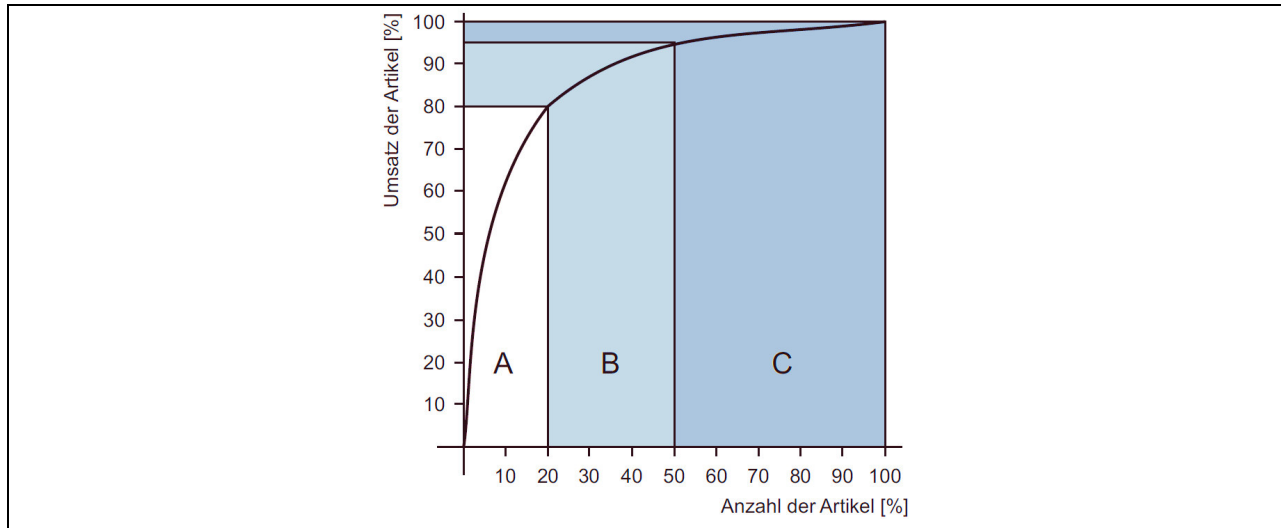


Abbildung 19: Graphische Darstellung der ABC- Analyse¹¹⁷

Die drei Produktgruppen können wie folgt charakterisiert werden:¹¹⁸

- **Klasse A** → hohe Bedeutung; geringe Anzahl von Elementen hat hohen Anteil am Gesamtergebnis; hoher Umsatzwert
- **Klasse B** → mittlere/durchschnittliche Bedeutung; Elemente tragen proportional zu ihrer Anzahl zum Gesamtergebnis bei; mittlerer Umsatzwert
- **Klasse C** → geringe Bedeutung; hohe Anzahl an Elementen hat nur kleinen Anteil am Gesamtergebnis; niedriger Umsatzwert

Abbildung 19 zeigt ebenfalls deutlich die sogenannte „80/20- Regel“, welche auch als Pareto Prinzip bekannt ist. Dieses geht zurück auf den italienischen Ökonomen Vilfredo Pareto. Er beschäftigte sich mit der Verteilung des Wohlstands in der Gesellschaft im 19. Jahrhundert und erkannte, dass 20% der Bevölkerung 80% des Gesamtvermögens

¹¹⁶ Vgl. Aubeck (2010), S.281

¹¹⁷ Martin (2011), S.35

¹¹⁸ Vgl. Cordts (1992), S.2 u. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.40

eines Staates besaßen. Interessant ist die Erkenntnis, dass sich diese Regel auf nahezu alle Lebensbereiche anwenden lässt.¹¹⁹

Zurück zur ABC- Analyse kann somit festgehalten werden, dass wie in Abbildung 19 dargestellt, 20% der Artikel 80% vom Umsatz erwirtschaften.¹²⁰ Auf diesen 20% sollte somit bei Planungen der Schwerpunkt liegen.

3.2.1.4 Materialflussanalyse

Unter Materialflussanalyse versteht man die Erfassung aller Transport- und Lagervorgänge von Materialien in einer Unternehmung.¹²¹ Dabei kann zwischen Materialfluss innerhalb der Fabrik (unternehmensinterner Materialfluss) und außerhalb (unternehmensexterner Materialfluss) unterschieden werden.¹²² Der Materialfluss selbst kann in drei Kategorien unterteilt werden:¹²³

- **Innerbetrieblicher Transport** Kosten durch menschliche Arbeit und Energie
- **Lagerung** gebundenes Kapital, Kosten durch Ein- und Auslagerung
- **Handling** Kosten durch menschliche Arbeit, eventuell zusätzliche Betriebseinrichtungen notwendig

Die Analyse der Materialflüsse verfolgt zwei Ziele. Einerseits sollen Daten ermittelt werden, die für die Planung eines optimalen Layouts notwendig sind, andererseits können durch die genaue Durchleuchtung eventuell vorhandene Optimierungspotentiale aufgedeckt werden. Man spricht daher auch von einer Schwachstellenanalyse.¹²⁴ Für die Layoutplanung sind zwei Bereiche von besonderer Bedeutung:¹²⁵

- **Materialflussvernetzung** Überblick über die Materialflussbeziehungen der betrachteten Objekte
- **Materialflussintensitäten** Untersuchung der Größenordnung der betrachteten Materialflüsse

¹¹⁹ Vgl. Limbeck (2011), S.29

¹²⁰ ibidem

¹²¹ Vgl. Corbat (2009), S.146

¹²² Vgl. Grundig (2013), S.116

¹²³ Vgl. Aggteleky (1982), S.97

¹²⁴ Vgl. Aggteleky (1982), S.27

¹²⁵ Vgl. Grundig (2013), S.119

Die Vorgehensweise bei der Materialflussanalyse kann in folgende Schritte unterteilt werden (siehe Abbildung 20):

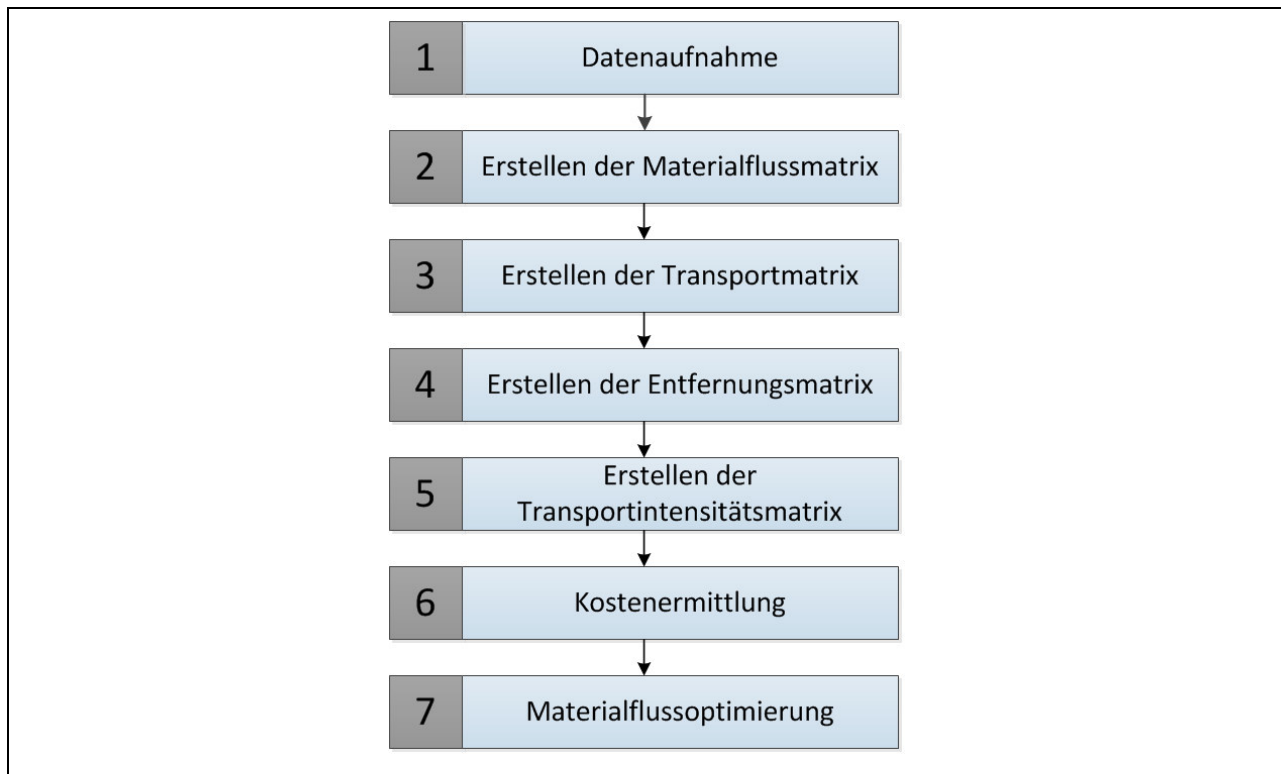


Abbildung 20: Vorgehensweise Materialflussanalyse¹²⁶

1. Datenaufnahme

Grundsätzlich bedient sich die Materialflussanalyse der Methoden der Primär- und Sekundärdatenerhebung. So können Informationen z.B. mittels Beobachtung und Befragung gewonnen werden. Hier wird jedoch nur auf die Sekundärerhebung in Form von betriebsinternen Daten eingegangen.¹²⁷ Darunter versteht man z.B.:¹²⁸

- Produktsortiment
- Stückzahlen
- Stücklisten
- Arbeitspläne
- Losgrößen
- Daten zu Fördermitteln

¹²⁶ In Anlehnung an Arnold, et al. (2008), S.394, eigene Darstellung

¹²⁷ Vgl. Grundig (2013), S.124

¹²⁸ ibidem

2. Erstellung der Materialflussmatrix

Die Materialflussmatrix dient der übersichtlichen Darstellung von Materialflussbeziehungen. Sie wird durch Eintragung aller Materialflüsse in eine Von-Zu-Matrix gebildet. Die Zeilen der Matrix repräsentieren die Sendestellen und die Spalten die Empfängerstellen. Somit erhält man eine Quantifizierung der Materialflüsse zwischen den jeweiligen Bereichen bzw. Stellen. Die Materialflussmatrix wird in der Regel basierend auf Stück ermittelt.¹²⁹

3. Erstellung der Transportmatrix

Die Transportmatrix stellt den tatsächlichen Transportaufwand dar. Dazu werden die Materialflüsse auf Basis von Transporteinheiten (TE) ermittelt. Vorgegangen wird dabei wie bei der Erstellung der Materialflussmatrix.¹³⁰

4. Erstellung der Entfernungsmatrix

Zur Erstellung wird das bestehende Werkslayout zur Hilfe genommen. Daraus können alle Entfernungen zwischen unterschiedlichen Betriebsmitteln durch Messen ermittelt werden. Wichtig ist dabei, dass darauf geachtet wird, die tatsächlichen Transportwege von Mittelpunkt zu Mittelpunkt zu messen und nicht den direkten Weg. Die Distanzen werden in der Regel in Meter angegeben.¹³¹

5. Erstellung der Transportintensitätsmatrix

Mit der Transportintensitätsmatrix erhält man eine Verknüpfung zwischen Transportmatrix und Entfernungsmatrix. Sie wird durch Multiplikation der beiden Matrizen gebildet. Man erhält einen Wert in $[TE \times m]$.¹³²

6. Kostenermittlung

Mit Hilfe der Werte aus der Transportintensitätsmatrix lassen sich die Kosten pro Transportmeter bestimmen. Dies ermöglicht eine monetäre Bewertung und

¹²⁹ Vgl. Arnold, et al. (2008), S.312; S.395

¹³⁰ Vgl. Arnold, et al. (2008), S.395f.

¹³¹ ibidem

¹³² ibidem

gegebenenfalls eine Rechtfertigung von Investitionen hinsichtlich Materialflussoptimierungen.¹³³

7. Materialflussoptimierung

In diesem Schritt wird untersucht, ob eine Verbesserung des Materialflusses möglich ist. Es soll ein gerichteter Fluss angestrebt werden. Abhilfe kann eine Neusortierung der Zeilen und Spalten schaffen.¹³⁴

Abbildung 21 zeigt graphisch die einzelnen Schritte zur Erstellung der Transportintensitätsmatrix.

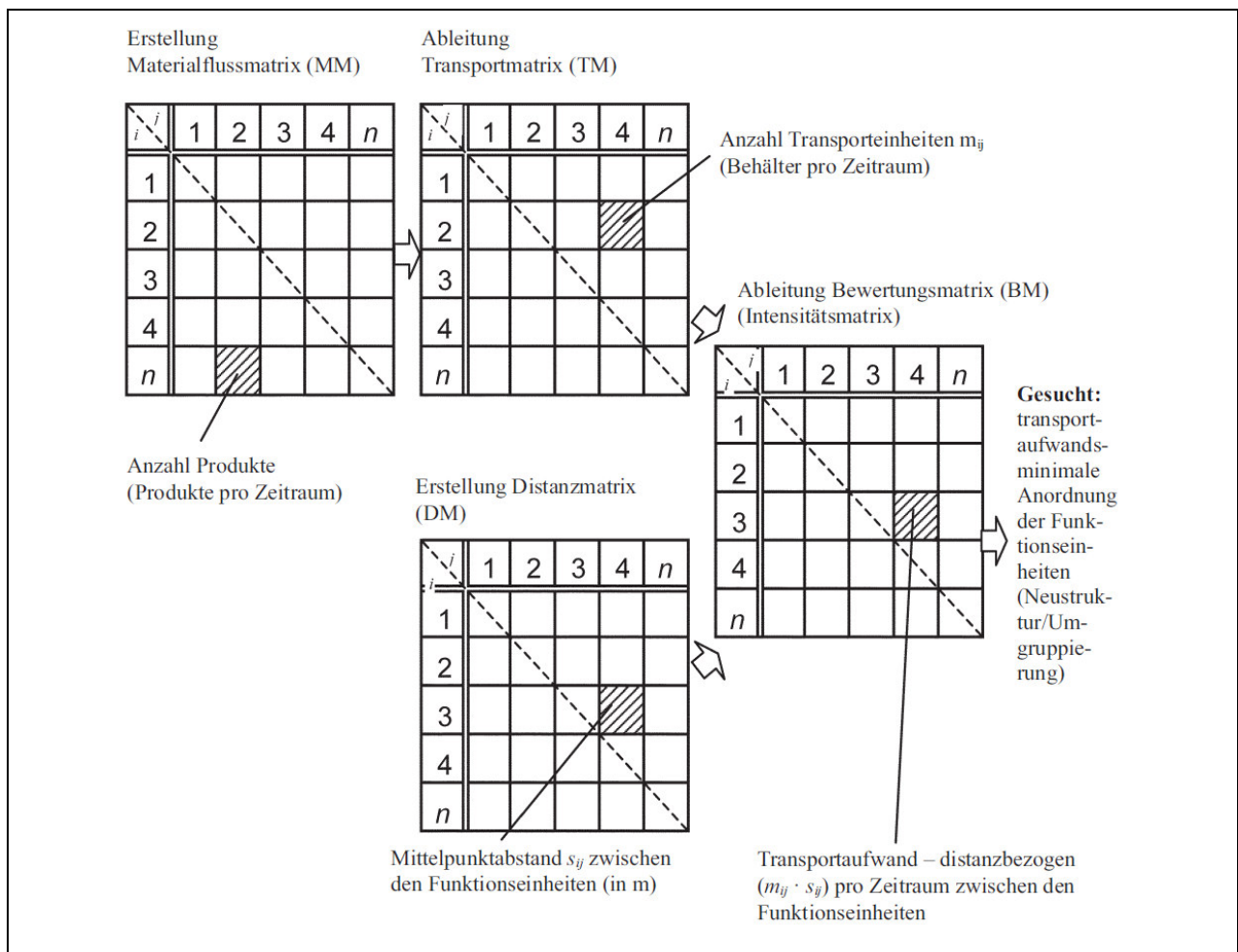


Abbildung 21: Vorgehensweise bei der Erstellung der Transportintensitätsmatrix (Bewertungsmatrix)¹³⁵

¹³³ Vgl. Arnold, et al. (2008), S.395f.

¹³⁴ ibidem

¹³⁵ Grundig (2013), S.126

3.2.2 Graphische Darstellung von Materialflüssen

In diesem Kapitel werden Methoden und Tools zur graphischen Darstellung von Materialflüssen vorgestellt. Sie dienen der übersichtlichen Veranschaulichung der Verknüpfungen zwischen Bereichen und Anlagen im Produktionsprozess.¹³⁶

Dreieckschema

Beim Dreieckschema werden alle Bereiche einem Knoten im Dreiecknetz zugeordnet. Transporte zwischen diesen Bereichen werden in Form von Verbindungslinien dargestellt. Dabei entspricht die Breite der Linie der Intensität des Materialflusses zwischen den Bereichen.¹³⁷ Abbildung 22 zeigt ein einfaches Dreieckschema.

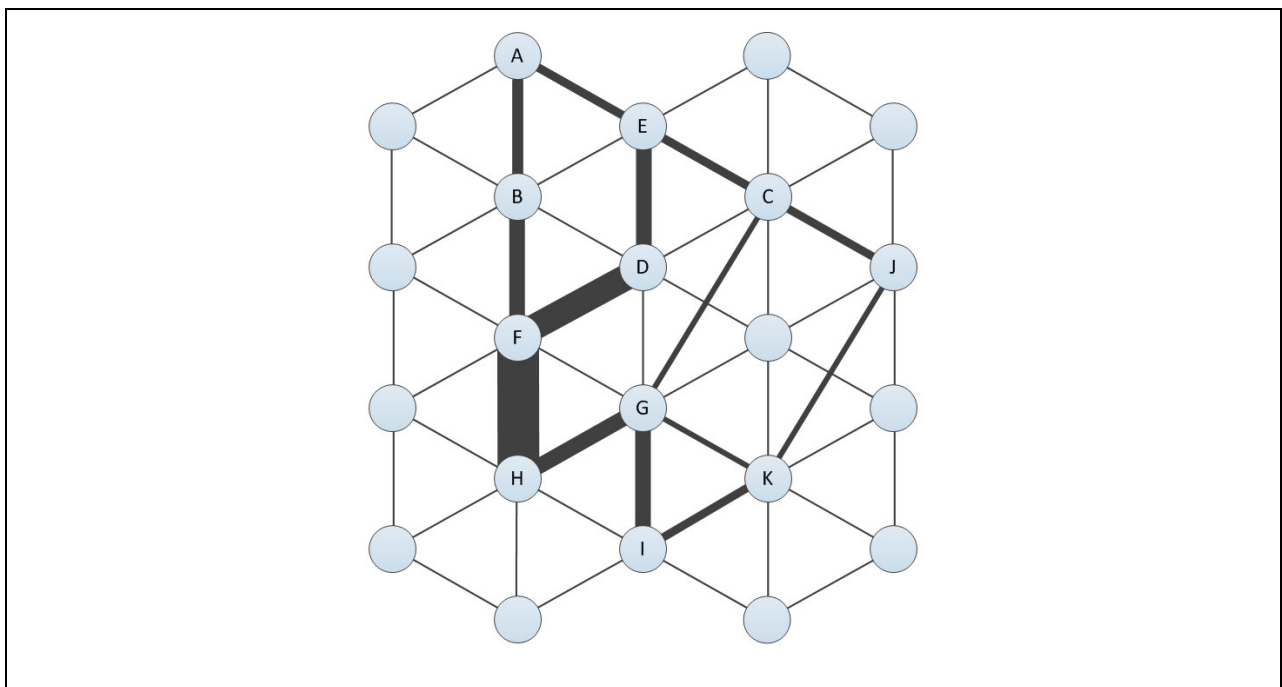


Abbildung 22: Dreieckschema¹³⁸

Vorteile Dreieckschema:¹³⁹

- Gut geeignet für Darstellung der Vernetzungen in komplexen Strukturen
- Gewährleistet hohe Transparenz
- Anwendung oft bei Layoutoptimierungen (siehe Kapitel 3.3.1, Seite 41)

¹³⁶ Vgl. Mathar/Scheuring (2009), S.216

¹³⁷ Vgl. Aggteleky (1982), S.547

¹³⁸ In Anlehnung an Aggteleky (1982), S.547, eigene Darstellung

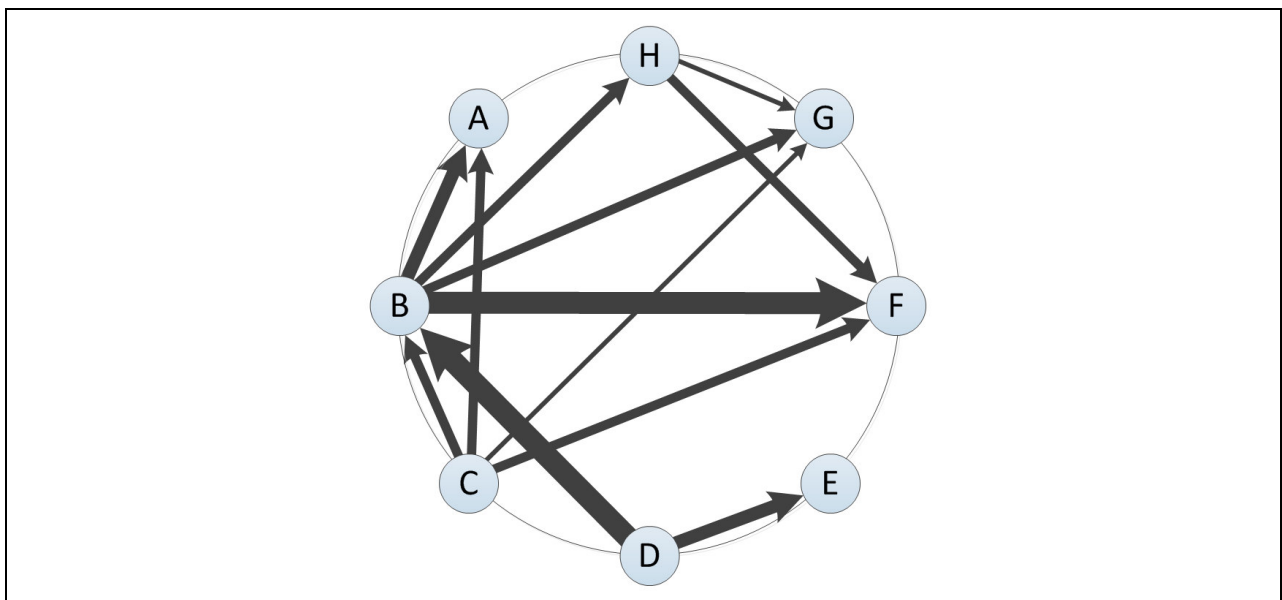
¹³⁹ Vgl. Grundig (2013), S.129f.

Nachteil Dreieckschema:¹⁴⁰

- Keine Darstellung der Richtungen der Materialflüsse

Kreisdiagramm

Beim Kreisdiagramm erfolgt, wie der Name schon sagt, eine kreisförmige Anordnung der Bereiche. Die Materialflüsse werden mit Hilfe von Pfeilen dargestellt. Auch hier gibt die Breite der Verbindung Aufschluss über die Intensität des Flusses zwischen den verbundenen Bereichen.¹⁴¹ Durch Variation der Positionen der einzelnen Bereiche kann eine Optimierung des Materialflusses erreicht werden. Außerdem lässt sich aus der Anordnung und der Richtung der Verbindungspfeile auf die bevorzugte Fertigungsart (Fließfertigung, Werkstattfertigung) schließen. Ein freier Raum im Inneren des Kreises deutet auf ein Linienprinzip hin.¹⁴²

Abbildung 23: Kreisdiagramm¹⁴³**Materialflussschema (Sankey- Diagramm)**

Das Sankey- Diagramm ermöglicht es, die vorhandenen Materialflüsse rasch und vollständig zu überblicken. Dazu werden die Flüsse zwischen den Bereichen wie beim Kreisdiagramm als Pfeile dargestellt. Die Breite dieser Pfeile stellt den Umfang des

¹⁴⁰ Vgl. Pawellek (2008), S.152

¹⁴¹ Vgl. Aggteleky (1982), S.548

¹⁴² Vgl. Pawellek (2008), S.150

¹⁴³ In Anlehnung an Aggteleky (1982), S.548, eigene Darstellung

Materialaustausches dar.¹⁴⁴ Die räumliche Anordnung der Bereiche und Anlagen wird damit jedoch nicht abgebildet. Das Materialflussschema ist eine Visualisierung der Materialflussmatrix.¹⁴⁵

Abbildung 24 zeigt das Beispiel eines Sankey- Diagramms mit der dazugehörigen Materialflussmatrix.

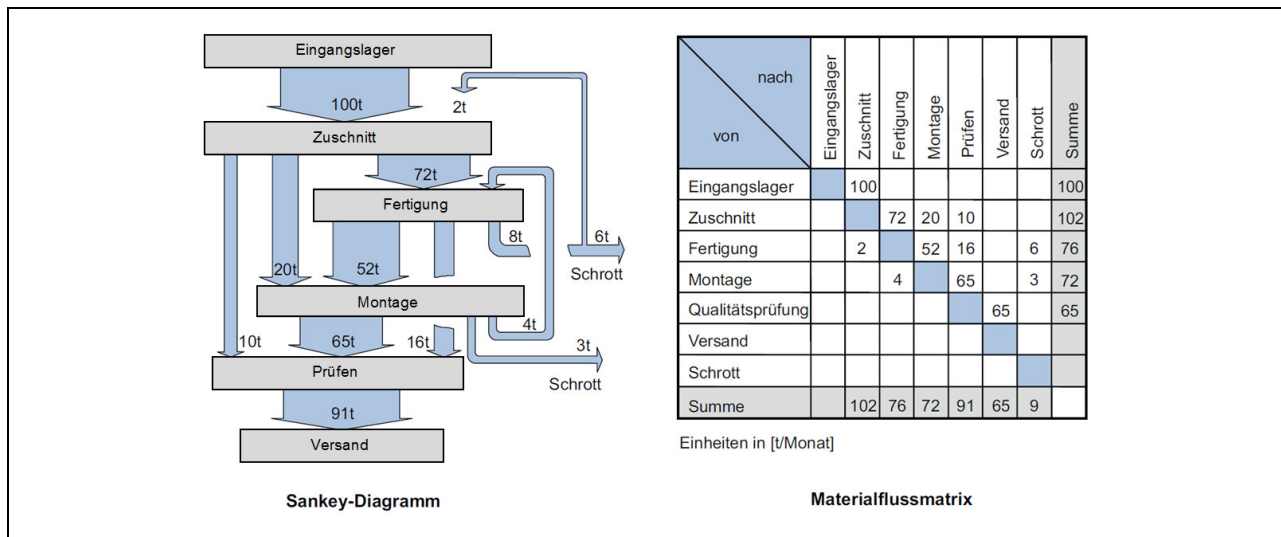


Abbildung 24: Sankey- Diagramm¹⁴⁶

Vorteile Sankey- Diagramm:

- Übersichtliche und einfache Darstellung der Materialflüsse eines Systems¹⁴⁷
- Schafft Überblick über alle Bereiche und die komplexen Vernetzungen untereinander¹⁴⁸
- Günstige Darstellungsform für unternehmensinterne Übersicht bei begrenzter Bereichszahl¹⁴⁹

Nachteile Sankey- Diagramm:

- Keine Berücksichtigung der räumlichen Anordnung¹⁵⁰
- Entfernungen zwischen den Bereichen werden nicht abgebildet¹⁵¹

¹⁴⁴ Vgl. Mathar/Scheuring (2009), S.217

¹⁴⁵ Vgl. Arnold, et al. (2008), S.312

¹⁴⁶ Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.484

¹⁴⁷ Vgl. Mathar/Scheuring (2009), S.218

¹⁴⁸ ibidem

¹⁴⁹ Vgl. Grundig (2013), S.127

¹⁵⁰ Vgl. Mathar/Scheuring (2009), S.218

¹⁵¹ ibidem

Mengen- Wege- Bild

Unter dem Mengen- Wege- Bild versteht man ein lagegerechtes Materialflussschema. Die Materialflüsse werden hinsichtlich der realen Streckenführung und Richtungen im Layout eingeordnet. Voraussetzung ist das Wissen über Bereichsstrukturen und deren Grundflächen. Es gibt unterschiedliche Ausführungen, so können z.B. die Intensitäten der Materialflüsse, wie beim Sankey- Diagramm, als Breite der Pfeile zwischen den Bereichen dargestellt werden.¹⁵²

Abbildung 25 zeigt ein Beispiel eines Mengen- Wege- Bildes.

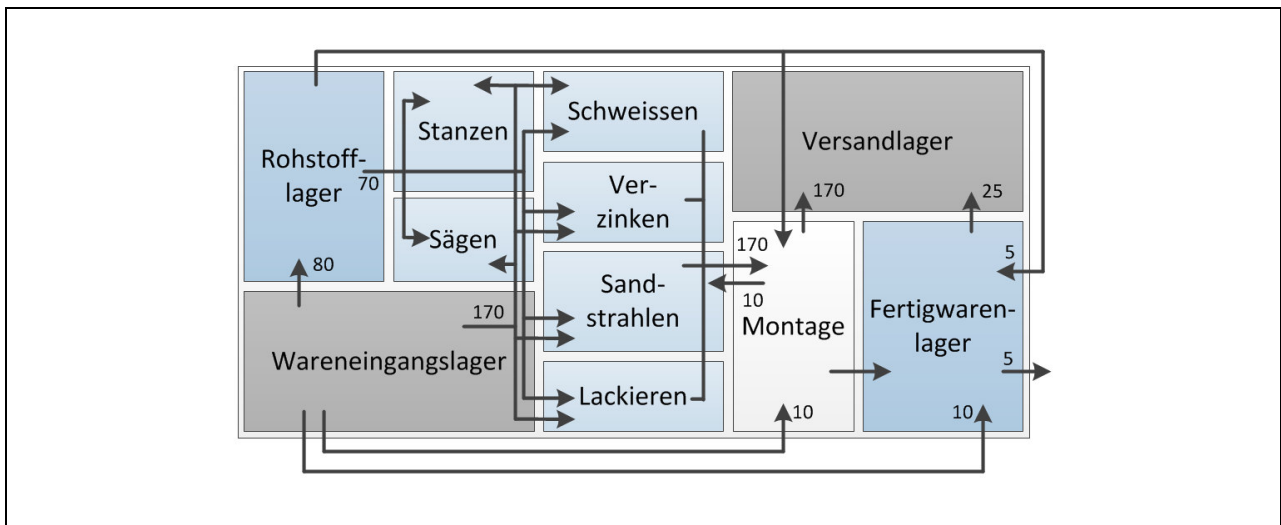


Abbildung 25: Mengen- Wege- Bild¹⁵³

Vorteile Mengen- Wege- Bild:¹⁵⁴

- Darstellung der räumlichen Strukturen möglich
- Qualitative Untersuchung und Beurteilung der Strukturen möglich

Nachteile Mengen- Wege- Bild:¹⁵⁵

- Bei einer Vielzahl von sich kreuzenden Materialflüssen wird Schaubild unübersichtlich
- Bei Änderungen im Layout entsteht hoher Aktualisierungsaufwand

¹⁵² Vgl. Grundig (2013), S.128

¹⁵³ In Anlehnung an Mathar/Scheuring (2009), S.218, eigene Darstellung

¹⁵⁴ Vgl. Mathar/Scheuring (2009), S.218

¹⁵⁵ Vgl. Mathar/Scheuring (2009), S.218

3.3 Grobplanungsphase

In der Grobplanung werden die aus den vorangegangenen Planungsphasen gesammelten Daten ergänzt, überprüft und verfeinert. Dabei hat sich die Unterteilung der Vorgehensweise in zwei Schritte als nützlich erwiesen. Dazu wird zuerst ein ideales Lösungskonzept erarbeitet, welches in weiterer Folge an die realen Gegebenheiten angepasst wird.¹⁵⁶ Abbildung 26 zeigt eine Übersicht mit den Themen der jeweiligen Planungsschritte.

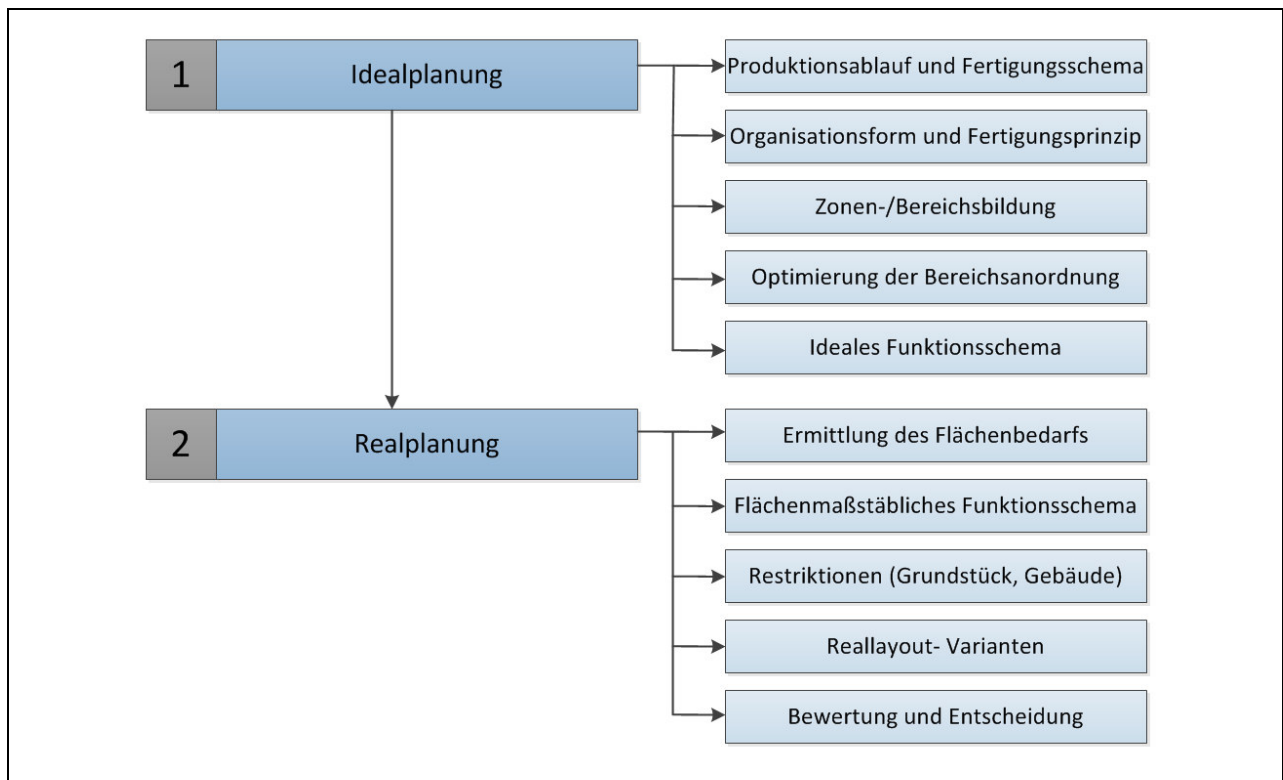


Abbildung 26: Planungsschritte in der Grobplanung¹⁵⁷

3.3.1 Idealplanung

Zielsetzung für die Idealplanung ist die Erarbeitung von idealen Lösungen für die wichtigsten Bereiche des Gesamtbetriebs. Dabei wird zunächst keine Rücksicht auf Einschränkungen und vorhandene restriktive Randbedingungen genommen, womit der Idealplan rein auf den funktionellen Erfordernissen des Fertigungsprozesses basiert.¹⁵⁸

¹⁵⁶ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.19

¹⁵⁷ In Anlehnung an Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.20

¹⁵⁸ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.20f.

Im Folgenden werden Themen erörtert, die im Rahmen der Idealplanung von besonderer Bedeutung sind.

Produktionsablauf und Fertigungsschema

Als Basis für die Erstellung eines Ideallayouts dient das Fertigungsschema. Es wird aus den Daten der Ist- Stand- Analyse entwickelt und stellt die zur Produkterstellung notwendigen Arbeitsabläufe dar. Abgebildet werden die einzelnen Fertigungsbereiche einer Produktionsstätte sowie die Materialflussverbindungen zwischen den jeweiligen Bereichen.¹⁵⁹ Zu diesem Zeitpunkt sind die benötigten Bearbeitungsflächen noch nicht bekannt, was in einer nicht maßstäblichen Darstellung resultiert. Man spricht von einer flächen-, raum- und anordnungsneutralen Abbildung, welche lediglich die funktionelle Struktur eines Produktionssystems zeigt.¹⁶⁰

Organisationsform und Fertigungsprinzip

Die Bündelung von Bearbeitungsschritten und der dazugehörigen Fertigungsmaschinen zu Gesamtbereichen mit gemeinsamen räumlichen und zeitlichen Aspekten hat unterschiedliche Organisationsformen der Fertigung zur Folge.¹⁶¹ Diese werden auch als Fertigungsprinzipien bezeichnet. Grundsätzlich kann zwischen folgenden Ausprägungen unterschieden werden:¹⁶²

- Linienprinzip (Flussprinzip)
- Nestprinzip
- Werkstattprinzip (Verrichtungsprinzip)

Um eine Auswahl treffen zu können wird der sogenannte „Kooperationsgrad κ “ ermittelt. Der Wert gibt die mittlere Anzahl an Arbeitsplätzen an, mit denen ein bestimmter Arbeitsplatz in direkter Materialflussverbindung steht. Bei niedrigem κ kommt das Linien-, bei hohem das Werkstattprinzip zur Anwendung (siehe Abbildung 27).¹⁶³

¹⁵⁹ Vgl. Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.498

¹⁶⁰ Vgl. Grundig (2013), S.80

¹⁶¹ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.21

¹⁶² Vgl. Aggteleky (1982), S.476

¹⁶³ ibidem

Zur Ermittlung des Kooperationsgrads sind folgende Größen notwendig:¹⁶⁴

- Anzahl der Maschinen des Fertigungsbereichs M
- Anzahl der Maschinen, mit denen Maschine i in Verbindung steht m_i

Der Kooperationsgrad κ kann laut Formel (4) berechnet werden.

$$\kappa = \frac{\sum_{i=1}^m m_i}{M} \quad (4)^{165}$$

Mit dem berechneten Kooperationsgrad κ kann anschließend mit Hilfe des Diagramms in Abbildung 27 das Fertigungsprinzip festgelegt werden.

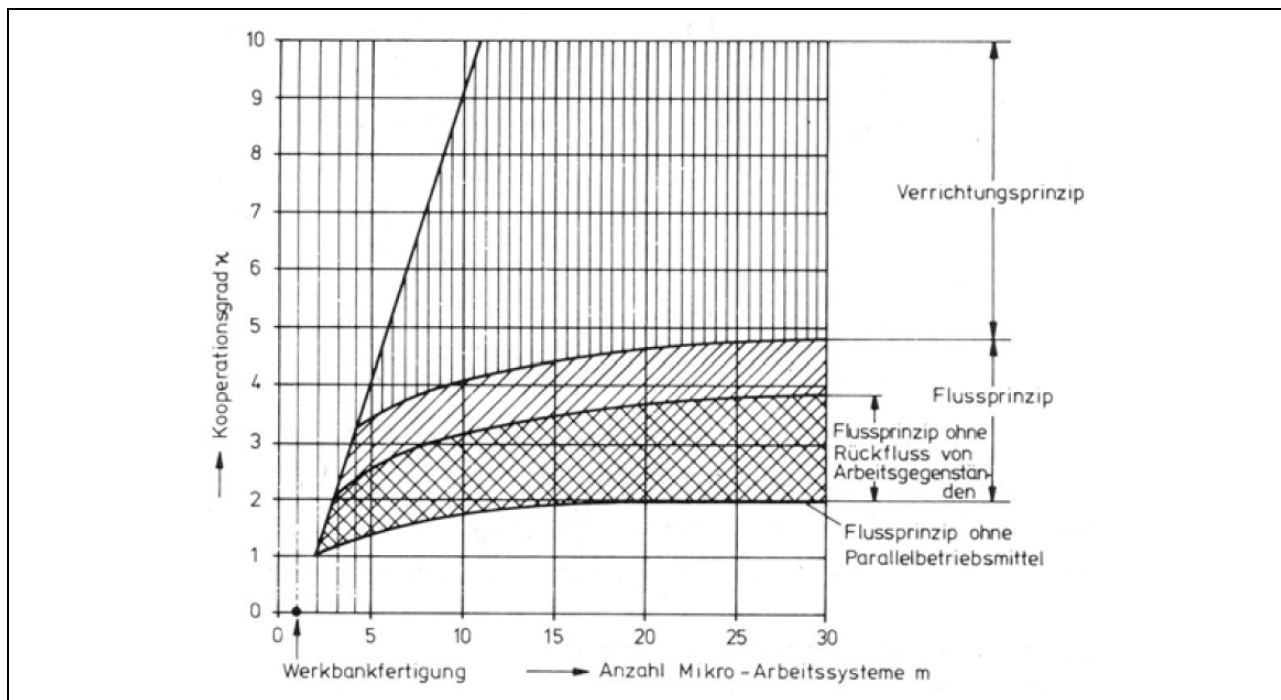


Abbildung 27: Diagramm Kooperationsgrad¹⁶⁶

Optimierung der Bereichsanordnung

Die Zuordnung der Betriebsmittel in einem fertigungs- bzw. funktionsgerechten Sinn hat sich in den letzten Jahrzehnten zum Kernstück der Layoutplanung entwickelt. Dabei ist festzuhalten, dass hier die „optimale“ Anordnung auf den innerbetrieblichen

¹⁶⁴ Vgl. Aggteleky (1982), S.474f.

¹⁶⁵ Aggteleky (1982), S.475

¹⁶⁶ ibidem

Materialflüssen zwischen den Fertigungsbereichen basiert. Das bedeutet, dass der Materialfluss das bestimmende Optimierungskriterium darstellt.¹⁶⁷

Abbildung 28 zeigt eine Übersicht der Verfahren zur optimalen Zuordnung von Betriebseinheiten. Darin sind auch einige Methoden als Beispiele für die jeweilige Verfahrensart angeführt.

Im weiteren Verlauf wird das modifizierte Dreieckverfahren nach Schmigalla genauer erörtert, da es im Rahmen dieser Arbeit zur Anwendung kam.

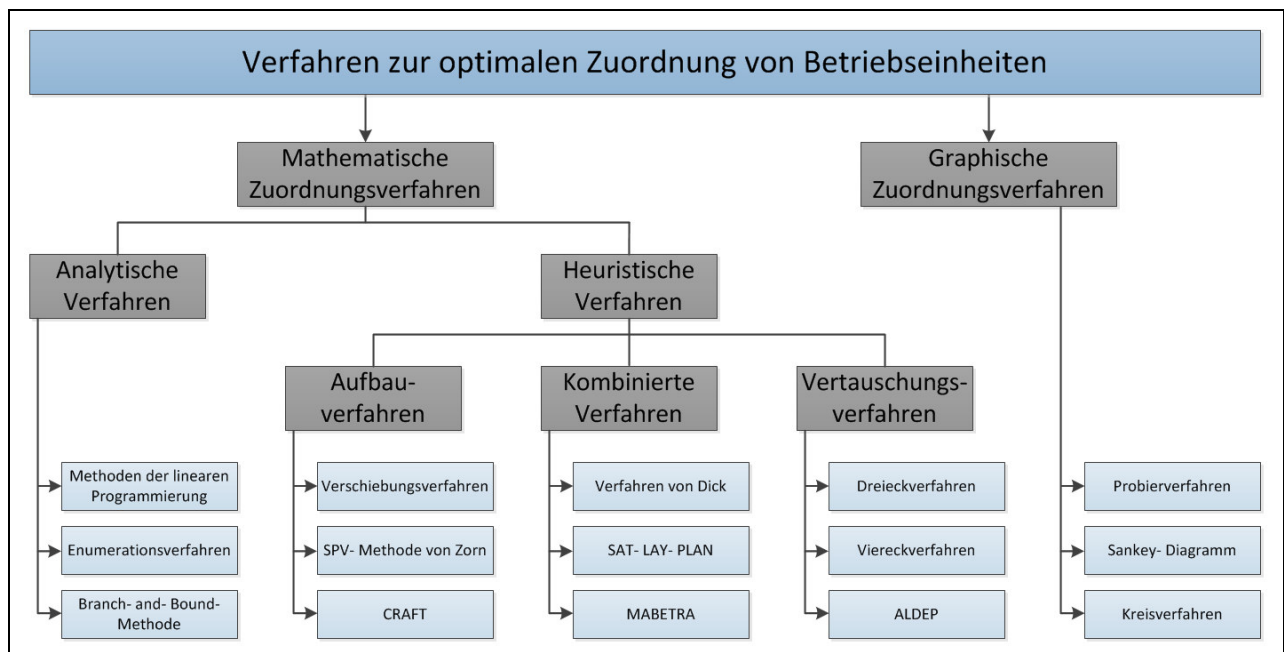


Abbildung 28: Verfahren zur optimalen Zuordnung von Betriebseinheiten¹⁶⁸

Modifiziertes Dreieckverfahren nach Schmigalla

Beim modifizierten Dreieckverfahren nach Schmigalla handelt es sich um ein serielles Verfahren, bei dem die Anordnungsreihenfolge und die eigentliche Anordnung getrennt voneinander erstellt werden. Die Reihenfolge basiert auf dem Förderaufkommen zwischen den Bereichen, wobei immer jene Organisationseinheit als nächstes angeordnet wird, die den intensivsten Materialfluss zum Anordnungskern aufweist.¹⁶⁹

Zur Bestimmung der Reihenfolge wird eine Rechentabelle verwendet. Ein Beispiel einer solchen Berechnungstabelle wird in Tabelle 2 dargestellt.

¹⁶⁷ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.227

¹⁶⁸ In Anlehnung an Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.228, eigene Darstellung

¹⁶⁹ Vgl. Dangelmaier (2013), S.417

Die Vorgehensweise gliedert sich in folgende Schritte:¹⁷⁰

- Basis für die Berechnungen ist die Transportmatrix. Sie enthält die Materialflussverknüpfungen zwischen den einzelnen Bereichen.
- Zum Start des Berechnungsalgorithmus werden jene Bereiche gewählt, zwischen denen der größte Materialfluss herrscht. Im Beispiel in Tabelle 2 sind das die Bereiche 2 und 5 (grüne Markierung).
- Alle Materialflüsse von und zu den beiden Bereichen werden in die Rechentabelle übertragen und im Anschluss addiert.
- Jener Bereich, der nun die höchste Summe an Materialflüssen aufweist, wird an die nächste Stelle gereiht. Im beschriebenen Beispiel handelt es sich dabei um Position 4.
- Diese Vorgehensweise wird so oft wiederholt, bis alle Bereiche erfasst sind. Dabei ist von besonderer Wichtigkeit, dass immer nur jene Materialflüsse übertragen werden, die noch nicht bei anderen Bereichen berücksichtigt wurden. Dadurch wird gewährleistet, dass jedes Förderaufkommen nur einmal in die Berechnung einfließt.

¹⁷⁰ Vgl. Schmigalla (1970), S.127ff.

Transportmatrix		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	57		0	0	0	0	0	0	0	0
	3	55	0		0	0	0	0	0	0	0
	4	290	0	0		0	0	0	0	0	0
	5	0	410	55	290		0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0		0	0	0	0
	7	60	62	0	0	177	0		0	0	0
	8	88	0	0	0	0	175	0		0	0
	9	0	55	0	0	0	55	0	0		0
10	0	0	0	0	0	2	88	175	263	0	

Rechentabelle	2	57		0	0		0	62	0	55	0
	5	0		55	290		0	177	0	0	2
	Σ	57		55	290		0	239	0	55	2
	4	290		0			0	0	0	0	0
	Σ	347		55			0	239	0	55	2
	1			55			0	60	88	0	0
	Σ			110			0	299	88	55	2
	7			0			0		0	0	175
	Σ			110			0	88	55	177	
	10			0			88		263	0	
	Σ			110			88		351	55	
	8			0			175			0	
	Σ			110			263			55	
	6			0						55	
	Σ			110						110	
3									0		
Σ									110		
9											

Tabelle 2: Rechentabelle für modifiziertes Dreieckverfahren nach Schmigalla (Beispiel)¹⁷¹

Tritt der Fall ein, dass mehrere Bereiche die gleiche Summe an Materialflüssen aufweisen (siehe rot markierte Felder in Tabelle 2), wird jener gewählt, der die meisten Beziehungen zu den noch übrigen Positionen aufweist. Ist die Zahl gleich, wird jene Organisationseinheit gewählt, die die meisten Verknüpfungen zu den bereits positionierten hat. Herrscht immer noch Gleichheit, kann ein beliebiger Bereich ausgewählt werden.¹⁷²

Im letzten Schritt werden die Bearbeitungsbereiche laut der Reihenfolge, die mittels Rechentabelle gewonnen wurde in einem Dreieck- bzw. Viereckraster angeordnet.¹⁷³ Abbildung 29 zeigt eine Strukturgrafik für das zuvor beschriebene Beispiel.

¹⁷¹ In Anlehnung an Schmigalla (1970), S.128, eigene Darstellung

¹⁷² Vgl. Dangelmaier (2013), S.418

¹⁷³ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.230

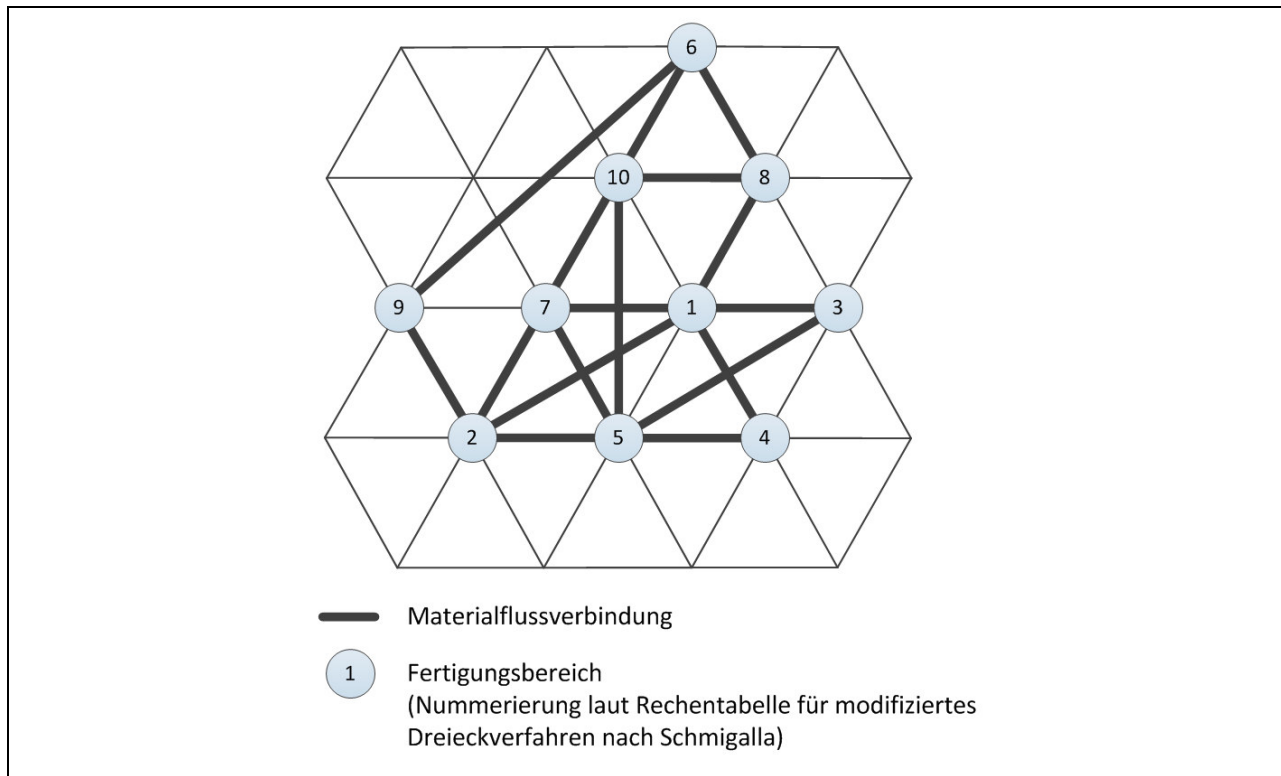


Abbildung 29: Strukturgrafik der optimierten Bereichsanordnung¹⁷⁴

3.3.2 Realplanung

Im Rahmen der Realplanung müssen die in der Idealplanung gewonnenen optimalen Vorstellungen an die realen Gegebenheiten und Restriktionen angepasst werden. Diese werden meist durch das vorhandene Grundstück oder Gebäude sowie den gesetzlichen Bestimmungen und den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln definiert.¹⁷⁵

Ermittlung des Flächenbedarfs

Bei der Ermittlung des Flächenbedarfs für die einzelnen Bearbeitungsbereiche gibt es verschiedene Herangehensweisen. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen:¹⁷⁶

- **Globaler Ermittlung der Flächenbedarfs** Anwendung von Richtwerten und Flächenkennzahlen
- **Detaillierter Erm. des Flächenbedarfs** Voraussetzung sind Kenntnisse des Ausrüstungsbestands

¹⁷⁴ In Anlehnung an Schmigalla (1970), S.129, eigene Darstellung

¹⁷⁵ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.22

¹⁷⁶ Vgl. Grundig (2013), S.102

Im Zuge der detaillierten Ermittlung des Flächenbedarfs können unter anderem folgende Methoden zum Einsatz kommen:¹⁷⁷

Flächenbedarfsermittlung mittels Flächenfaktoren:

Ableitung des Bedarfs erfolgt auf Basis der Maschinengrundfläche. Dazu wird diese mit einem Flächenfaktor multipliziert. Die Methode erzielt relativ genaue Ergebnisse, es ist jedoch die Kenntnis aller Maschinengrundflächen notwendig.

Flächenbedarfsermittlung mittels Ersatzflächen:

Ausgangsbasis ist wiederum die Maschinengrundfläche. Es werden an allen Objektseiten Flächenstreifen zugefügt, die diverse Arbeitsplatzflächen darstellen.

Flächenbedarfsermittlung mittels Zuschlagsfaktoren:

Der Arbeitsplatzflächenbedarf wird aus der Grundfläche der benötigten Ausrüstung ermittelt. Des Weiteren werden zusätzliche Flächen hinzugefügt, welche durch Zuschlagsfaktoren definiert sind.

Durch die Faktoren wird Platz für Transport, Bedienung, Wartung und Bereitstellung berücksichtigt. Sie können aus Tabellen entnommen werden und kalkulieren ebenfalls den Einfluss von Fertigungsform und Fertigungsart ein.

Methode der funktionalen Flächenermittlung für mechanische Werkstätten nach Nestler:

Grundlage für dieses Verfahren sind detaillierte statistische Erhebungen in Werkstätten der Maschinenbaubranche. Es erfolgt eine Gliederung der Werkstattfläche in mehrere Teilflächen. Der Flächenbedarf wird auf Basis der Ausrüstungsfläche berechnet. Des Weiteren werden prozentuelle Zuschläge für Zusatzflächen einkalkuliert.

Groblayoutplanung

Nach der Ermittlung des Flächenbedarfs kann ein flächenmaßstäbliches Blocklayout erstellt werden, in welches im weiteren Verlauf die vorherrschenden Randbedingungen und Einschränkungen eingearbeitet werden.¹⁷⁸

Dazu müssen folgende Themen berücksichtigt werden:¹⁷⁹

- Grundstücksform
- Verkehrsanbindung

¹⁷⁷ Vgl. Grundig (2013). S.102ff.

¹⁷⁸ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.23

¹⁷⁹ ibidem

- Bebauungs- und Erweiterungsmöglichkeiten
- Lage und Form der Gebäude
- Haupttransportachsen
- Ver- und Entsorgung
- Bundesbaugesetz
- Immissionsschutzgesetz

Die Groblayoutvarianten stellen eine Konkretisierung des Generalbebauungsplans dar und müssen beispielsweise folgende Informationen enthalten:¹⁸⁰

- Position und Abmessungen der Fertigungsbereiche
- Lage der Haupttransportwege, Türen und Tore
- Lage der Hauptver- und Entsorgungsleitungen
- Hauptmaße der benötigten Halle

Als Ergebnis der Planungen sollten mehrere Groblayout- Lösungsvarianten vorliegen. Die Bildung mehrerer Konzeptalternativen ermöglicht die Ermittlung der am besten geeigneten Lösung. Dabei ist zu beachten, dass möglichst unterschiedliche Varianten gefunden werden, die im weiteren Projektverlauf wie in Kapitel 3.3.3 beschrieben einer Bewertung unterzogen werden.¹⁸¹

3.3.3 Bewertung der Layoutvarianten

Bei der Erarbeitung des Reallayouts ergeben sich meistens mehrere Lösungsvarianten. Die Bildung dieser beruht auf der hohen Anzahl an Einflussfaktoren, die bei der Planung in Betracht gezogen werden müssen. Außerdem erfolgt eine automatische Gewichtung der Faktoren durch den Planer, was neben der Schwierigkeit der Abschätzung der Zukunftsentwicklung zu zusätzlichen Alternativen führt. Dieser Prozess ist in einem gewissen Umfang sehr wünschenswert, es müssen jedoch Methoden zur Bewertung der Varianten sowie zur anschließenden Entscheidungsfindung herangezogen werden.¹⁸²

¹⁸⁰ vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.25

¹⁸¹ Vgl. Aggteleky (1982), S.581f.

¹⁸² Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.242

Dazu steht eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung. Sie unterscheiden sich bezüglich Datenbasis, Aussagekraft, Vorgehensweise und Zielsetzung.¹⁸³ Einige davon werden im Folgenden beschrieben. Da im Rahmen dieser Arbeit die Nutzwertanalyse zur Anwendung kommt, wird diese genauer beleuchtet.

3.3.3.1 Argumenten - Bilanz

Hierbei handelt es sich um ein sehr einfaches Verfahren zur Auflistung von Vor- und Nachteilen der jeweiligen Varianten. Ergebnis ist eine Pro und Contra Liste, die auch als Argumenten - Bilanz bezeichnet wird.¹⁸⁴

Vorteile der Argumenten - Bilanz:¹⁸⁵

- Strukturierung der Argumente
- Einfach in der Anwendung
- Bei einfachen Entscheidungen oft ausreichend

Nachteil der Argumenten - Bilanz:¹⁸⁶

- Keine Gewichtung der Kriterien
- Argumente oft bei unterschiedlichen Varianten nicht vergleichbar
- Argumente oft nicht auf alle Alternativen anwendbar, daher unvollständig

Die Argumenten - Bilanz ist in den meisten Fällen als Grundlage für eine Entscheidungsfindung nicht ausreichend. Sie kann jedoch als Basis für andere Bewertungsmethoden durchgeführt werden z.B. zur Ermittlung von Bewertungskriterien bei der Nutzwertanalyse.¹⁸⁷

¹⁸³ Vgl. Grundig (2013), S.267

¹⁸⁴ Vgl. Büchel, et al. (1994), S.196

¹⁸⁵ ibidem

¹⁸⁶ ibidem

¹⁸⁷ ibidem

3.3.3.2 Kapital- und Kostenrechnung

Diese Methode wird hauptsächlich bei Standort - Entscheidungen herangezogen, sie kann jedoch genauso für die Bewertung unterschiedlicher Varianten am selben Standort angewendet werden. Ziel ist die Wahl jener Option, bei der der Kapitaleinsatz eine möglichst hohe Verzinsung erzielt. Dazu muss die Eigenkapitalrentabilität aller zur Wahl stehenden Lösungen ermittelt werden. Eine Entscheidung kann auf Basis der Größen Betriebskosten, standortabhängig einzusetzendes Kapital und Umsatz getroffen werden.¹⁸⁸

Vorteil der Kapital- und Kostenrechnung:¹⁸⁹

- Betriebswirtschaftlich äußerst aussagekräftige Methode zur Bewertung der Varianten

Nachteile der Kapital- und Kostenrechnung:¹⁹⁰

- Reine Bewertung der monetären Aufwendungen
- Relativ genaue Daten bezüglich Kosten im Vorfeld notwendig¹⁹¹

3.3.3.3 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse stellt eine Methode dar, bei der unterschiedliche Problemlösungen bezüglich diverser festgelegter Kriterien bewertet werden.¹⁹² Im Detail wurde sie von Zangemeister wie folgt definiert:

„Nutzwertanalyse ist die Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen“¹⁹³

¹⁸⁸ Vgl. Grundig (2013), S.268

¹⁸⁹ ibidem

¹⁹⁰ ibidem

¹⁹¹ ibidem

¹⁹² Vgl. Bechmann (1978), S.20

¹⁹³ Zangemeister (1973), S.45

Die Nutzwertanalyse bietet sich aufgrund der Transparenz des Ablaufs sowie der methodischen Vorgehensweise als sehr geeignetes Verfahren zur Bewertung von unterschiedlichen Lösungsvarianten an.¹⁹⁴

Vorgehensweise

Abbildung 30 zeigt die fünf Hauptschritte bei der Durchführung einer Nutzwertanalyse. Diese werden im Folgenden genauer erörtert.

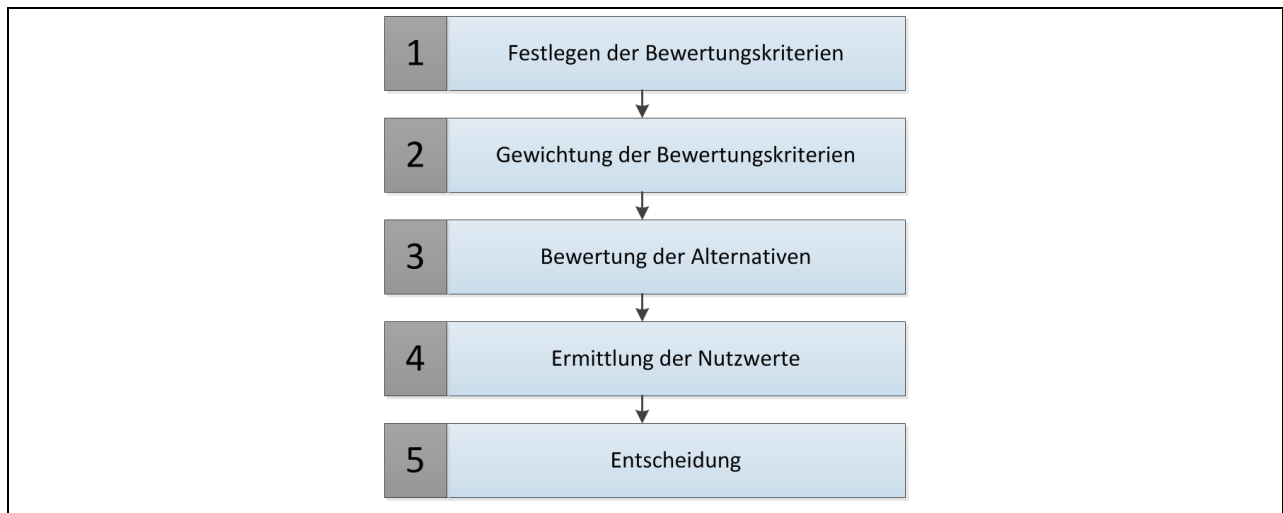


Abbildung 30: Vorgehensweise Nutzwertanalyse¹⁹⁵

1. Festlegen der Bewertungskriterien:

Den Ausgangspunkt bildet die Auswahl der Kriterien durch das Projektteam. Sie sollten eine umfassende Bewertung der zur Auswahl stehenden Alternativlösungen gewährleisten.¹⁹⁶ Man unterscheidet bei den Bewertungskriterien zwischen „harten“ und „weichen“.¹⁹⁷

- **„harte“ Kriterien** objektiv, messbar z.B. Transportleistungszahl
- **„weiche“ Kriterien** subjektiv, nicht messbar z.B. Kundenzufriedenheit

Bei der Auswahl der Aspekte sollten folgende Punkte beachtet werden:¹⁹⁸

- Kriterien sollen unabhängig voneinander sein

¹⁹⁴ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.243

¹⁹⁵ Vgl. Grundig (2013), S.203f., eigene Darstellung

¹⁹⁶ Vgl. Grundig (2013), S.203

¹⁹⁷ Vgl. Drews/Hillebrand (2010), S.121

¹⁹⁸ Vgl. Grundig (2013), S.203

- Zusammenfassen von Kriterien zu thematisch ähnlichen Bereichen
- Begrenzte Anzahl von Kriterien

Die Bewertungskriterien lassen sich in technischer, sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht unterteilen. Eine Übersicht zeigt Abbildung 31.

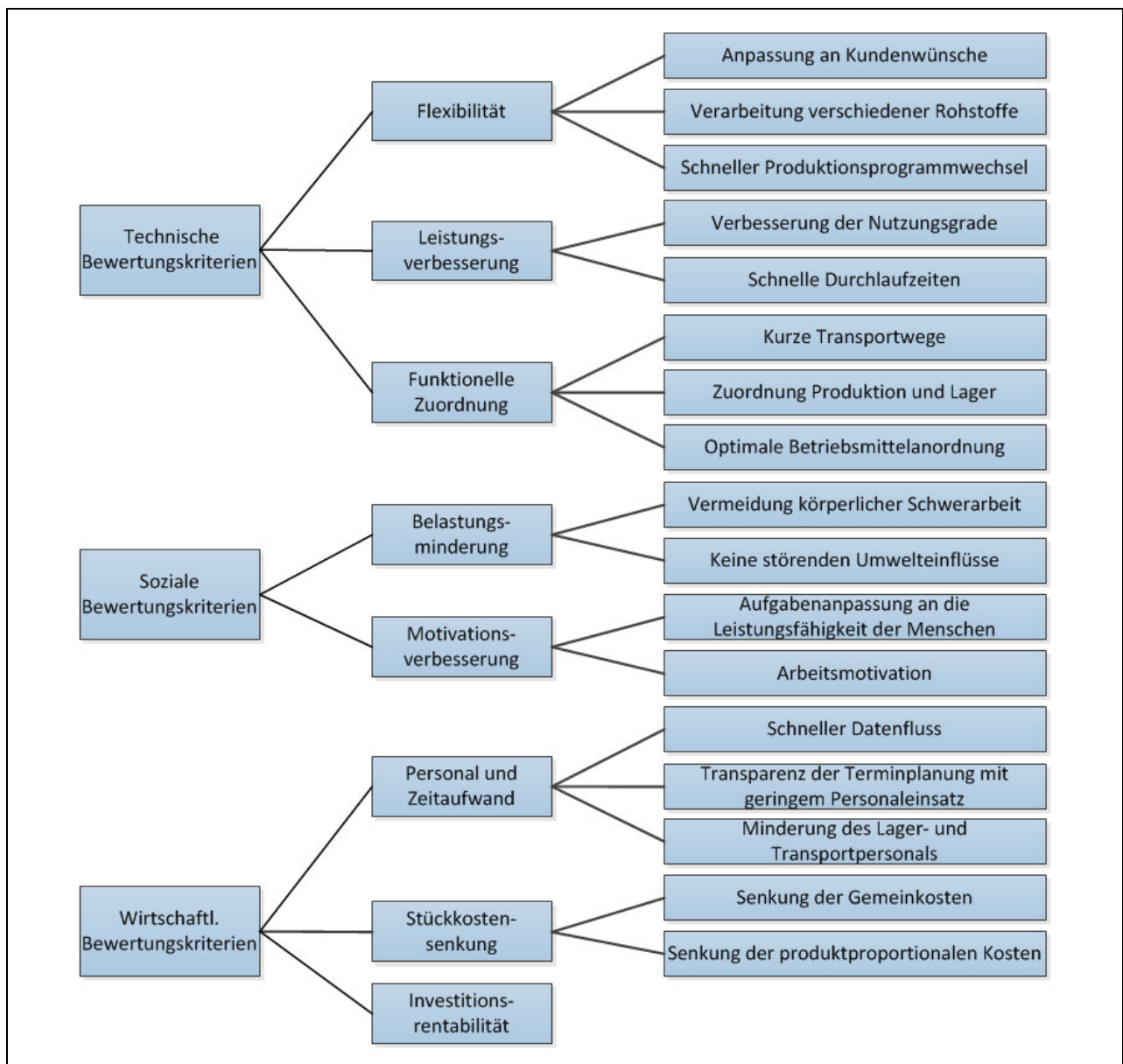


Abbildung 31: Übersicht möglicher Bewertungskriterien¹⁹⁹

¹⁹⁹ Pawellek (2008), S.49, eigene Darstellung

2. Gewichtung der Bewertungskriterien

Da nicht alle Attribute dieselbe Wichtigkeit haben, erfolgt im zweiten Schritt eine Gewichtung der ausgewählten Bewertungskriterien gegeneinander. Dies erfolgt durch Zuordnung eines Wertes.²⁰⁰ Dabei kann es sich um einen Faktor oder einen Prozentsatz handeln.²⁰¹

Zur Ermittlung der Gewichtung hat sich die Methode des paarweisen Vergleichs am einfachsten erwiesen. Dazu werden alle Kriterien in eine Matrix eingetragen. Dadurch können diese gegenübergestellt werden. Es werden jeweils zwei Kriterien betrachtet und entschieden, welches der beiden wichtiger ist. Die Nummer des wichtigeren Kriteriums wird dann in die Matrix eingetragen. Abbildung 32 zeigt eine solche Tabelle mit bereits erfolgter gegenseitiger Bewertung der Kriterien.²⁰²

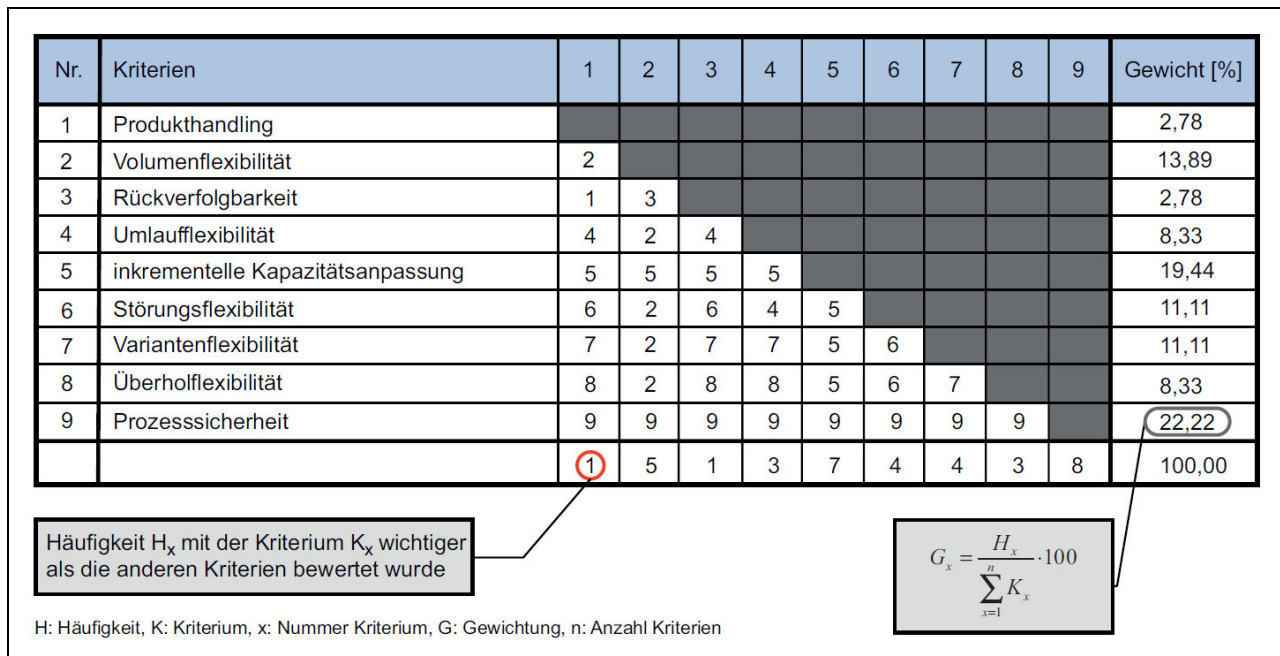


Abbildung 32: Matrix zur Gewichtung der Bewertungskriterien²⁰³

Wie in Abbildung 32 zu sehen ist, wird in der letzten Zeile der Matrix angegeben, wie oft das jeweilige Kriterium eine höhere Wichtigkeit als die anderen aufweist. Durch Normierung können im Anschluss die prozentuellen Gewichtungen berechnet werden.²⁰⁴

²⁰⁰ Vgl. Bechmann (1978), S.26f.

²⁰¹ Vgl. Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.504

²⁰² ibidem

²⁰³ Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.504

²⁰⁴ Vgl. Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.504

3. Bewertung der Alternativen

Um eine möglichst objektive Bewertung vornehmen zu können, ist es notwendig gewisse Maßstäbe zum Messen, wie z.B. eine Bewertungsskala, Zielwertfunktion oder mathematische Formeln anzuwenden.²⁰⁵ Dies geschieht durch die Erstellung einer Zielwertmatrix. In dieser werden die maximal erreichbaren Werte des jeweiligen Kriteriums angegeben. Im Anschluss wird daraus eine lineare Zielwertfunktion erstellt, die als Bewertungsgrundlage dient.²⁰⁶

Im Rahmen der Bewertung werden dann Punkte (z.B. 1-5 oder 1-10)²⁰⁷ oder Schulnoten (z.B. ungenügend - sehr gut)²⁰⁸ an die jeweiligen Alternativen vergeben.²⁰⁹ Bei Anwendung eines Punktesystems gilt grundsätzlich immer: je geringer die Anzahl der Punkte, desto schlechter.²¹⁰

4. Ermittlung der Nutzwerte

Die in Schritt 3 ermittelten Bewertungen müssen anschließend ausgewertet werden. Dazu werden für jede Alternative die Teilnutzwerte ermittelt. Dies geschieht durch Multiplikation der Bewertung mit der Gewichtung des jeweiligen Kriteriums. Der Gesamtnutzwert ergibt sich aus der Summe der Teilnutzwerte der einzelnen Alternativen. Dieser Wert ist ein Indikator für die Erreichung der vorgegebenen Ziele der unterschiedlichen Lösungsvarianten.²¹¹

Abbildung 33 zeigt die Anwendung der Nutzwertanalyse zur Bewertung von vier unterschiedlichen Konzepten.

²⁰⁵ Vgl. Drews/Hillebrand (2010), S.124

²⁰⁶ Vgl. Bechmann (1978), S.29

²⁰⁷ Vgl. Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.504

²⁰⁸ Vgl. Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.505

²⁰⁹ Vgl. Drews/Hillebrand (2010), S.127

²¹⁰ Vgl. Grundig (2013), S.203

²¹¹ Vgl. Grundig (2013), S.203f.

Nr.	Kriterien	Kriterien-Gewichtung [%]	Konzept 1		Konzept 2		Konzept 3		Konzept 4	
			Bewertung	gewichtete Bewertung [%]	Bewertung	gewichtete Bewertung [%]	Bewertung	gewichtete Bewertung [%]	Bewertung	gewichtete Bewertung [%]
1	Produkthandling	2,78	1	0,56	1	0,56	5	2,78	5	2,78
2	Volumenflexibilität	13,89	4	11,11	4	11,11	3	8,33	4	11,11
3	Rückverfolgbarkeit	2,78	4	2,22	4	2,22	4	2,22	4	2,22
4	Umlaufflexibilität	8,33	4	6,67	2	3,33	4	6,67	3	5,00
5	inkrementelle Kapazitätsanpassung	19,44	4	15,56	2	7,78	4	15,56	3	11,67
6	Störungsflexibilität	11,11	3	6,67	3	6,67	4	8,89	5	8,89
7	Variantenflexibilität	11,11	2	11,11	2	11,11	3	6,67	4	6,67
8	Überhofflexibilität	8,33	1	8,33	1	8,33	5	8,33	5	8,33
9	Prozesssicherheit	22,22	1	22,22	1	22,22	5	22,22	5	22,22
	Gesamtwert	100,00		53,33		42,22		81,67		83,33

Bewertungsskala von 1 = ungenügend bis 5 = sehr gut
 Gewichtete Bewertung [%] = Kriteriengewichtung x Bewertung / Bewertungsmaximalwert

Abbildung 33: Bewertung mittels Nutzwertanalyse²¹²

5. Entscheidung

Nach Durchführung der vorangegangenen vier Punkte liegt am Ende ein Ergebnis in Form von unterschiedlichen Nutzwerten vor. Die graphische Darstellung der Nutzwerte in Diagrammen ermöglicht eine übersichtliche Gegenüberstellung der einzelnen Lösungsalternativen.²¹³

Abbildung 34 zeigt die Gegenüberstellung der Teilnutzwerte zweier Lösungsvarianten mit Hilfe eines Balkendiagramms.

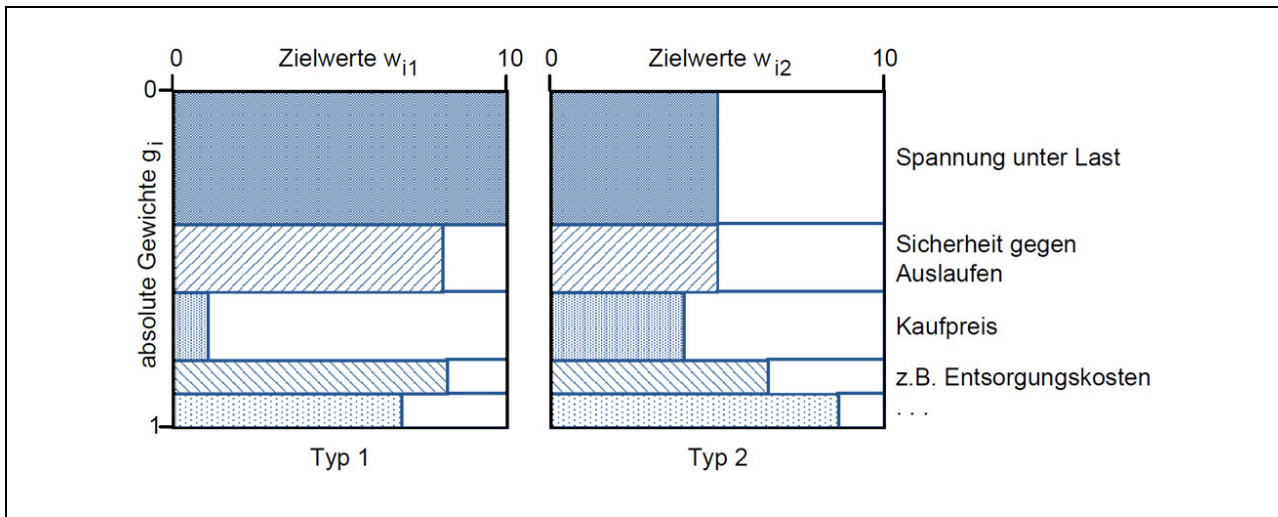


Abbildung 34: Graphische Darstellung der Ergebnisse mittels Balkendiagramm²¹⁴

²¹² Wiendahl/Nyhuis/Reichardt (2014), S.505

²¹³ Vgl. Ehrlenspiel/Meerkamm (2013), S.540

²¹⁴ Ehrlenspiel/Meerkamm (2013), S.542

Eine andere Möglichkeit ist die Darstellung mittels Kennzahlenprofil. Die unterschiedlichen Alternativen werden im Raum zwischen Ist- und Soll- Stand abgebildet.²¹⁵ Abbildung 35 zeigt solch ein Kennzahlenprofil.

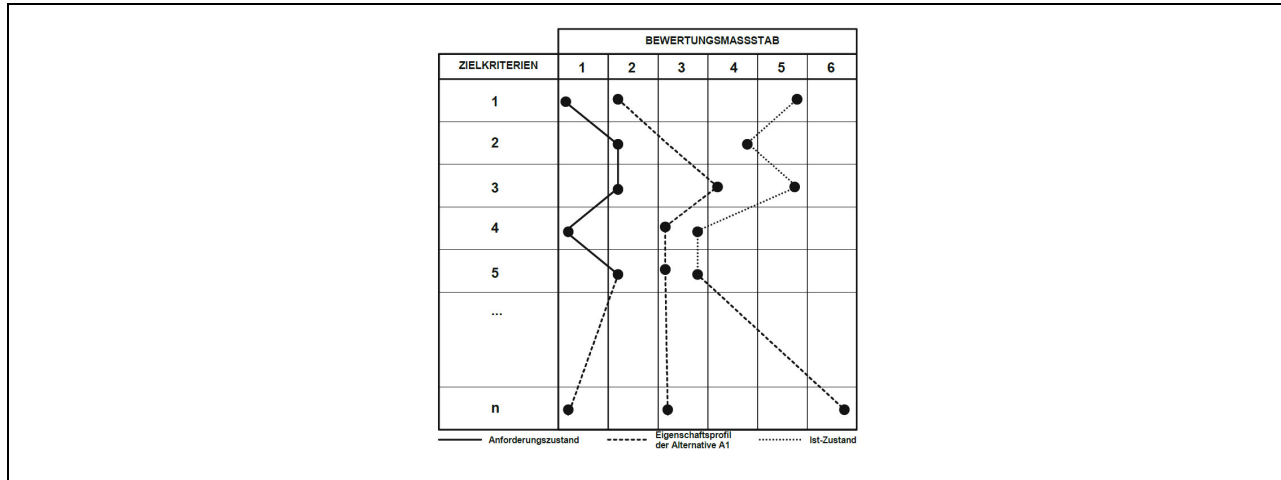


Abbildung 35: Graphische Darstellung der Ergebnisse mittels Kennzahlenprofil²¹⁶

Formal stellt die Alternative mit dem höchsten Nutzwert die beste Lösung dar. Es ist jedoch auf die subjektiven Einflussgrößen, wie z.B. die Festlegung der Bewertungskriterien oder die Gewichtung der Kriterien hinzuweisen. Besonders bei geringen Unterschieden der Nutzwerte ist eine zusätzliche Analyse der Alternativen sinnvoll.²¹⁷ In speziellen Fällen bietet sich außerdem die Überprüfung der Ergebnisse mittels Sensibilitäts- und Plausibilitätsanalyse an.²¹⁸ Bei der Sensibilitätsanalyse werden unterschiedliche Einflussfaktoren separat variiert, damit der jeweilige Einfluss auf das Gesamtergebnis ermittelt werden kann. Dadurch können die Größen mit großem Einfluss und jene mit kleinerem festgestellt werden.²¹⁹ Unter Plausibilitätsanalyse versteht man das kritische Hinterfragen von erhaltenen Ergebnissen. Dabei werden die Resultate mit vorher getroffenen Hypothesen verglichen und die jeweiligen Abweichungen ergründet.²²⁰

²¹⁵ Vgl. Pawellek (2008), S.50

²¹⁶ Pawellek (2008), S.50

²¹⁷ Grundig (2013), S.204

²¹⁸ Vgl. Lindemann (2009), S.286

²¹⁹ Vgl. Reuter (1970), S.164

²²⁰ Vgl. Lindemann (2009), S.168

Vorteile der Nutzwertanalyse:

- Methode transparent und einfach²²¹
- Bewertung mehrerer komplexer und mehrdimensionaler Lösungsvarianten möglich²²²
- Bewertung durch eine oder mehrere Personen möglich²²³
- Gut geeignet für computerbasierte Auswertung²²⁴

Nachteile der Nutzwertanalyse:

- Subjektiver Einfluss²²⁵
- Teilweise wird hohe Genauigkeit aufgrund hinterlegter Funktionen suggeriert, die jedoch trotzdem auf subjektiven Annahmen beruhen. (z.B. Wahl der Bewertungskriterien)²²⁶

3.3.3.4 Kosten- Wirksamkeits- Analyse

Der Unterschied zur Nutzwertanalyse liegt darin, dass die Kriterien für Kosten separat betrachtet werden. Es erfolgt einerseits eine Bewertung der unterschiedlichen Varianten nach festgelegten und gewichteten Kriterien, andererseits werden getrennt davon die Kostenkriterien bewertet. Man erhält somit einen Nutzwert, auch Wirksamkeitskennzahl genannt, und die Gesamtkosten der jeweiligen Variante. Das Verhältnis von Gesamtkosten zu Wirksamkeitskennzahl wird als Kosten- Wirksamkeits- Index (K/W- Index) bezeichnet und ist ein Kennwert, der angibt, wie hoch die Kosten für einen Punkt auf der Wirksamkeitsskala sind. Die Regel für die Entscheidungsfindung besagt, dass die Lösungsvariante mit dem geringsten Wert zu favorisieren ist.²²⁷

Vorteile der Kosten- Wirksamkeits- Analyse:²²⁸

- Aufspaltung von Nutzwert und Kosten
- Gut geeignet für Situationen mit großem Fokus auf Kosten

²²¹ Vgl. Drews/Hillebrand (2010), S.120

²²² ibidem

²²³ ibidem

²²⁴ Vgl. Ehrlenspiel/Meerkamm (2013), S.540

²²⁵ ibidem

²²⁶ Vgl. Drews/Hillebrand (2010), S.120

²²⁷ Vgl. Büchel, et al. (1994), S.200

²²⁸ ibidem

Nachteil der Kosten- Wirksamkeits- Analyse:²²⁹

- Probleme bei Differenzierung; hohe Kosten in Kombination mit hohem Nutzwert ergeben gleichen K/W- Index wie geringe Kosten in Kombination mit geringem Nutzwert

Der K/W- Index kann auch graphisch dargestellt werden. Abbildung 36 zeigt unterschiedliche Lösungen im Kosten- Wirksamkeits- Diagramm. Eingezeichnet sind zusätzlich die drei Bereiche, die Auskunft über die Bewertung der jeweiligen Variante geben.²³⁰

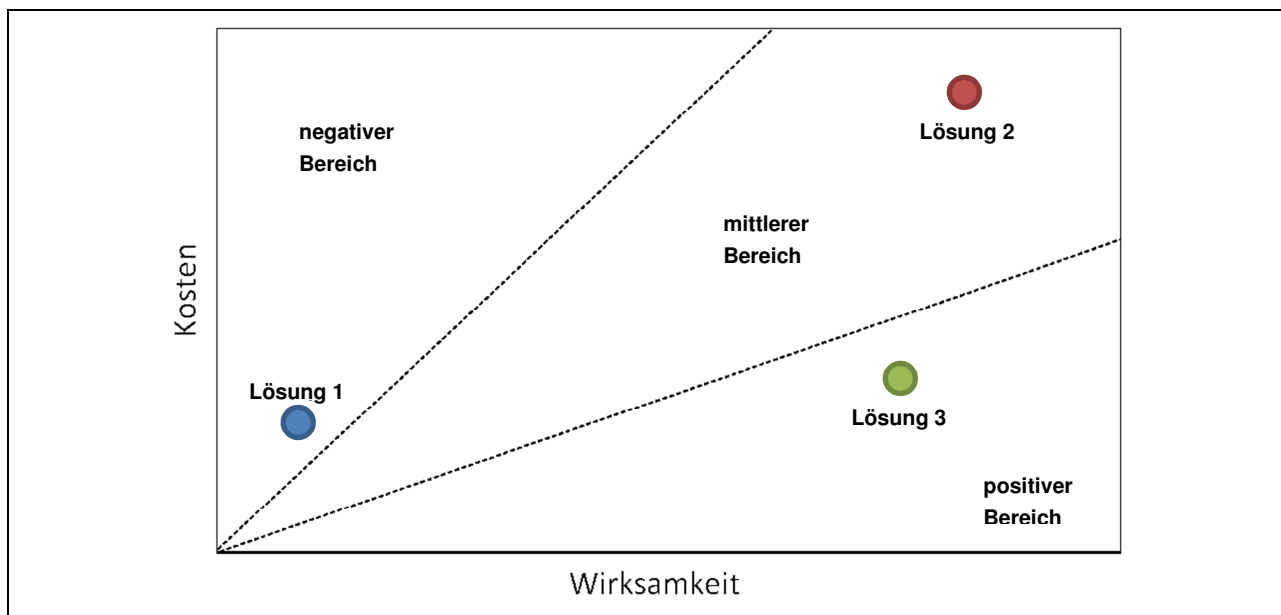


Abbildung 36: Graphische Darstellung des Kosten- Wirksamkeits- Index (K/W- Index)²³¹

3.4 Feinplanungsphase

Die Feinplanung umfasst die Ergänzung und Detaillierung der bisher getätigten Planungen. Am Ende der Grobplanung wurde mittels der Methoden zur Bewertung von Layoutvarianten eine favorisierte Lösung gewählt. Diese wird im Rahmen der Feinplanung weiterentwickelt. Die verwendeten Hilfsmittel und Methoden entsprechen denen, die schon in der Grobplanungsphase zum Einsatz gekommen sind. Aufgrund des steigenden Detaillierungsgrads und somit auch umfangreicheren Arbeitsaufwands

²²⁹ Vgl. Büchel, et al. (1994), S.200

²³⁰ ibidem

²³¹ In Anlehnung an Büchel, et al. (1994), S.202, eigene Darstellung

ist eine Unterteilung der Planungsarbeiten in mehrere Bereiche sinnvoll.²³² Dazu bietet sich eine Separation in die wichtigsten Betriebsfunktionen an:²³³

- Produktionsbereiche
- Lager und Transport
- Arbeitsplatzgestaltung
- Energieversorgung
- Verwaltungsbereiche
- Sozialbereiche
- Hilfs- und Nebenbereiche

Abbildung 37 zeigt den Ablauf der Feinplanungsphase und Fragen, die von den Planern gestellt werden sollen.

	Planungsschritt	Frage
1	Betriebsmittelauswahl	Welche Maschinen sind erforderlich?
2	Analyse des Materialflusses	Welche Materialien (Art, Menge) müssen transportiert werden?
3	Optimierung Maschinenanordnung	Wie werden Maschinen einander optimal zugeordnet?
4	Flächenberechnung	Wie groß sind die benötigten Flächen der Bereiche und Arbeitsplätze?
5	Maschinenaufstellung	Wie müssen die Maschinen aufgestellt werden?
6	Ver- und Entsorgung	Welche Anforderungen stellen Ver- und Entsorgung?
7	Gestaltung des Arbeitsplatzes	Was muss berücksichtigt werden?
8	Fein- Layout der Betriebsbereiche	Wie sehen Bereiche unter Berücksichtigung aller realen Gegebenheiten aus?

Abbildung 37: Planungsschritte Feinplanung²³⁴

Ergebnis der Feinplanung ist ein Fein- Layout. Es stellt eine detailgetreue Abbildung der einzelnen Betriebsbereiche dar. Folgende Informationen sind unter anderem enthalten:²³⁵

²³² Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.26f.

²³³ ibidem

²³⁴ In Anlehnung an Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.27, eigene Darstellung

²³⁵ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.27

- Gebäudegrundrisse mit Hauptabmessungen
- Anordnung aller Türen, Fenster, Tore, Wege, usw.
- Abmessungen und Lage aller Arbeitsbereiche und- plätze sowie aller Maschinen und Anlagen

Zusätzlich sollten folgende Punkte am Ende der Feinplanungsphase vorliegen:

- Konkretisierte Projektstruktur²³⁶
- Genaue Ablauforganisation²³⁷
- Realisierungsreife Dokumentation aller Systemelemente²³⁸
- Umsetzungsreife Lösung → Ausführungsprojekt²³⁹

3.5 Ausführungsplanungsphase

Am Ende der Feinplanung steht die Freigabe der Resultate für weitere Planungen durch die Verantwortlichen der Unternehmung. Daran reiht sich die Ausführungsplanung. Aufgabe ist die Detaillierung der gewählten Lösungen auf Gewerkeebene. Außerdem beinhaltet sie die Ausschreibung der notwendigen Anlagenkomponenten sowie die Überwachung der Realisierung bis hin zur Inbetriebnahme.²⁴⁰ Die Ausführungsplanung lässt sich in drei Planungsschritte unterteilen, welche in Abbildung 38 dargestellt sind.

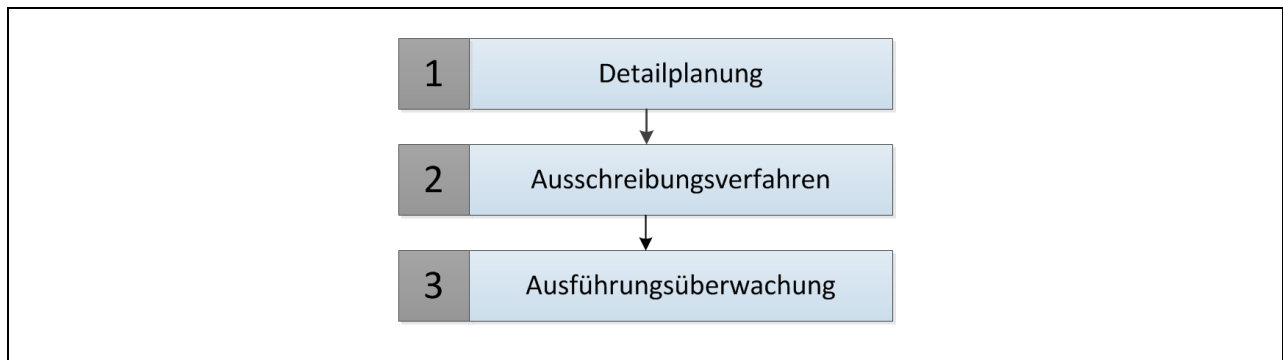


Abbildung 38: Planungsschritte Ausführungsplanung²⁴¹

²³⁶ Vgl. Schenk/Müller/Wirth (2014), S.158

²³⁷ ibidem

²³⁸ ibidem

²³⁹ Vgl. Grundig (2013), S.208

²⁴⁰ Vgl. Pawellek (2008), S.261

²⁴¹ In Anlehnung an Pawellek (2008), S.261, eigene Darstellung

Wichtige Arbeitsinhalte der Ausführungsplanung sind unter anderem:²⁴²

- Festlegen des Projektmanagementteams
- Bearbeitung von Genehmigungsanträgen
- Erstellung von Bedarfslisten hinsichtlich Ausrüstung und Gewerke
- Bearbeitung von Ausschreibungen
- Vergabe von Aufträgen an externe Lieferanten
- Planung der Einrichtung und Montage
- Planung des Umzugs
- Planung des Produktionsanlaufs
- Planung des notwendigen Personals

3.6 Ausführungsphase

Im eigentlichen Sinne handelt es sich bei der Ausführung nicht mehr um eine Planungsphase. Viel mehr beschäftigt sie sich mit der Koordinierung, Überwachung und Prüfung.²⁴³ Die in der Ausführungsplanung festgelegten Arbeiten werden von den beauftragten Unternehmungen durchgeführt. Der Projektleiter muss die Tätigkeiten leiten. Ebenso fällt die Termin- und Kostenkontrolle in dessen Aufgabengebiet.²⁴⁴

Die Ausführung, oder auch Projektrealisierung²⁴⁵ kann in vier grundlegende Schritte unterteilt werden (siehe Abbildung 39).

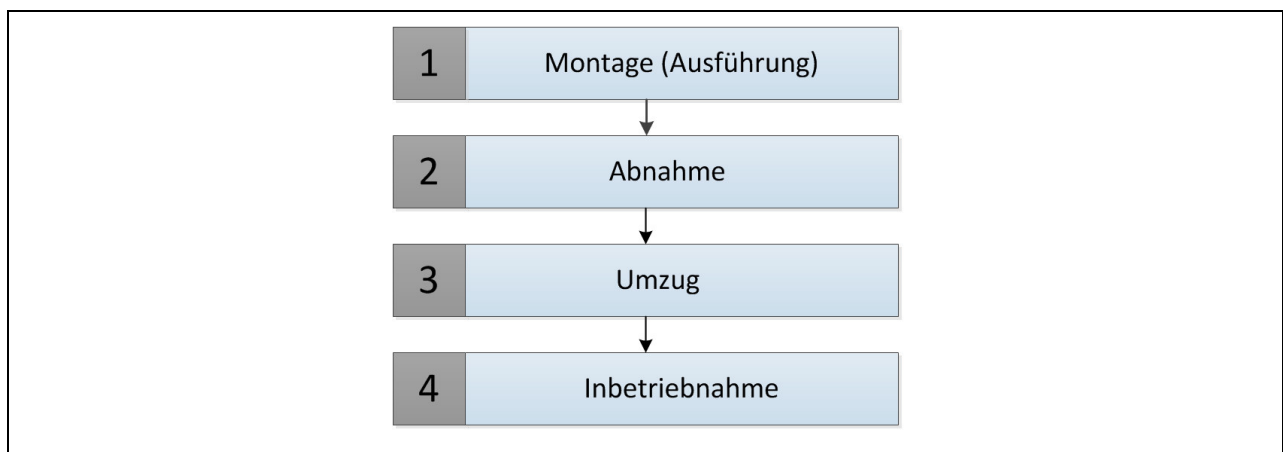


Abbildung 39: Ablauf der Ausführung/Realisierung²⁴⁶

²⁴² Vgl. Grundig (2013), S.218

²⁴³ Vgl. Martin (2011), S.448

²⁴⁴ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.30

²⁴⁵ ibidem

²⁴⁶ In Anlehnung an Martin (2011), S.448, eigene Darstellung

Wichtige Arbeitsinhalte der Projektrealisierung sind unter anderem:²⁴⁷

- Kontaktpflege mit Herstellerfirmen
- Bearbeitung von Genehmigungen
- Qualitätsüberwachung bei getätigten Arbeiten
- Überwachung von Termineinhaltung
- Planung und Durchführung von umfangreichen Testprogrammen, Leistungskontrollen und Probeläufen im Rahmen der Anlagenabnahme
- Abwicklung der Abnahme durch Behörden
- Umzugsabwicklung
- Schulung von Personal
- Inbetriebnahme
- Definition von Wartungsarbeiten

Die Übernahme der Anlage stellt den Projektabschluss dar. Das Projektteam muss in diesem Zusammenhang folgende Tätigkeiten durchführen:²⁴⁸

- Erstellung einer vollständigen Projektdokumentation
- Erstellung einer Schlussabrechnung
- Übergabe aller Zeichnungen und sonstigen projektrelevanten Unterlagen

²⁴⁷ Vgl. Martin (2011), S.448

²⁴⁸ Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.30

4 Praxisbetrachtung

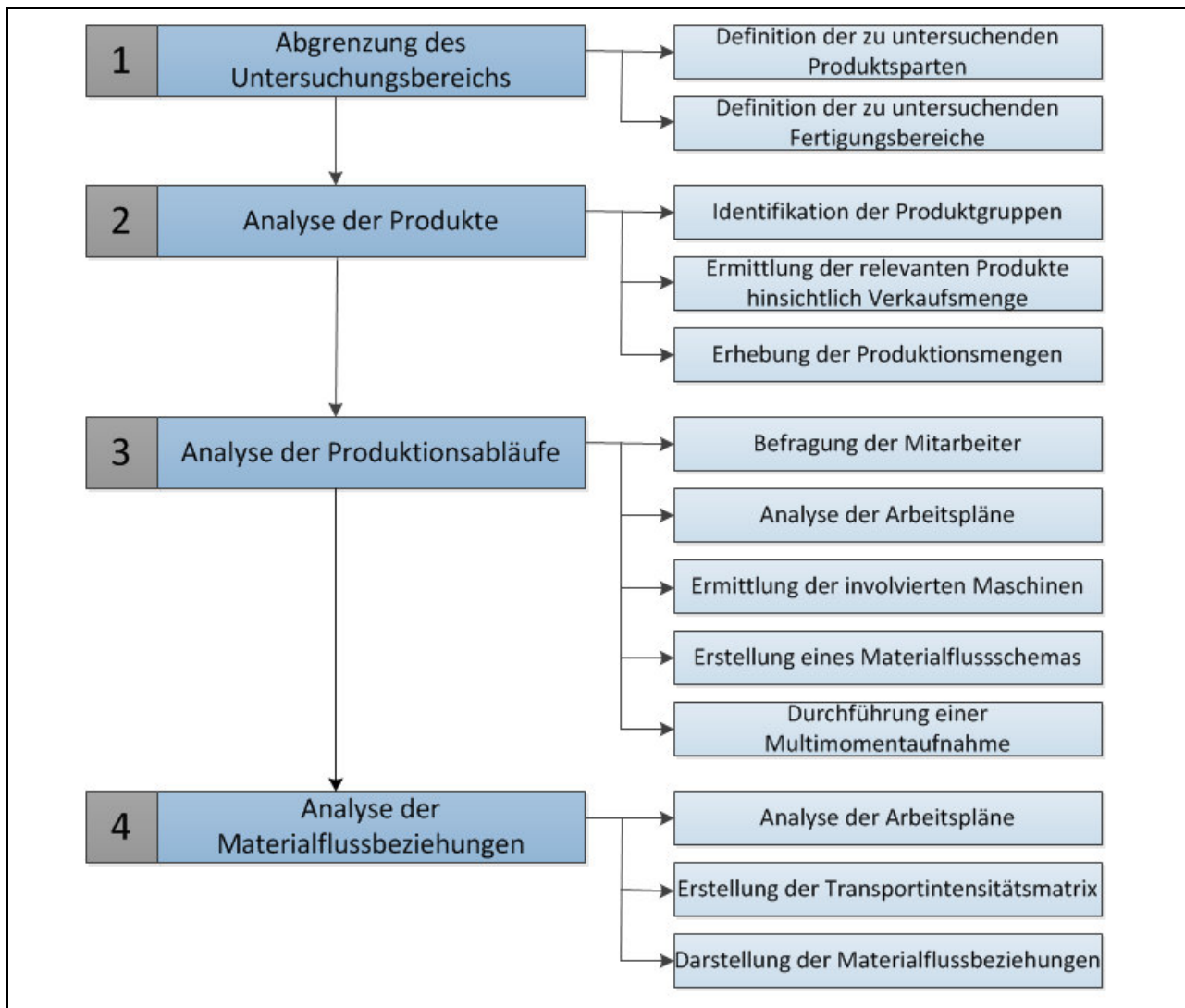
Dieser Abschnitt behandelt die praktischen Tätigkeiten zur Lösung der Aufgabenstellung. Auf Basis einer fundierten Ist- Stand- Analyse wurden mehrere Produktionslayouts für die zukünftige Betriebsstätte erarbeitet. Diese wurden im Anschluss mittels Nutzwertanalyse bewertet. Des Weiteren erfolgte eine Abbildung der gewählten Variante in Form eines Simulationsmodells. Daraus konnten wichtige Informationen gewonnen werden, die im Rahmen der Feinplanung in die Lösung eingepflegt wurden.

4.1 Ist- Stand- Analyse

Im Rahmen einer detaillierten Analyse des Ist- Stands am Standort Sankt Gallen wurden wertvolle Informationen hinsichtlich des Produktionsprogramms, der relevanten Produkte, des Fertigungsablaufs und der Materialflussstrukturen gewonnen.

Aufgrund der hohen Produktvielfalt sowie der komplexen und unterschiedlichen Bearbeitungsabläufe wurden alle planungsrelevanten Größen durch eine vier- wöchige Datenerhebung vor Ort erfasst. In dieser Zeit wurden in zahlreichen Gesprächen mit den Mitarbeitern bestehende Probleme und die sich dadurch ergebenden Optimierungspotentiale aufgedeckt.

Abbildung 40 zeigt die Vorgehensweise bei der Ist- Stand- Analyse sowie die durchgeführten Tätigkeiten und verwendeten Methoden und Werkzeuge.

Abbildung 40: Vorgehensweise bei der Ist- Stand- Analyse²⁴⁹

Die daraus gewonnenen Informationen dienen im weiteren Verlauf als Grundlage für die Layout- Grob- und Feinplanung.

4.1.1 Abgrenzung des Untersuchungsbereichs

Am Standort Sankt Gallen werden unterschiedliche Produktparten gefertigt. Für die Neuplanung der Produktionsstätte wurden nur die Sparten SDS+ (**S**pannen **d**urch **S**ystem) Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer betrachtet. Diese verzeichnen ein hohes Wachstum²⁵⁰, wodurch zusätzliche Ressourcen in Form von

²⁴⁹ In Anlehnung an Arnold/Furmans (2005), S.225ff., eigene Darstellung

²⁵⁰ lt. Hrn. Stangassinger, Geschäftsführer Alpen- MAYKESTAG GmbH, Kick- Off- Meeting 27.08.2014

Bearbeitungsmaschinen in naher Zukunft benötigt werden. Des Weiteren erfolgt die Fertigung der genannten Produktparten auf den gleichen Anlagen, wodurch sich bei einer Neuplanung der Produktionshalle eine räumliche Bündelung anbietet. Ziel ist ein abgeschlossener Fertigungsbereich für SDS+ Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer. Neben den materialflusstechnischen Vorteilen, die sich durch eine Zusammenlegung ergeben würden, gibt es auch einen technologischen Nutzen, der im Folgenden erörtert wird.

Die unterschiedlichen Metallschleifmaschinen zur Nutprofilerstellung werden mit einer Ölkühlung betrieben. Dies führt aufgrund der hohen Werkstücktemperaturen zu einer Verdampfung des Kühlmittels. Der dadurch entstehende Öl- Nebel legt sich ab und bildet auf allen sich in der Halle befindlichen Anlagen und Produkten einen Ölfilm, der trennmittelähnliche Eigenschaften aufweist. Es kommt zu einer Beeinträchtigung der Lötbarkeit, was dazu führt, dass keine optimale Verbindung zwischen den Bohrern, den eingesetzten Hartmetall- Schneidplatten sowie des Lots zustande kommt. Werden die Bereiche räumlich abgetrennt kann diese Problematik vermieden werden.²⁵¹

Das bestehende Produktionslayout ist nach dem Verrichtungsprinzip (Werkstattfertigung) aufgebaut. Das bedeutet, dass immer mehrere Maschinen zusammengefasst sind, die den gleichen Bearbeitungsschritt durchführen (z.B. Rundschleiferei). Abbildung 41 zeigt eine Übersicht der Fertigungsabteilungen. Bereiche, welche an der Produktion der Sparten SDS+ Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer beteiligt sind, sind grün markiert. Diese wurden im Rahmen der Ist-Stand- Analyse im Detail betrachtet. Außerdem sind in Abbildung 41 bereits jene Maschinen gelb markiert, die in den Produktionsprozess der betrachteten Produktgruppen involviert sind. Auf diese wird in Kapitel 4.1.3.3 näher eingegangen.

²⁵¹ Gespräch mit Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, am 08.09.2014

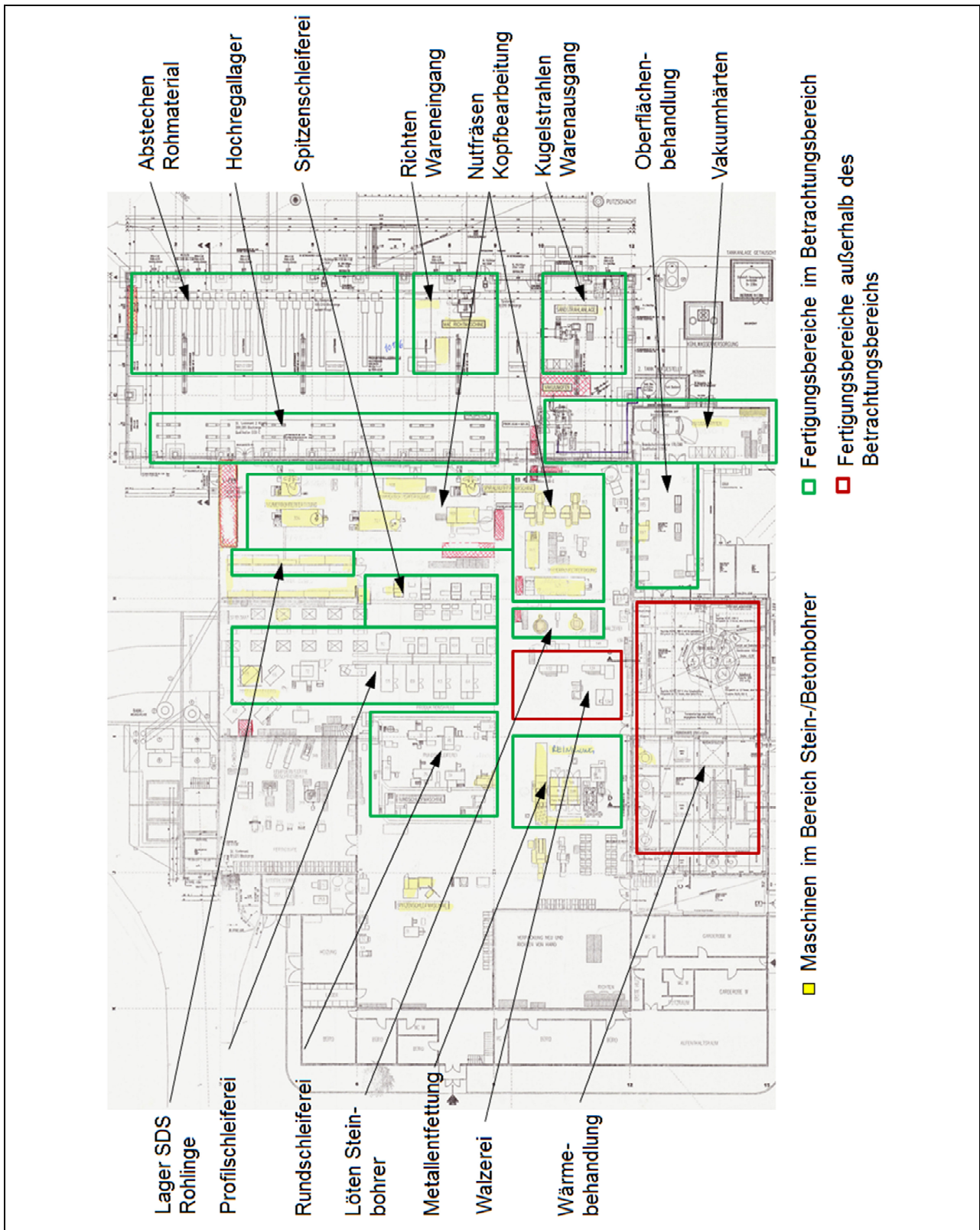


Abbildung 41: Übersicht der Fertigungsabteilungen²⁵²

²⁵² Einreichplan Gesamtübersicht ALPEN- Maykestag GmbH, erhalten von Hrn. Schauer mann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, am 08.09.2014, mit eigener Ergänzung

Das Produktionswerk Sankt Gallen liefert die fertigen Produkte ins zentrale Verpackungslager (interne Bezeichnung: Lager 200) nach Puch bei Salzburg. Dieses Lager stellt somit den internen Kunden dar. Der Transport wird durch eine Spedition durchgeführt und erfolgt zweimal pro Woche. Teilweise werden Produkte auch für zusätzliche Fertigungsschritte in die beiden anderen Produktionsstandorte Puch bzw. Ferlach versandt.²⁵³ Im Rahmen dieses Projekts werden diese Transporte nicht betrachtet. Der Fokus liegt auf den innerbetrieblichen Materialflüssen am Standort Sankt Gallen.

4.1.2 Analyse der Produkte

Nach der Abgrenzung des Untersuchungsbereichs war die Untersuchung der einzelnen Produkte von Wichtigkeit. Im ersten Schritt erfolgte die Identifikation der Produktgruppen der betrachteten Bohrsparten. Des Weiteren wurden die relevanten Produkte und Produktgruppen mit Hilfe einer ABC- Analyse ermittelt. Basierend auf den Ergebnissen wurden die jeweiligen Produktionsmengen festgestellt.

4.1.2.1 Identifikation der Produktgruppen

Im Folgenden werden die Eigenschaften und Besonderheiten der betrachteten Produktparten analysiert. Weiters erfolgt eine Aufteilung in Produktgruppen.

SDS+ Hammerbohrer

Die Besonderheit der SDS+ Hammerbohrer ist ein Profil am Bohrschaft, welches ein rasches Wechseln des Bohrers in einer Bohrhammer- Maschine ohne Schlüssel oder zusätzliche Werkzeuge ermöglicht. Ursprünglich stand SDS für „Steck- Dreh- Sitzt“ und beschrieb somit die Vorgehensweise beim Werkzeugwechsel. Diese Abkürzung wurde jedoch im Laufe der Zeit abgeändert. Nun versteht man darunter „Spannen durch System“. Entwickelt wurde das SDS System von der Firma Bosch.²⁵⁴

Bei den Bohrern der Sparte SDS+ Hammerbohrer wird zwischen den Gruppen F4 und F8 unterschieden. Die Type F4 verfügt über zwei Schneiden am Bohrkopf und wird direkt am Standort St. Gallen produziert. Die Type F8 verfügt über vier Schneiden am Bohrkopf und wird extern zugekauft. Somit konnte in der Sparte SDS+ Hammerbohrer

²⁵³ Gespräch mit Hrn. Fürweger, Produktionscontroller, am 09.09.2014

²⁵⁴ www.rotopino.de, Zugriffsdatum 10.02.2015

nur die Produktgruppe F4 als relevant identifiziert werden. Diese wird im weiteren Verlauf als Produktgruppe SDS+ Hammerbohrer bezeichnet.

Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal der SDS+ Hammerbohrer zu den Stein-/Spezialbohrern hinsichtlich Produktionsablauf ist der zusätzlich notwendige Bearbeitungsschritt für die Schaftbearbeitung. Dabei wird das Profil zum Spannen des Werkzeugs in der Bohrmaschine gefertigt.

Des Weiteren werden die SDS+ Hammerbohrer Großteils aus speziellen Rohteilen gefertigt. Sie weisen eine vorgefertigte Sonderform auf (siehe Abbildung 42). So besitzt der Schaftdurchmesser bereits das benötigte Endmaß zum Spannen im Bohrmaschinenfutter, was eine Bearbeitung des Schaftdurchmessers überflüssig macht. Ergänzend ist der vordere Bereich des Rohlings dem jeweiligen Bohrerdurchmesser angepasst, was die notwendige Zerspanung erheblich reduziert. Auch hier kann die Bearbeitung des Durchmessers eingespart und sofort mit dem Bearbeitungsschritt „Nutfräsen“ begonnen werden. Die beschriebenen Rohteile werden von einem externen Zulieferer bezogen.



Abbildung 42: SDS+ Hammerbohrer²⁵⁵

Stein-/Spezialbohrer

Bei der Sparte Stein-/Spezialbohrer handelt es sich um Gesteinsbohrer für unterschiedliche Einsatzgebiete bzw. Materialien. Sie untergliedern sich in folgende Produktgruppen:²⁵⁶

- HM Stein Long Life (HM... Hartmetall)
- Profi Beton
- Profi Multicut
- Profi Keramo
- Profi Ziegel

²⁵⁵ www.macpanther.com, Zugriffsdatum: 27.02.2015

²⁵⁶ Vgl. ALPEN- MAYKESTAG GMBH (2012), S.7.3ff

- Profi Dach
- Profi Granit
- Profi Diamant
- Profi Glas
- Sonderbohrer

Hinsichtlich des Produktionsablaufs sind die Produktgruppen mit Ausnahme von HM Stein Long Life ähnlich. Hierbei handelt es sich um den Standard- Mauerbohrer. Die Hartmetall- Schneidplatten werden dabei durch Flammlöten mit dem Bohrer verbunden. Bei allen anderen Gruppen erfolgt dies durch Verlötung im Vakuumofen. Dabei wird zusätzlich eine Wärmebehandlung durchgeführt.

4.1.2.2 Ermittlung der relevanten Produkte hinsichtlich Verkaufsmenge

Die Produktpalette im Bereich der betrachteten Sparten stellt sich als recht umfangreich dar. So wurden mehr als 700 unterschiedliche Bohrer erfasst, die zehn Produktgruppen zugeordnet werden konnten. Die Untersuchung aller Produkte wäre mit sehr hohem Aufwand verbunden und ist außerdem nicht sinnvoll, da Werkzeuge mit geringem Absatzvolumen keinen maßgeblichen Einfluss auf die innerbetrieblichen Materialflussbeziehungen haben. Vielmehr wurde der Fokus auf diejenigen Erzeugnisse gelegt, die den höchsten Anteil an der Gesamtabsatzmenge aufweisen. Diese sind für die Planungen von besonderer Relevanz. Dazu wurde auf Basis der Verkaufsmengen im Zeitraum von 2008- 2014 eine ABC- Analyse durchgeführt. Die Bildung des Mittelwertes erzeugt eine gewisse Dämpfung und eliminiert somit kurzfristige, zufällige Änderungen in den Verkaufszahlen. Außerdem würden bei einer gesonderten Betrachtung von Geschäftsjahr 2014 einige Produkte, die in den vorangegangenen Jahren durchaus hohe Verkaufszahlen erzielt haben, nicht berücksichtigt werden.

Die Vorgehensweise bei der Erstellung der ABC- Analyse wird im Folgenden erörtert:²⁵⁷

- Bildung des Mittelwerts der Verkaufsmengen im Zeitraum von 2008- 2014 je Produkt
- Berechnung der Gesamtverkaufsmenge
- Berechnung der jeweiligen prozentuellen Anteile eines Produkts an der Gesamtverkaufsmenge

²⁵⁷ Vgl. Cordts (1992), S.13

- Absteigende Reihung der Produkte nach der Höhe des prozentuellen Anteils an der Gesamtverkaufsmenge
- Kumulierung der Anteile
- Zuweisung der Produkte zu den Gruppen A, B und C
 - A- Teile: 80% Anteil an der Gesamtverkaufsmenge
 - B- Teile: 15% Anteil an der Gesamtverkaufsmenge
 - C- Teile: 5% Anteil an der Gesamtverkaufsmenge

Das Ergebnis zeigt, dass mit 12,4% der Produkte 80% der Gesamtverkaufsmenge abgebildet werden können. Bei den Positionen handelt es sich um Einzelbohrer, Bohrer- Sortimente und Gewerbepackungen, die mehrere Bohrer beinhalten. Für die Planung sind nur die Einzelbohrer von Interesse, da in weiterer Folge nicht mehr die Verkaufs-, sondern die Produktionsmengen herangezogen werden. Diese stellen die tatsächlich produzierten Einzelbohrer dar und erfassen somit auch diejenigen Bohrer, die in Sortimenten oder Gewerbepackungen verkauft werden.

Die Bereinigung der Positionen lieferte einen Umfang von 72 Einzelbohrern, was einem Anteil von 10% der Gesamtproduktanzahl entspricht. Sie werden im weiteren Verlauf als A- Teile bezeichnet. Alle Produkte, die nicht in dieser Gruppe enthalten sind, werden in den folgenden Planungen nicht berücksichtigt.

Durch die ABC- Analyse konnte die Anzahl der zu untersuchenden Produkte um 90% von rund 700 auf 72 reduziert und den folgenden Produktgruppen zugewiesen werden:

- HM Stein Long Life
- SDS+ Hammerbohrer
- Profi Beton
- Profi Multicut
- Profi Glas
- Profi Keramo
- Profi Granit

Da von der Produktgruppe Profi Granit nur ein Produkt in den A- Teilen enthalten und das Produktionsvolumen der Gruppe ebenfalls eher gering ist²⁵⁸, wurde diese im weiteren Planungsverlauf nicht berücksichtigt.

²⁵⁸ Gespräch mit Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, Zwischenmeeting am 29.09.2014

Abbildung 43 zeigt eine graphische Darstellung der Ergebnisse der ABC- Analyse. Der Graph wird als Lorenzkurve bezeichnet.

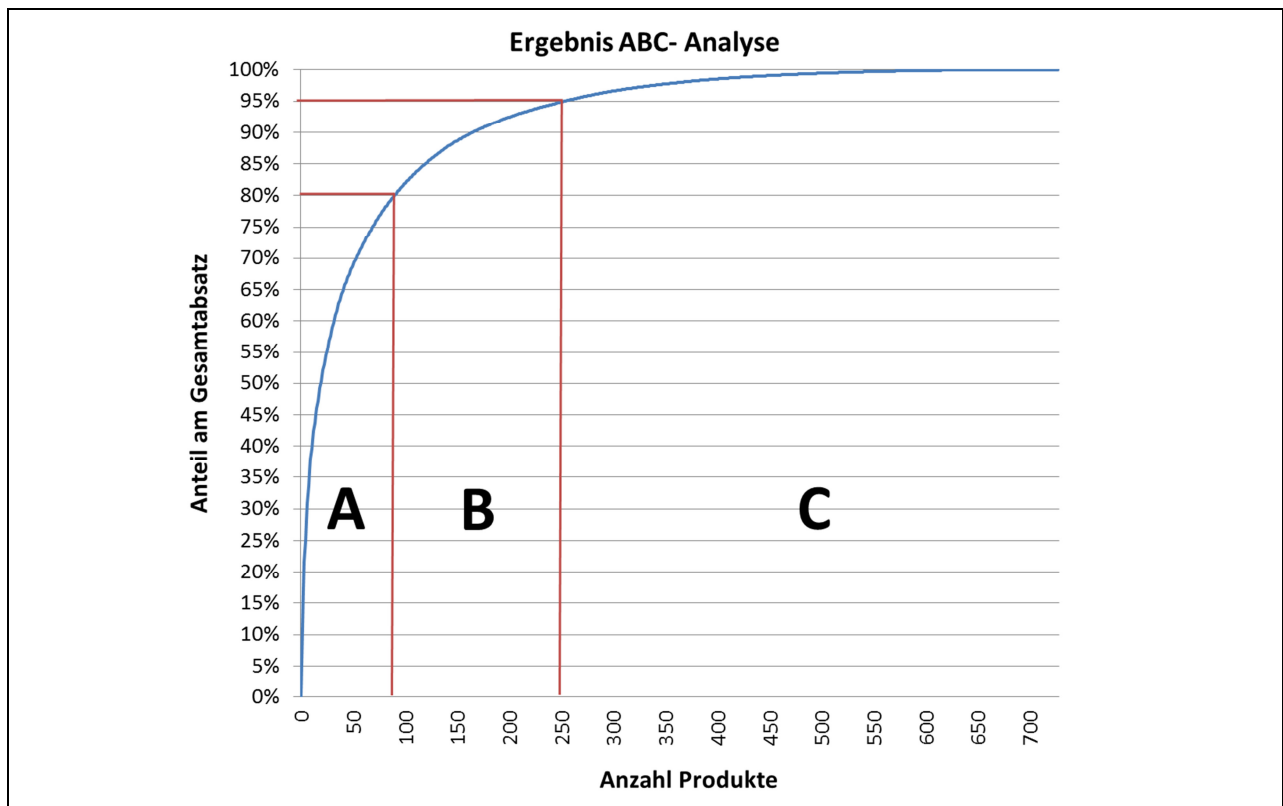


Abbildung 43: Ergebnisse ABC- Analyse (Lorenzkurve)²⁵⁹

²⁵⁹ Eigene Darstellung, basierend auf Verkaufszahlen Alpen- MAYKESTAG GmbH Geschäftsjahre 2008-2014, erhalten von Hrn. Holleis, Leiter Organisation und Produktmanagement, QMB, am 08.09.2014

Tabelle 3 zeigt eine detaillierte Zusammenfassung der relevanten Produktgruppen sowie die enthaltenen A- Teile Produkte.

Nr.	HM Stein Long Life	Nr.	SDS+ Hammerbohrer
1	HM STEIN LL 6.0 PLT	40	SDS+ HAMMERB.210x150 16.0 PLT
2	HM STEIN LL 8.0 PLT	41	SDS+ HAMMERB.450x400 10.0 PLT
3	HM STEIN LL 5.0 PLT	42	SDS+ HAMMERB.260x200 6.0 PLT
4	HM STEIN LL 10.0 PLT	43	SDS+ HAMMERB.450x400 12.0 PLT
5	HM STEIN LL 4.0 PLT	44	SDS+ HAMMERB.310x250 8.0 PLT
6	HM STEIN LL 12.0 PLT	45	SDS+ HAMMERB.160x100 7.0 PLT
7	HM STEIN LL 6.5 PLT	46	SDS+ HAMMERB.310x250 12.0 PLT
8	HM STEIN LL 3.0 PLT	47	SDS+ HAMMERB.210x150 6.5 PLT
9	HM STEIN LL 7.0 PLT	48	SDS+ HAMMERB.160x100 5.5 PLT
10	HM STEIN LL 14.0 PLT	49	SDS+ HAMMERB.450x400 8.0 PLT
11	HM LONG LIFE 200 8.0 PLT		
12	HM STEIN LL 5.5 PLT		Profi Beton
13	HM STEIN LL 9.0 PLT	50	PROFI-BETON 6.0 PLT
14	HM LONG LIFE 200 10.0 PLT	51	PROFI-BETON 8.0 PLT
15	HM LONG LIFE 200 6.0 PLT	52	PROFI-BETON 5.0 PLT
16	HM STEIN LL 16.0 PLT	53	PROFI-BETON 4.0 PLT
17	HM STEIN LL 13.0 PLT	54	PROFI-BETON 10.0 PLT
18	HM LONG LIFE 400 10.0 PLT	55	PROFI-BETON 12.0 PLT
19	HM LONG LIFE 400 8.0 PLT	56	PROFI-BETON 3.0 PLT
		57	PROFI-BETON 6.0 PLT (2) F4
	SDS+ Hammerbohrer	58	PROFI-BETON 5.0 PLT (2) F4
20	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	59	PROFI-BETON 7.0 PLT
21	SDS+ HAMMERB.110x 50 6.0 PLT		
22	SDS+ HAMMERB.160x100 8.0 PLT		Profi Multicut
23	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	60	PROFI MULTICUT 6.0 PLT
24	SDS+ HAMMERB.210x150 8.0 PLT	61	PROFI MULTICUT 5.0 PLT
25	SDS+ HAMMERB.210x150 10.0 PLT	62	PROFI MULTICUT L=200 6.0 PLT
26	SDS+ HAMMERB.110x 50 5.0 PLT	63	PROFI MULTICUT 8.0 PLT
27	SDS+ HAMMERB.160x100 12.0 PLT	64	PROFI MULTICUT 6,0 PLT (2) Violett
28	SDS+ HAMMERB.210x150 6.0 PLT	65	PROFI MULTICUT 5,0 PLT (2) Violett
29	SDS+ HAMMERB.260x200 10.0 PLT		
30	SDS+ HAMMERB.210x150 12.0 PLT		Profi Glas
31	SDS+ HAMMERB.260x200 8.0 PLT	66	GLAS-BOHRER 6.0 Plt - 6kant
32	SDS+ HAMMERB.110x 50 8.0 PLT	67	GLAS-BOHRER 8.0 Plt - 6kant
33	SDS+ HAMMERB.160x100 5.0 PLT	68	GLAS-BOHRER 5.0 Plt - 6kant
34	SDS+ HAMMERB.310x250 10.0 PLT		
35	SDS+ HAMMERB.260x200 12.0 PLT		Profi Keramo
36	SDS+ HAMMERB.110x 50 4.0 PLT	69	PROFI KERAMO 6.0 PLT
37	SDS+ HAMMERB.210x150 14.0 PLT	70	PROFI KERAMO 8.0 PLT
38	SDS+ HAMMERB.160x100 14.0 PLT	71	PROFI KERAMO 5.0 PLT
39	SDS+ HAMMERB.260x200 6.5 PLT		

Tabelle 3: Übersicht A- Teile Produkte

4.1.2.3 Erhebung der Produktionsmengen

Die ABC- Analyse wurde auf Basis der Verkaufszahlen der Geschäftsjahre 2008 bis 2014 durchgeführt. Für die weiteren Analyseschritte war es notwendig, die genauen Produktionsmengen der A- Teile zu ermitteln. Diese wurden über das betriebsinterne Datenerfassungssystem²⁶⁰ ausgelesen.²⁶¹ Die Unterschiede zwischen den Verkaufs- und den Produktionsmengen ergaben sich einerseits aus den zwischengeschalteten Lagern in Puch (Fertigteil- und Versandlager), wo immer ein gewisser Sicherheitsbestand lagert, andererseits durch die in Kapitel 4.1.2.2 beschriebene Problematik hinsichtlich Bohrer- Sortimente und Gewerbecapackungen.

4.1.3 Analyse der Produktionsabläufe

Im vorangehenden Analyseschritt konnten die relevanten Produktgruppen identifiziert werden. Diese wurden in weiterer Folge einer genaueren Untersuchung unterzogen. Daten hinsichtlich des Produktionsablaufs und der notwendigen Bearbeitungsmaschinen waren dabei von besonderem Interesse. Als Informationsquellen dienten die Befragung der Mitarbeiter sowie die Fertigungsarbeitspläne.

4.1.3.1 Befragung der Mitarbeiter

Um einen Überblick über die Abläufe in der Produktion der Alpen- MAYKESTAG GmbH zu erlangen, wurde eine detaillierte Befragung der Mitarbeiter aller Fertigungsbereiche durchgeführt. Nachstehend werden die Erstellung sowie die Bearbeitung eines Fertigungsauftrags erörtert. Des Weiteren werden Anmerkungen zu den einzelnen Produktionsabläufen festgehalten.

Auftragsabwicklung

Die Fertigung der ALPEN- Maykestag GmbH folgt dem Make- to- Stock Prinzip, wobei sich das Lager selbst am Standort Puch befindet. Die Produktionsmengen für den Standort Sankt Gallen werden mit Hilfe eines Produktionsplanungssystems²⁶² (PPS) festgelegt. Das PPS gibt einen Vorschlag aus, der anschließend geprüft wird. Wird der

²⁶⁰ EVIDANZA (Datenauswertungssystem der Alpen- MAYKESTAG GmbH)

²⁶¹ Daten erhalten von Hrn. Pretschuh, Mitarbeiter Bereich Projektmanagement, am 13.10.2014

²⁶² Produktionsplanungssystem: Microsoft Dynamics AX (Axapta)

Vorschlag für „in Ordnung“ befunden, erfolgt die Erstellung von Aufträgen, welche dann für die Produktion bereitgestellt werden.

Die Aufträge werden von einem Mitarbeiter des ersten Bearbeitungsschrittes (meistens Abstechen/Abdrücken) gestartet und gehen dann in die Bearbeitung. Ab diesem Zeitpunkt erfolgt die Erfassung der Durchlaufzeit (DLZ). Als Prioritätsregel für die Reihenfolge der Aufträge gilt das First in- First out Prinzip (FIFO). Das bedeutet, dass die Aufträge exakt in der Reihenfolge ihres Erstellungsdatums abzuarbeiten sind.²⁶³ Zusätzlich kommt eine Rückstandsliste zum Einsatz. Diese enthält Aufträge, die bereits dem Zeitplan hinterher hinken. Die Rückstandsliste hat bei der Abarbeitung der Aufträge höchste Priorität.²⁶⁴

Im Rahmen der Befragungen konnten auch die Gegebenheiten in der Produktion besichtigt werden. Dabei wurde beobachtet, dass große Mengen an Umlaufmaterial auf den Bereitstellungsflächen lagern. Als eine der Ursachen für diese Problematik konnten Unregelmäßigkeiten in der Abwicklung der Aufträge festgestellt werden. Um häufige komplizierte Rüstvorgänge zu vermeiden, werden Aufträge vorgezogen, bei denen der Bohrerdurchmesser ähnlich dem, des gerade bearbeiteten Produkts ist. Dies spart zwar Rüstzeit, jedoch werden die Aufträge nicht planmäßig abgearbeitet, was zu Verzögerungen und einer oftmals drastischen Verlängerung der Durchlaufzeit führt. So konnten Aufträge mit einer Ist- DLZ von 14 Wochen beobachtet werden. Die Soll- Zeit betrug 8 Wochen. In Zukunft sollte daher Wert auf die strikte Einhaltung der vorgegebenen Auftragsabfolge gelegt werden.

Die Weitergabe eines Auftrages nach Abschluss eines Fertigungsschritts erfolgt nach dem Bring- Prinzip. Das bedeutet, dass der Mitarbeiter nach vollständiger Bearbeitung die Teile zum nachgelagerten Bearbeitungsschritt weitertransportiert. Dabei wird immer ein ganzes Los gefertigt und im Anschluss weitergegeben. Es erfolgt somit keine Überlappung. Die durchschnittliche Durchlaufzeit für einen Auftrag beträgt 11 Wochen.²⁶⁵

Produktionsablauf

Durch die Mitarbeiterbefragung konnte ein Überblick über die Abläufe in der Produktion gewonnen werden. Es ist festzuhalten, dass sich diese als sehr komplex darstellen, da es keine einheitlichen Arbeitspläne innerhalb einer Produktgruppe, bzw. von Produkten

²⁶³ Vgl. Gudehus (2012), S. 648

²⁶⁴ Gespräch mit Hrn. Fürweger, Produktionscontroller, am 09.09.2014

²⁶⁵ Daten lt. Bericht Durchlaufzeiten, erhalten von Hrn. Pretschuh, Mitarbeiter Bereich Projektmanagement, am 17.02.2015

mit gleichen Durchmessern gibt. Des Weiteren hat auch die Wahl der Bearbeitungsmaschine, auf der ein Fertigungsschritt ausgeführt wird, Einfluss auf den weiteren Produktionsablauf. Diese Problematik wird bei der Analyse der Arbeitspläne noch deutlicher.

4.1.3.2 Analyse der Arbeitspläne

Für die Erstellung eines Materialflussschemas der zu untersuchenden Produkte, war es notwendig einen Überblick über die Abfolge der Fertigungsschritte zu bekommen. Abbildung 44 zeigt eine Übersicht der Arbeitspläne der A- Teile Produktgruppen.

Bei den dargestellten Plänen handelt es sich um eine Aufstellung der notwendigen Bearbeitungsschritte sowie deren Abfolge. In der Realität kann die Abfolge variieren. Entscheidend ist, auf welcher Maschine der jeweilige Produktionsschritt durchgeführt wird, da die Anlagen mit unterschiedlichen Kühlmedien betrieben werden. Dieser Umstand hat eine Variation der Abfolge der Bearbeitungsschritte „Entfetten“ und „Nutbearbeitung“ zufolge. Zusätzlich hat der Durchmesser des zu bearbeitenden Produkts Einfluss auf die Bearbeitungsabfolge bzw. auf die Fertigungstechnologie. Die Nutbearbeitung wird bei kleinen ($\varnothing \leq 4[mm]$) sowie bei großen ($\varnothing > 20[mm]$) Bohrern durch Schleifen erzeugt, bei allen anderen durch Fräsen. Der Grund dafür liegt in den Spezifikationen der Maschinen. So können auf den Fräsmaschinen nur Bauteile zwischen 5 – 20[mm] Durchmesser gespannt werden.

Die Untersuchung der Arbeitspläne stellte einen der umfangreichsten Punkte der Ist- Stand- Analyse dar. Durch die Vielzahl an unterschiedlichen Abläufen konnte nur eine geringe Vereinfachung erreicht werden. Den 72 A- Produkten liegen 33 verschiedene Arbeitspläne zu Grunde. Die detaillierten Pläne können auf der beigelegten Daten- CD im Ordner Ist- Stand Aufnahme eingesehen werden.

Die Benennungen und Schreibweisen der Bearbeitungsschritte in den Arbeitsplänen in Abbildung 44 wurden mit Ausnahme von „Nutbearbeiten“, „Kopfbearbeiten“ und „Schaftbearbeiten“ aus den Arbeitsplänen der Alpen- MAYKESTAG GmbH entnommen und entsprechen dem betriebsinternen Standard.

<table border="1"> <thead> <tr> <th>HM Stein Long Life</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Abstechen/Abdrücken</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Nutbearbeiten</td></tr> <tr><td>Kopfbearbeiten</td></tr> <tr><td>Löten Steinbohrer</td></tr> <tr><td>Kugelstrahlen</td></tr> <tr><td>Konservieren, Kontrolle, Versand</td></tr> </tbody> </table>	HM Stein Long Life	Abstechen/Abdrücken	Entfetten	Nutbearbeiten	Kopfbearbeiten	Löten Steinbohrer	Kugelstrahlen	Konservieren, Kontrolle, Versand	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Profi Multicut</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Abstechen/Abdrücken</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Nutbearbeiten</td></tr> <tr><td>Kopfbearbeiten</td></tr> <tr><td>Vakuum chargieren</td></tr> <tr><td>Vakuumhärten und Löten</td></tr> <tr><td>Kugelstrahlen</td></tr> <tr><td>Lackieren (Fremdfertigung)</td></tr> <tr><td>Konservieren</td></tr> <tr><td>Rundschleifen</td></tr> <tr><td>HM- Spitze schleifen</td></tr> <tr><td>Konservieren, Kontrolle, Versand</td></tr> </tbody> </table>	Profi Multicut	Abstechen/Abdrücken	Entfetten	Nutbearbeiten	Kopfbearbeiten	Vakuum chargieren	Vakuumhärten und Löten	Kugelstrahlen	Lackieren (Fremdfertigung)	Konservieren	Rundschleifen	HM- Spitze schleifen	Konservieren, Kontrolle, Versand		
HM Stein Long Life																								
Abstechen/Abdrücken																								
Entfetten																								
Nutbearbeiten																								
Kopfbearbeiten																								
Löten Steinbohrer																								
Kugelstrahlen																								
Konservieren, Kontrolle, Versand																								
Profi Multicut																								
Abstechen/Abdrücken																								
Entfetten																								
Nutbearbeiten																								
Kopfbearbeiten																								
Vakuum chargieren																								
Vakuumhärten und Löten																								
Kugelstrahlen																								
Lackieren (Fremdfertigung)																								
Konservieren																								
Rundschleifen																								
HM- Spitze schleifen																								
Konservieren, Kontrolle, Versand																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SDS+ Hammerbohrer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nutbearbeiten</td></tr> <tr><td>Schaftbearbeiten</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Kopfbearbeiten</td></tr> <tr><td>Vakuum chargieren</td></tr> <tr><td>Vakuumhärten und Löten</td></tr> <tr><td>Kontrolle SDS</td></tr> <tr><td>Verfestigungsstrahlen und Konservieren</td></tr> <tr><td>Kontrolle und Verpacken, Versand</td></tr> </tbody> </table>	SDS+ Hammerbohrer	Nutbearbeiten	Schaftbearbeiten	Entfetten	Kopfbearbeiten	Vakuum chargieren	Vakuumhärten und Löten	Kontrolle SDS	Verfestigungsstrahlen und Konservieren	Kontrolle und Verpacken, Versand	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Profi Glas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Kopfbearbeiten</td></tr> <tr><td>Vakuumhärten und Löten</td></tr> <tr><td>Verfestigungsstrahlen und Konservieren</td></tr> <tr><td>HM- Spitze schleifen</td></tr> <tr><td>Konservieren, Kontrolle, Versand</td></tr> </tbody> </table>	Profi Glas	Entfetten	Kopfbearbeiten	Vakuumhärten und Löten	Verfestigungsstrahlen und Konservieren	HM- Spitze schleifen	Konservieren, Kontrolle, Versand						
SDS+ Hammerbohrer																								
Nutbearbeiten																								
Schaftbearbeiten																								
Entfetten																								
Kopfbearbeiten																								
Vakuum chargieren																								
Vakuumhärten und Löten																								
Kontrolle SDS																								
Verfestigungsstrahlen und Konservieren																								
Kontrolle und Verpacken, Versand																								
Profi Glas																								
Entfetten																								
Kopfbearbeiten																								
Vakuumhärten und Löten																								
Verfestigungsstrahlen und Konservieren																								
HM- Spitze schleifen																								
Konservieren, Kontrolle, Versand																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Profi Beton</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Abstechen/Abdrücken</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Nutbearbeiten</td></tr> <tr><td>Kopfbearbeiten</td></tr> <tr><td>Vakuum chargieren</td></tr> <tr><td>Vakuumhärten und Löten</td></tr> <tr><td>Dampfanlassen</td></tr> <tr><td>Rundschleifen</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Konservieren, Kontrolle, Versand</td></tr> </tbody> </table>	Profi Beton	Abstechen/Abdrücken	Entfetten	Nutbearbeiten	Kopfbearbeiten	Vakuum chargieren	Vakuumhärten und Löten	Dampfanlassen	Rundschleifen	Entfetten	Konservieren, Kontrolle, Versand	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Profi Keramo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Abstechen/Abdrücken</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>Nutbearbeiten</td></tr> <tr><td>Kopfbearbeiten</td></tr> <tr><td>Vakuum chargieren</td></tr> <tr><td>Vakuumhärten und Löten</td></tr> <tr><td>Kugelstrahlen</td></tr> <tr><td>Rundschleifen</td></tr> <tr><td>Entfetten</td></tr> <tr><td>HM- Spitze schleifen</td></tr> <tr><td>Konservieren, Kontrolle, Versand</td></tr> </tbody> </table>	Profi Keramo	Abstechen/Abdrücken	Entfetten	Nutbearbeiten	Kopfbearbeiten	Vakuum chargieren	Vakuumhärten und Löten	Kugelstrahlen	Rundschleifen	Entfetten	HM- Spitze schleifen	Konservieren, Kontrolle, Versand
Profi Beton																								
Abstechen/Abdrücken																								
Entfetten																								
Nutbearbeiten																								
Kopfbearbeiten																								
Vakuum chargieren																								
Vakuumhärten und Löten																								
Dampfanlassen																								
Rundschleifen																								
Entfetten																								
Konservieren, Kontrolle, Versand																								
Profi Keramo																								
Abstechen/Abdrücken																								
Entfetten																								
Nutbearbeiten																								
Kopfbearbeiten																								
Vakuum chargieren																								
Vakuumhärten und Löten																								
Kugelstrahlen																								
Rundschleifen																								
Entfetten																								
HM- Spitze schleifen																								
Konservieren, Kontrolle, Versand																								

Abbildung 44: Übersicht Arbeitspläne

4.1.3.3 Ermittlung der involvierten Maschinen

Ziel für die Neuplanung der Betriebsstätte war es, eine lückenlose Bearbeitungskette in einem abgeschlossenen Gebäude für die Produkte der betrachteten Sparten zu erarbeiten. Transporte zwischen bestehender und neuer Halle sollten möglichst vermieden werden. Dazu mussten alle Maschinen, die beim Fertigungsprozess der Sparten SDS+ Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer beteiligt sind identifiziert werden. Mithilfe der Arbeitspläne und durch Befragung der Mitarbeiter wurde eine Aufstellung der involvierten Fertigungsmaschinen ermittelt. Tabelle 4 zeigt die Liste der relevanten Anlagen. Die Bezeichnungen wurden aus der betriebsinternen

Maschinenliste²⁶⁶ der Alpen- MAYKESTAG GmbH übernommen. In der Spalte „Gruppe“ ist die Kostenstelle des Bereichs angegeben. Die Spalte „Nr“ gibt die Kostenstellenummer der jeweiligen Maschine an. „Belegung“ gibt Auskunft über die Auslastung zum Zeitpunkt der Erstellung der Liste. Die gelb markierten Maschinen werden nicht im neuen Layout eingeplant. Bei den grün markierten handelt es sich um notwendige Neuanschaffungen. Die Gründe dafür werden im Folgenden erörtert.

Dampfanlassen

Bei „Dampfanlassen“ handelt es sich um einen Bearbeitungsschritt zur Oberflächenbehandlung. In der betriebsinternen Maschinenliste wird auch die Anlage selbst, mit der die Bearbeitung durchgeführt wird, mit „Dampfanlassen“ bezeichnet. Konkret ist diese ein Anlassofen. Im weiteren Verlauf wird der Ofen jedoch konform der Liste mit „Dampfanlassen“ bezeichnet. Durch das Erhitzen und anschließende Einsprühen von Wasser kann eine bläuliche Einfärbung erzielt werden. Das Verfahren kommt bei der Produktgruppe Profi Beton zur Anwendung sowie auch bei anderen Produktsparten die im Rahmen dieses Projekts nicht betrachtet werden (konkret: Metallbohrer). Wie in Tabelle 4 ersichtlich, wird die Anlage zurzeit dreischichtig betrieben, wobei nur ein minimaler Anteil von 3,19%²⁶⁷ auf die Produktgruppe Profi Beton fällt. Es ist daher nicht sinnvoll diese Maschine in die neue Halle zu übersiedeln, da dies ein hohes Transportaufkommen zur Folge hätte, was nicht der Forderung nach einer abgeschlossenen Fertigung ohne Transporte zwischen den Hallen entsprechen würde. Dadurch wird „Dampfanlassen“ im neuen Layout eingeplant und eine Empfehlung zur Neuanschaffung einer entsprechenden Anlage ausgesprochen.


Metallentfettungsanlage

Bei der Metallentfettungsanlage handelt es sich um das Herzstück der Produktion. Alle Produkte durchlaufen mindestens einmal während der Fertigung ein Reinigungsprogramm auf dieser Maschine. Dies gilt auch für die anderen Produktsparten, die außerhalb dieses Projektumfangs liegen. Deshalb ist die Neuanschaffung einer Metallentfettungsanlage für die geplante Produktionsstätte unumgänglich, da ansonsten intensive Materialflüsse zwischen alter und neuer Fertigungshalle entstehen würden.

²⁶⁶ Daten erhalten von Hrn. Brandstätter, Mitarbeiter Produktionsplanung, am 09.09.2014

²⁶⁷ Ermittelt aus Zeitgradlisten; Datenquelle: EVIDANZA (Datenauswertungssystem)

Ifd. Nr	Gruppe	Nr	Name	Anmerkung	Belegung
		10220	RICHTEN		
1		10220-1	Schäfte + SDS Richten		3- SCHICHT
2		10220-3	Schäfte Richtmaschine		3- SCHICHT
		10550	VAKUUMHÄRTEN und LÖTEN		
3		10550-1	Vakuumhärten und Löten		3- SCHICHT
4		10550-2	Vakuum chargieren		1- SCHICHT
5		10552	Vakuumhärten und Löten NEU		3- SCHICHT
		10605	Dampfanlassen		
6		10605-1	Dampfanlassen		3- SCHICHT
		10610	SAND- und KUGELSTRAHLEN		
7		10620	Kugelstrahlen		1- SCHICHT
8		10621	Sandstrahlen		1- SCHICHT
		10630	METALLENTFETTUNGSANLAGE		
9		10630-1	Metallentfettungsanlage		1- SCHICHT
		10830	SPIBOMAT		
10		10809	Schleifen Spibomat 2,78 - 3,18 LS		2- SCHICHT
		10910	NUTSCHLEIFEN		
11		10909	CNC Hammerbohrer Nuten		3- SCHICHT
		11030	RUNDSCHLEIFEN		
12		11006	Microrex Einstechen Profi Beton		1- SCHICHT
		11330	ANDREHEN		
13		11301	Andrehen1 10,0- 20,0		1- SCHICHT
		11601	BABZ klein		
14		11601-1	Kleines Schuster- BABZ 3,0 - 6,5		3- SCHICHT
		11602	BABZ groß		
15		11602-1	Großes Schuster- BABZ 6,0 - 25,0		3- SCHICHT
		11651	LÖTEN STEINBOHRER AUTOM. 3,0		
16		11651-1	Löten Steinbohrer Autom. 3,0		2- SCHICHT
		11652	LÖTEN STEINBOHRER AUTOM.		
17		11652-1	Löten Steinbohrer Autom.		1- SCHICHT
		11710	HM- SPITZEN SCHLEIFEN		
18		11710-1/2	HM- Spitze schleifen Brustschliff (1)/ Dachschliff(2)		1- SCHICHT
19		11710-3	HM- Spitze schleifen Glas/Keramo		2-SCHICHT
20		11712	Multispitzen Autom. Haux		2- SCHICHT
		11750	SDS KOPFBEARBEITUNG		
21		11750-1	SDS - Kopfbearbeitung (alt)		1- SCHICHT
		11751	SDS SCHAFTBEARBEITUNG		
22		11751-1	SDS- Schaftbearbeitung (alt)	zur Zeit außer Betrie	2- SCHICHT
		11753	SDS SCHAFTBEARBEITUNG		
23		11753-1	SDS- Schaftbearbeitung Neu		2- SCHICHT
		11754	SDS KOPFBEARBEITUNG		
24		11754-1	SDS- Kopfbearbeitung Neu		3- SCHICHT
		11760	HARTNER NUTFRÄSEN 5- 10		
25		11760-1	Hartner Nutfräsen 5- 10	Ölkühlung	2- SCHICHT
		11761	HARTNER NUTFRÄSEN 5- 12		
26		11761-1	Hartner Nutfräsen 5- 12	Ölkühlung	1- SCHICHT
		11763	SPIRALFRÄSEN		
27		11763-1	Schuster- Spiralfräsen	Wasserkühlung	3- SCHICHT
28		11764	Schuster- Spiralfräsen Neu	Wasserkühlung	2- SCHICHT

 Neuanschaffung der Anlage notwendig


 Anlage wird nicht im neuen Layout eingeplant

Tabelle 4: Maschinenliste

Spibomat und Sandstrahlen

Beim Spibomat handelt es sich um eine Schleifmaschine zur Erstellung der Spiralnut. Zum Einsatz kommt diese bei Produkten mit kleinen Durchmessern (z.B. Profi Multicut 4.0). Der Spibomat ist einerseits eine sehr veraltete Maschine, andererseits ist das Fertigungsvolumen eher gering. Selbiges trifft auf die Sandstrahl- Anlage zu. Darum wurde beschlossen, diese Maschinen nicht im neuen Layout einzuplanen.²⁶⁸

Andrehen

Unter „Andrehen“ versteht man die Fertigung eines Absatzes am Schaft bei Bohrern mit größeren Durchmessern. Dies ist notwendig, da der Bohrer ansonsten nicht im Futter der Bohrmaschine eingespannt werden kann. Nachdem dieser Schritt mit veralteten Drehmaschinen durchgeführt wird, wurde entschieden diese nicht im neuen Layout einzuplanen.²⁶⁹ Wie beim Spibomat ist das Fertigungsvolumen gering. Außerdem kann der erklärte Fertigungsschritt optional auch von den Abstech- Maschinen beim Fertigungsschritt Abstechen/Abdrücken durchgeführt werden.

4.1.3.4 Erstellung eines Materialflussschemas

Um eine bessere Übersicht über die Abfolge der Produktionsschritte der betrachteten Produktgruppen zu erlangen, erfolgte die Darstellung mittels Materialflussschema. Basis dafür waren die Arbeitspläne, Befragungen der Mitarbeiter und Beobachtungen.

Das Materialflussschema wurde in folgende Gruppen unterteilt:

- SDS+ Hammerbohrer
- HM Stein Long Life
- Profi Beton
- Profi Multicut
- Profi Keramo
- Profi Glas

In weiterer Folge wurden die einzelnen Gruppen zu einer Gesamtübersicht zusammengefügt (siehe Abbildung 45).

²⁶⁸ Entscheidung lt. Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, bei Layout Workshop am 02.12.2014

²⁶⁹ Entscheidung lt. Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, bei Steering Meeting 1 am 20.10.2014

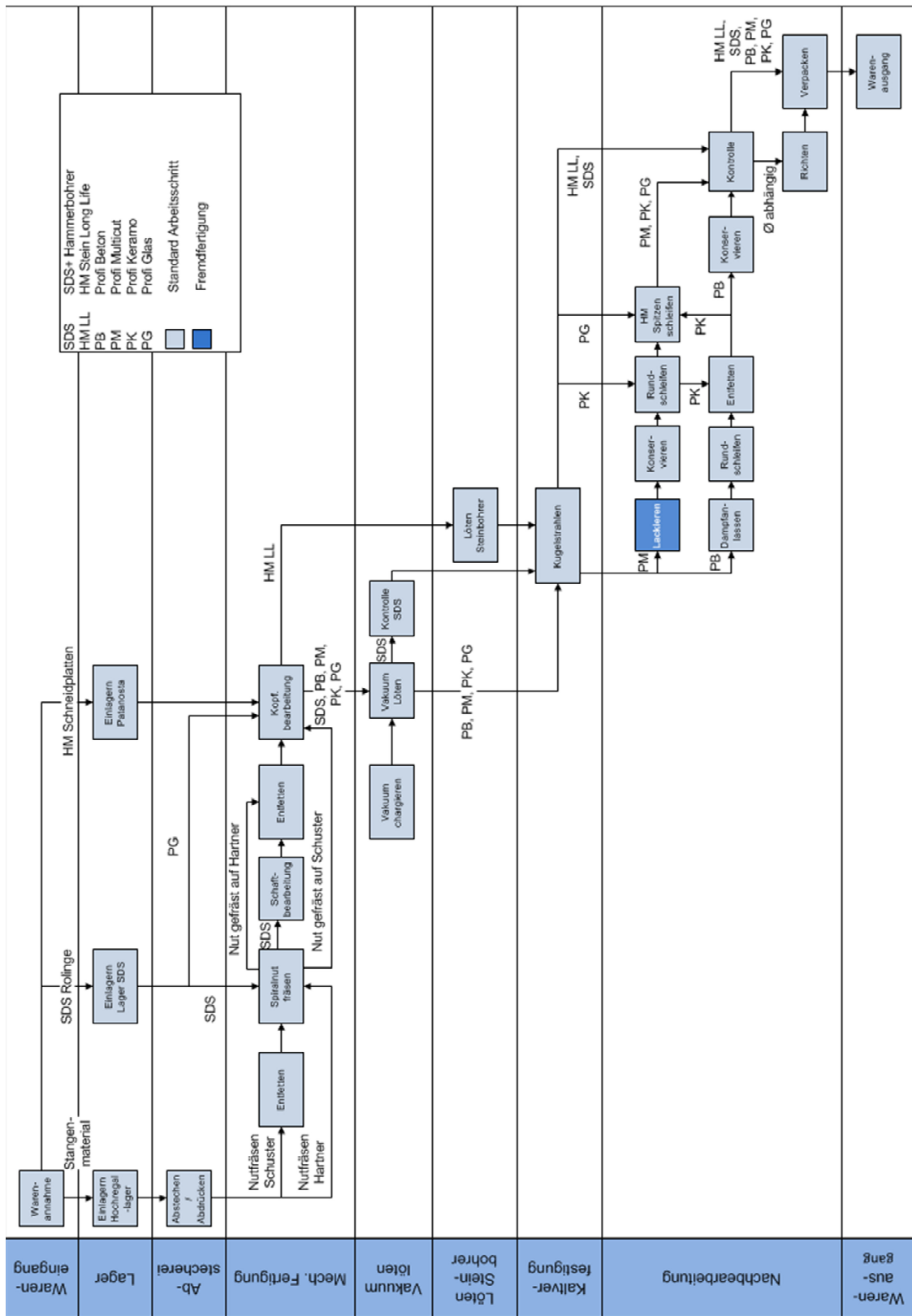


Abbildung 45: Gesamtmaterialeflussschema²⁷⁰

²⁷⁰ Eigene Darstellung

4.1.3.5 Durchführung einer Multimomentaufnahme

Um Informationen über tatsächliche Kennwerte hinsichtlich Maschinen- und Werker-Auslastung zu erhalten, wurde eine Multimomentaufnahme durchgeführt.

Zielplanung

Ziel dieser Analyse war es, folgende Fragen zu beantworten:

- Wie hoch ist die Auslastung der betrachteten Maschinen?
- Wie hoch ist der Rüstanteil bei den betrachteten Maschinen?
- Wie hoch ist die Auslastung der Werker?
- Wie hoch ist der Anteil der Tätigkeit Materialtransport bei den Werkern?

Festlegen der Ablaufarten

Bei der Multimomentaufnahme wurden einerseits ausgewählte Produktionsmaschinen beobachtet, andererseits die Werker, die diese Maschinen bedienen.

Für die Maschinen wurden folgende Ablaufarten definiert:

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Bearbeiten | Maschine läuft im Normalbetrieb |
| 2. Rüsten | Maschine steht; Maschine wird für die Bearbeitung eines anderen Produkts umgerüstet |
| 3. Wartung/Reinigung | Maschine steht; Wartung/Reinigung wird durchgeführt |
| 4. Werkzeugwechsel | Maschine steht; Werkzeugwechsel wird durchgeführt |
| 5. Fehler | Maschine steht aufgrund eines kleinen Fehlers/Defekts |
| 6. Außer Einsatz | Maschine steht; größerer Defekt, fehlender Auftrag, Personalmangel |
| 7. Nicht erkennbar | Es ist keine eindeutige Aussage über den momentanen Status möglich |

Für die Werker wurden folgende Tätigkeiten definiert:

- | | |
|----------------------|--|
| 1. Maschinenbetrieb | Maschine im Normalbetrieb; Werker überwacht Anlage |
| 2. Rüsten | Maschine steht; Werker führt Rüstvorgang durch |
| 3. Beladen | Werker befüllt Maschine mit Rohlingen |
| 4. Entladen | Werker entnimmt gefertigte Teile aus Maschine |
| 5. Materialtransport | Werker transportiert Material (Teile) zum nächsten |

	Bearbeitungsschritt
6. Reparieren	Fehlerbehebung und Durchführung kleinerer Reparaturen
7. Instandhaltung/ Reinigung	Werker reinigt Maschine oder führt kleine Instandhaltungsarbeiten durch
8. Werkzeug wechseln	Werker wechselt ein verschlissenes Werkzeug
9. QS/Organisatorische Tätigkeiten	Werker führt Qualitätskontrolle (Sichtprüfung) durch, bearbeitet Aufträge oder Lohnscheine
10. Nicht anwesend	Es befindet sich kein Werker am Arbeitsplatz
11. Planmäßige Pause	Werker hat Jausen- oder Mittagspause
12. Außerplanmäßige Pause	Werker kann nicht arbeiten z.B. wegen defekter Maschine oder fehlender Rohteile
13. Persönliche Verteilzeit	Werker ist am WC, trinkt Kaffee, etc.
14. Nicht erkennbar	Es ist keine eindeutige Aussage über den momentanen Status möglich

Die genannten Zustände bzw. Tätigkeiten wurden in einen Multimomentaufnahmebogen nach REFA Standard übertragen. Beim Rundgang konnte dann der beobachtete Status beim jeweiligen Beobachtungspunkt eingetragen werden.

Festlegen des Rundgangplans

Tabelle 5 zeigt die Liste der beobachteten Maschinen.

Nr.	Bezeichnung	Maschinen Nr.	Auslastung
1	Multispitzen Autom. Haux	11712	2- Schicht
2	Microrex Einstechen	11006	1- Schicht
3	Nutschleifen Hertlein FGD- 500 CNC	10909	3- Schicht
4	HM- Spitze schleifen Glas/Keramo	11710-3	2- Schicht
5	HM- Spitze schleifen Brustschliff/ Dachschliff	11710-1/2	1- Schicht
6	SDS- Schaftbearbeitung Neu	11753-1	2- Schicht
7	Schuster- Spiralfräsen	11763-1	3- Schicht
8	SDS- Kopfbearbeitung Neu	11754-1	3- Schicht
9	Kopfbearbeitung alt	11750-1	1- Schicht
10	Schuster- Spiralfräsen Neu	11764	2- Schicht
11	Hartner Nutfräsen 5- 10	11760-1	2- Schicht
12	Hartner Nutfräsen 5- 12	11761-1	1- Schicht
13	Kleines Schuster- BABZ	11601-1	3- Schicht
14	Großes Schuster- BABZ	11602-1	3- Schicht
15	Löten Steinbohrer Autom. 3,0	11651-1	2- Schicht

Tabelle 5: Liste der analysierten Maschinen

Auf Basis dieser Tabelle wurde ein Rundgangplan erstellt (siehe Abbildung 46)

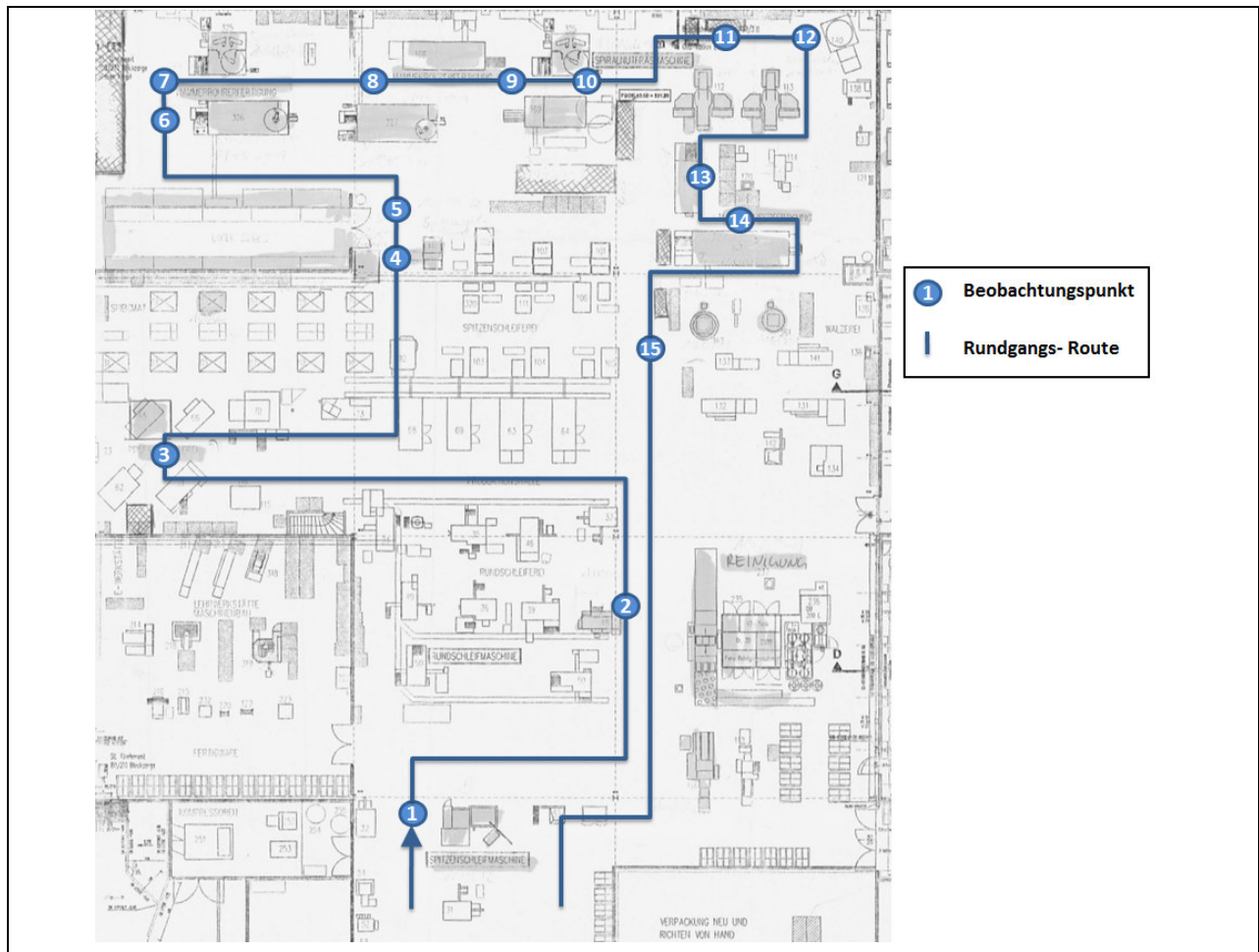


Abbildung 46. Rundgangplan Multimomentaufnahme²⁷¹

Durchführung der Multimomentaufnahme

Für die Durchführung wurde ein Umfang von 30 Rundgängen pro Tag festgelegt. Der Beobachtungszeitraum wurde auf fünf Werktage fixiert. Betrachtet wurden 15 Maschinen. Daraus ergab sich eine Beobachtungsanzahl von $n = 2250$. Die Rundgangs- Zeitpunkte wurden per Zufallsprinzip festgelegt.

Gestartet wurde die Analyse mit Beginn der Frühschicht am Mittwoch dem 17.09.2014. Beendet wurde die Multimomentaufnahme mit Ende der Nachtschicht am Morgen des 25.09.2014 (Mittwoch). Somit konnten 15 Schichten erfasst werden, die zusätzlich über zwei Wochen verteilt waren. Dies verbessert das Ergebnis dahingehend, dass aufgrund des Rotationsprinzips im Schichtplan unterschiedliche Werker die beobachteten Maschinen bedienen und somit der Einfluss des Werkers besser ausgeglichen werden konnte. Vorgenommen wurden die Rundgänge von Herrn Jungreithmair (TU Graz) und

²⁷¹ Eigene Darstellung

Herrn Pretschuh (Alpen- MAYKESTAG GmbH). Durch die geringe Anzahl an Beobachtern konnten Abweichungen aufgrund unterschiedlicher individueller Interpretation der Ablaufarten minimiert werden.

Auswertung der Ergebnisse

Nach Abschluss der Beobachtungen wurden die Multimomentaufnahmebögen ausgewertet und die unterschiedlichen Anteile der Zustände bzw. Tätigkeiten in Form von Tortendiagrammen dargestellt.

Für die Auswertung wurden mehrere Maschinen zu Maschinengruppen zusammengefasst. Dies ermöglichte eine gesonderte Betrachtung der Maschinen die von Mitarbeitern im Handbetrieb bedient und jener, die in Form einer Mehrmaschinenbedienung betrieben werden.

Gruppe Handbetrieb

Diese Gruppe fasst alle Maschinen zusammen, bei denen keine Mehrmaschinenbedienung möglich ist. Das bedeutet, dass immer ein Werker für eine Maschine verantwortlich ist und während der gesamten Einsatzdauer bei der jeweiligen Anlage anwesend sein muss. Folgende Maschinen wurden gebündelt:

- HM Spitze Schleifen Glas/Keramo
- HM Spitze Schleifen Brust-/Dachschliff
- Löten Steinbohrer Autom. 3,0

Gruppe Mehrmaschinenbedienung

Hier ist ein Werker für die Bedienung mehrerer Maschinen gleichzeitig zuständig. Die Gruppe besteht aus:

- *Bearbeitungszentren* Kleines Schuster- BABZ
Großes Schuster- BABZ
- *Spiralfräsen* Hartner Nutfräsen 5-10
Hartner Nutfräsen 5-12
Schuster Spiralfräsen NEU
- *Kopf/Schaft/Nut Bearb.* SDS- Schaftbearbeitung NEU
Schuster Spiralfräsen ALT
SDS Kopfbearbeitung NEU
Kopfbearbeitung ALT

Abbildung 47 zeigt die prozentuelle Aufteilung der Zustände der betrachteten Maschinen. Die Verteilung der Tätigkeiten der Werker ist in Abbildung 48 ersichtlich.

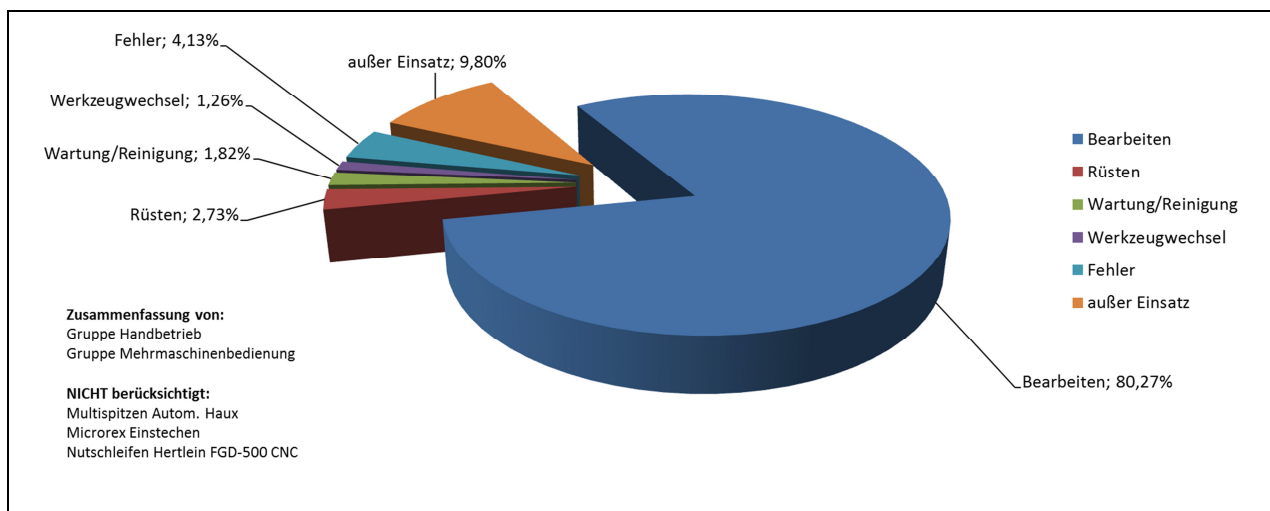


Abbildung 47: Prozentuelle Verteilung der Maschinen- Zustände

In die Bewertung wurden nur jene Maschinen aufgenommen, die laut Schichtplan im Moment der Beobachtung in Betrieb sein sollten. Dadurch wurde der tatsächliche Anteil des Zustands „außer Betrieb“ während den Einsatzschichten erfasst.

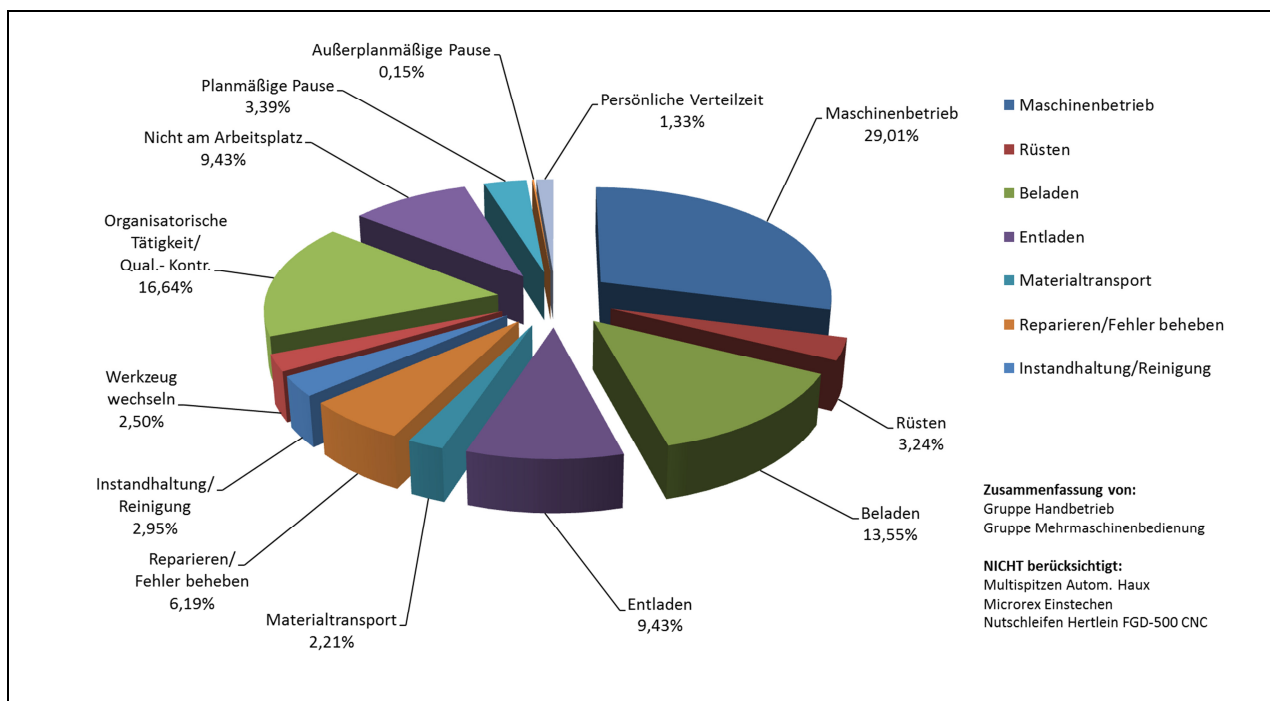


Abbildung 48: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker

Die detaillierten Auswertungen der einzelnen Maschinengruppen sind im Anhang B ersichtlich.

Durch die Anzahl an Beobachtungen von $n = 2250$ lieferte die Multimomentaufnahme sehr genaue Ergebnisse. Der Vertrauensbereich f kann mit Formel (5) berechnet werden. Er gibt an, wie hoch der wahre Anteil eines Arbeitszustands von jenem der Multimomentaufnahme abweichen kann. Der Vertrauensbereich wird für jeden einzelnen Anteil separat berechnet. Im Folgenden wird der Anteil „Bearbeiten“ untersucht ($p = 80,27\%$). Das Ergebnis liefert einen absoluten Vertrauensbereich von $f = 1,64\%$. Bezogen auf den Anteil von $p = 80,27\%$ ergibt sich ein relativer Vertrauensbereich von 2%.

$$f = 1,96 * \sqrt{\frac{p * (100 - p)}{n}} = 1,96 * \sqrt{\frac{80,27 * (100 - 80,27)}{2250}} = 1,64\% \quad (5)^{272}$$

p ... Anteil des beobachteten Anteils

n ... Anzahl der Beobachtungen

Maschinenauslastung

Die Multimomentaufnahme lieferte zusätzliche Werte für die Auslastungen der betrachteten Maschinen (siehe Tabelle 6).

Gruppe	Maschine	Ablaufart						dezeitige Belegung
		Bearbeiten	Rüsten	Wartung/ Reinigung	Werkzeug- wechsel	Fehler	außer Einsatz	
Haux/Einstecken/ FGD	Haux CNC Spitzenschleifen	61,10%	0,00%	0,70%	0,00%	0,70%	37,50%	2- Schicht
	Microrex Einstecken	23,40%	6,80%	0,70%	2,70%	3,40%	63,00%	1- Schicht
	Hertlein FGD CNC Nutenschleifen	78,60%	1,30%	2,00%	2,00%	2,70%	13,40%	3- Schicht
Handbetrieb	HM- Spitze Schleifen Glas/Keramo	38,50%	1,40%	0,00%	0,00%	0,00%	60,10%	2- Schicht
	HM- Spitze Schleifen Hand	30,90%	1,30%	0,70%	0,00%	0,00%	67,10%	1- Schicht
	Flammlöten	24,80%	0,00%	0,70%	0,00%	0,70%	73,80%	2- Schicht
Bearbeitungszentren	kleines BABZ	73,80%	4,70%	2,70%	0,00%	13,40%	5,40%	3- Schicht
	großes BABZ	87,30%	0,00%	2,00%	0,70%	6,00%	4,00%	3- Schicht
Spiralfräsen	Schuster Spiralfräsen NEU	47,60%	2,70%	0,70%	0,70%	1,30%	47,00%	2- Schicht
	Hartner Nutenfräsen 5-10	52,30%	1,30%	0,70%	0,00%	0,00%	45,70%	2- Schicht
	Hartner Nutenfräsen 5-12	25,70%	0,70%	0,00%	1,40%	1,40%	70,80%	1- Schicht
Kopf/Schaft/ Nut Bearbeitung	SDS Schaftbearbeitung NEU	53,70%	1,30%	2,00%	3,40%	4,00%	35,60%	2- Schicht
	Schuster Spiralfräsen ALT	56,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	43,60%	3- Schicht
	Kopfbearbeitung NEU	81,90%	6,00%	4,00%	0,70%	2,70%	4,70%	3- Schicht
	Kopfbearbeitung ALT	44,20%	0,00%	0,70%	0,70%	5,40%	49,00%	1- Schicht

Tabelle 6: Maschinenauslastungen

Die erhaltenen Informationen konnten in weiterer Folge zur groben Abschätzung des zukünftig benötigten Maschinenbestands herangezogen werden. Dazu war eine

²⁷² Vgl. REFA (1992), S.257

Zukunftsprognose für die Entwicklung der Produktionszahlen notwendig (siehe Abbildung 49). Diese Produktionsmengen wurden im Anschluss mit den Maschinenauslastungen kombiniert.

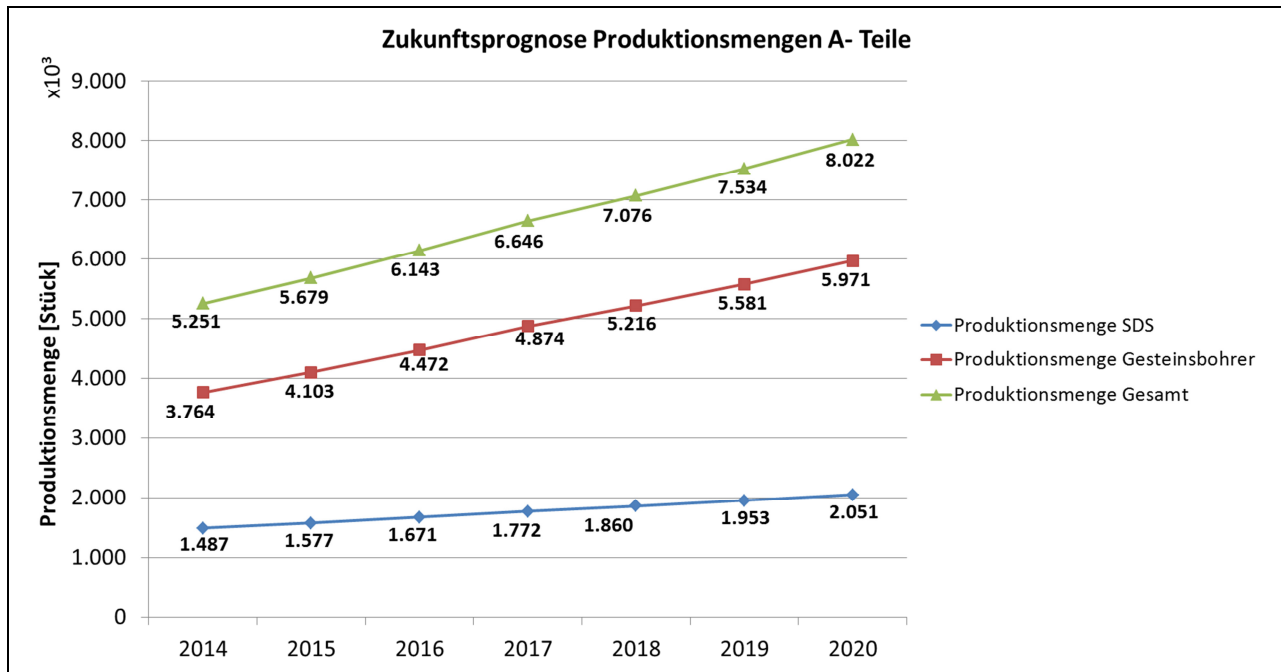


Abbildung 49: Zukunftsprognose Produktionsmengen²⁷³

Tabelle 7 zeigt die zukünftigen Maschinenauslastungen. In der Spalte „Bearbeiten“ ist die derzeitige Auslastung angegeben. „Maximale Auslastung“ weist den Wert aus, der höchstens erreicht werden kann. Er ergibt sich aus der Addition des Anteils „außer Einsatz“ mit der derzeitigen Auslastung. Es wurde die Annahme getroffen, dass bei den Anteilen „Rüsten“, „Wartung/Reinigung“ und „Werkzeugwechsel“ keine Reduktion des Anteils aufgrund diverser Optimierungen erzielt werden kann. Somit wurden diese als konstant betrachtet, da die Tätigkeiten auch in Zukunft durchgeführt werden müssen.

Durch zusätzliche Schichten am Wochenende bzw. bei Maschinen, die nicht im 3-Schicht-Betrieb laufen auch unter der Woche, können bei Bedarf Ressourcen gewonnen werden. Die Spalte „Kapazitätsgewinn mit Zusatzschicht“ gibt jenen Wert an, um den die Auslastung bei einer Erweiterung um eine Schicht gesteigert werden kann.

Die Spalte „Schichten pro Woche“ gibt an, mit welcher Belegung die betrachteten Maschinen zurzeit der Multimomentaufnahme betrieben wurden.

Unter "Prognose" sind die erwarteten Auslastungen für die jeweiligen Geschäftsjahre zu finden. Felder, die rot markiert sind, übersteigen die nach den getroffenen Annahmen

²⁷³ Daten lt. Hr. Stangassinger, Geschäftsführer Alpen- MAYKESTAG GmbH, erhalten am 30.09.2014

maximale Auslastung. Diese Maschinen müssen genauer beobachtet werden. So können zum Beispiel durch Optimierung der Rüst- und Wartungsanteile, zusätzliche Schichten am Wochenende oder Umschichtung der Aufträge auf andere Maschinen (Kopfbearbeitung alt) benötigte Ressourcen geschaffen werden.

Es ist festzuhalten, dass es sich hier um eine grobe Näherung handelt. Trotzdem kann das Ergebnis durch die Beobachtungen vor Ort für plausibel erklärt werden.

Gruppe	Maschine	Bearbeiteten	Maximale Auslastung	Kapazitäts-gewinn mit Zusatzschicht	Schichten pro Woche	Prognose					
						2015	2016	2017	2018	2019	2020
Haux/Einstechen/FGD	Haux CNC Spitzenschleifen	61,10%	98,60%	6,11%	10	66,60%	72,59%	79,13%	84,67%	90,59%	96,93%
	Microrex Einstechen	23,40%	86,40%	4,68%	5	25,51%	27,80%	30,30%	32,42%	34,69%	37,12%
	Hertlein FGD CNC Nutenschleifen	78,60%	92,00%	5,24%	15	83,32%	88,31%	93,61%	98,29%	103,21%	108,37%
Handbetrieb	HM- Spitze Schleifen Glas/Keramo	38,50%	98,60%	3,85%	10	41,97%	45,74%	49,86%	53,35%	57,08%	61,08%
	HM- Spitze Schleifen Hand	30,90%	98,00%	6,18%	5	33,68%	36,71%	40,02%	42,82%	45,81%	49,02%
	Flammlöten	24,80%	98,60%	2,48%	10	27,03%	29,46%	32,12%	34,36%	36,77%	39,34%
Bearbeitungszentren	kleines BABZ	73,80%	79,20%	4,92%	15	80,44%	87,68%	95,57%	102,26%	109,42%	117,08%
	großes BABZ	87,30%	91,30%	5,82%	15	95,16%	103,72%	113,06%	120,97%	129,44%	138,50%
Spiralfräsen	Schuster Spiralfräsen NEU	47,60%	94,60%	4,76%	10	51,88%	56,55%	61,64%	65,96%	70,58%	75,52%
	Hartner Nutenfräsen 5-10	52,30%	98,00%	5,23%	10	57,01%	62,14%	67,73%	72,47%	77,54%	82,97%
	Hartner Nutenfräsen 5-12	25,70%	96,50%	5,14%	5	27,24%	28,88%	30,61%	32,14%	33,75%	35,43%
Kopf/Schaft/Nut Bearbeitung	SDS Schaftbearbeitung NEU	53,70%	89,30%	5,37%	10	56,92%	60,34%	63,96%	67,16%	70,51%	74,04%
	Schuster Spiralfräsen ALT	56,40%	100,00%	3,76%	15	59,78%	63,37%	67,17%	70,53%	74,06%	77,76%
	Kopfbearbeitung NEU	81,90%	86,60%	5,46%	15	86,81%	92,02%	97,54%	102,42%	107,54%	112,92%
	Kopfbearbeitung ALT	44,20%	93,20%	8,84%	5	48,18%	52,51%	57,24%	61,25%	65,53%	70,12%

Tabelle 7: Zukünftige Maschinenauslastung

4.1.4 Analyse der Materialflussbeziehungen

Als Basis für die Materialflussplanung der neuen Produktionsstätte mussten detaillierte Informationen über die vorherrschenden innerbetrieblichen Materialflüsse gewonnen werden. Im Rahmen der Ist- Stand- Analyse wurden unter anderem bereits folgende Größen ermittelt:

- Produktionsmengen
- Produktionsabläufe
- Involvierte Maschinen

Mit diesen drei Quellen war es möglich eine Transportintensitätsmatrix (TIM) zu erstellen. Sie erfasst alle Materialflüsse zwischen den jeweiligen Produktionsmaschinen und stellt diese übersichtlich dar.

Aus der TIM kann ebenfalls eine Transportleistungszahl berechnet werden. Dabei handelt es sich um einen Wert zur quantitativen Bewertung eines Produktionslayouts.

Bei der Erstellung der TIM wurde folgendermaßen vorgegangen:²⁷⁴

- Auswahl der relevanten Produkte
- Betrachtung der Arbeitspläne der einzelnen Bohrer und anschließende Zusammenfassung von Produkten mit identen Arbeitsplänen
- Eintragen aller Materialflüsse in eine Von- Zu Matrix (Materialflussmatrix)
- Bildung eines Einheitsladungsträgers
- Umrechnung der Materialflüsse in Anzahl der notwendigen Transporte mittels Einheitsladungsträger (Transportmatrix)
- Ermittlung der Entfernungen durch Messen der Distanzen zwischen den Maschinen im Ist- Stand- Layoutplan (Entfernungsmatrix)
- ***Transportintensitätsmatrix = Transportmatrix * Entfernungsmatrix***

4.1.4.1 Bildung eines Einheitsladungsträgers

In der Produktion werden die einzelnen Bohrer in Schütten transportiert. Die Anzahl der sich in einem Ladungsträger befindlichen Produkte variiert aufgrund der unterschiedlichen Durchmesser. Zur Vereinfachung bei der Erfassung der notwendigen Transportspiele wurde ein Einheitsladungsträger gebildet, der den weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt wird. Dazu wurden Annahmen getroffen, die im Folgenden festgehalten sind:

Schütte

Die Abmaße des Einheitsladungsträgers wurden mit 500x300x200mm (lxbxh) festgelegt. Dies entspricht den Schütten, die vor Ort zur Anwendung kommen.

Daraus ergibt sich ein Füllvolumen von $V_{EHL} = 0,03\text{m}^3$. Legt man die Dichte von Stahl mit $\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ fest, können theoretisch 235,5kg Material transportiert werden.

Packungsdichte

Durch die runde Form der Schäfte bleibt immer ein gewisser Freiraum zwischen den einzelnen Bohrern in einer Schütte. Durch mathematische Beziehungen konnte die Packungsdichte berechnet werden. Sie ist unabhängig vom Durchmesser und wurde mit dem Faktor $f_{PD} = 0,9$ berücksichtigt.

²⁷⁴ Vgl. Arnold, et al. (2008), S.395

Ausfüllungsgrad

In der Praxis wurden die Schütten nicht vollständig beladen. Gründe sind ein zu hohes Gewicht bei voller Befüllung und zusätzlich benötigter Platz für Abstandhalter. Diese gewährleisten bei der Metallentfettung ein besseres Waschergebnis, da das Reinigungsmittel ansonsten nicht alle Bereiche einer Schütte erreichen könnte.

Durch Beobachtungen in der Produktion wurde der Ausfüllungsgrad mit dem Faktor $f_{AG} = 0,33$ berücksichtigt.

Somit errechnete sich für die Einheitsschütte laut Formel (6) eine Masse von $m_{EHL} = 70kg$.

$$m_{EHL} = V_{EHS} * \rho * f_{PD} * f_{AG} = 0,03m^3 * 7850 \frac{kg}{m^3} * 0,9 * 0,33 = 70kg \quad (6)$$

Da die Masse jedes Bohrers bekannt ist, ergibt sich eine produktspezifische Stückzahl pro Schütte. Somit konnte eine Vereinheitlichung des Ladungsträgers bei gleichzeitiger Berücksichtigung der unterschiedlichen Stückzahlen je Bohrertyp erreicht werden.

Tabelle 8 zeigt die vollständige Transportintensitätsmatrix der Ist- Situation. Die eingetragenen Werte stellen die Transportleistungszahl dar und haben die Einheit [*Schuetten * m*]. Die Gesamttransportleistungszahl beträgt 552523 [*Schuetten * m*].

4.1.4.2 Darstellung der Materialflussbeziehungen

Um eine bessere Übersicht über die innerbetrieblichen Materialflussbeziehungen zu erhalten eignet sich die graphische Darstellung der Materialflüsse. Eine Möglichkeit dafür ist das Sankey- Diagramm. Es stellt die Materialflüsse zwischen den einzelnen Maschinen und Bereichen als Pfeile dar. Die Dicke der Pfeile entspricht der Intensität der jeweiligen Materialflüsse. Abbildung 50 zeigt die Materialflüsse des Ist- Standes.

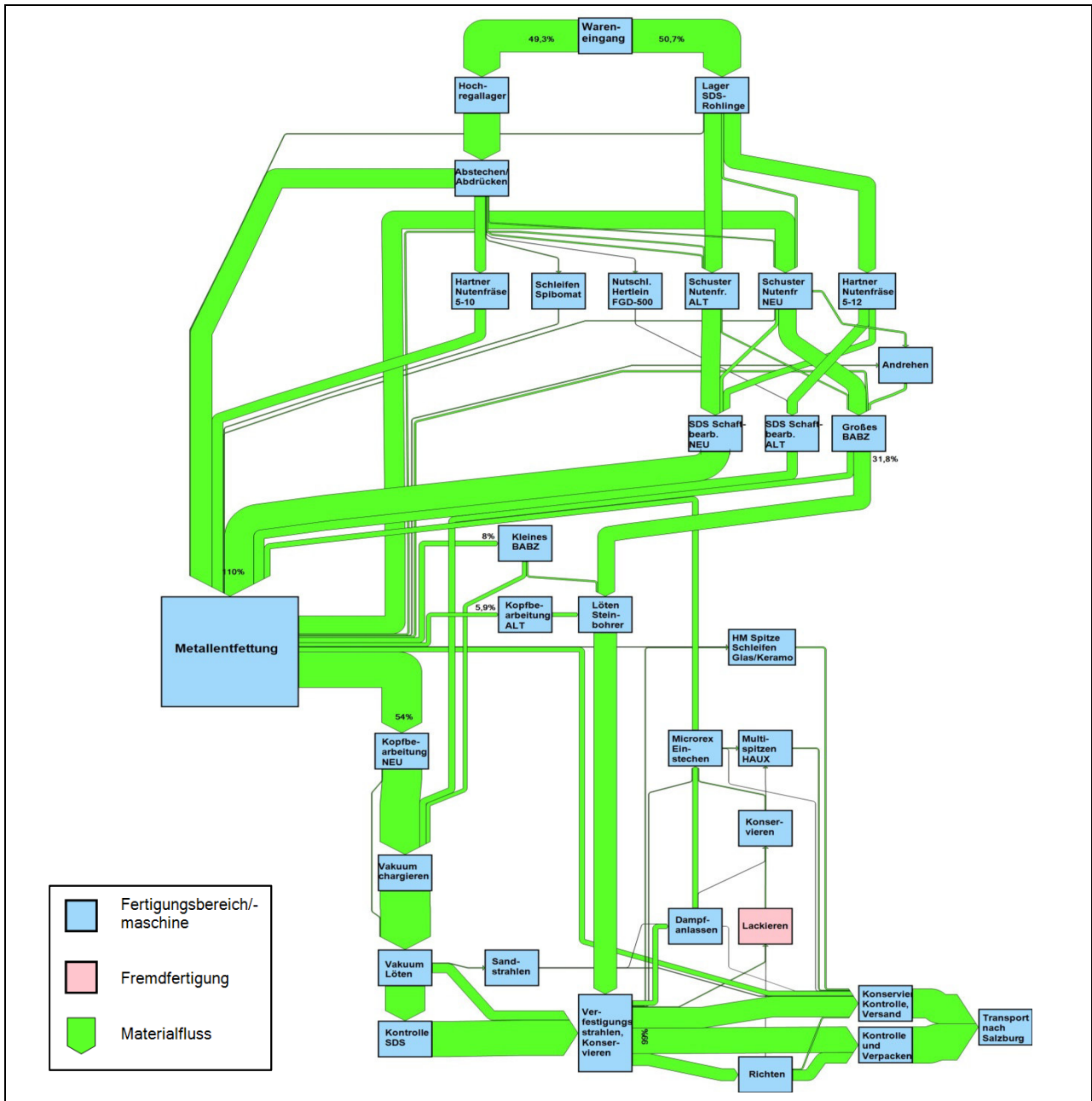


Abbildung 50: Sankey- Diagramm Ist- Stand²⁷⁵

²⁷⁵ Eigene Darstellung

4.2 Grobplanung

Nach der Analyse des Ist- Standes wurde auf Basis der gewonnenen Daten eine Materialflussplanung für die neue Produktionsstätte durchgeführt. Im Anschluss wurden mehrere Layoutvarianten erstellt und mittels Nutzwertanalyse bewertet. Abbildung 51 zeigt die Vorgehensweise bei der Grobplanung. Anschließend sind die einzelnen Schritte dokumentiert.

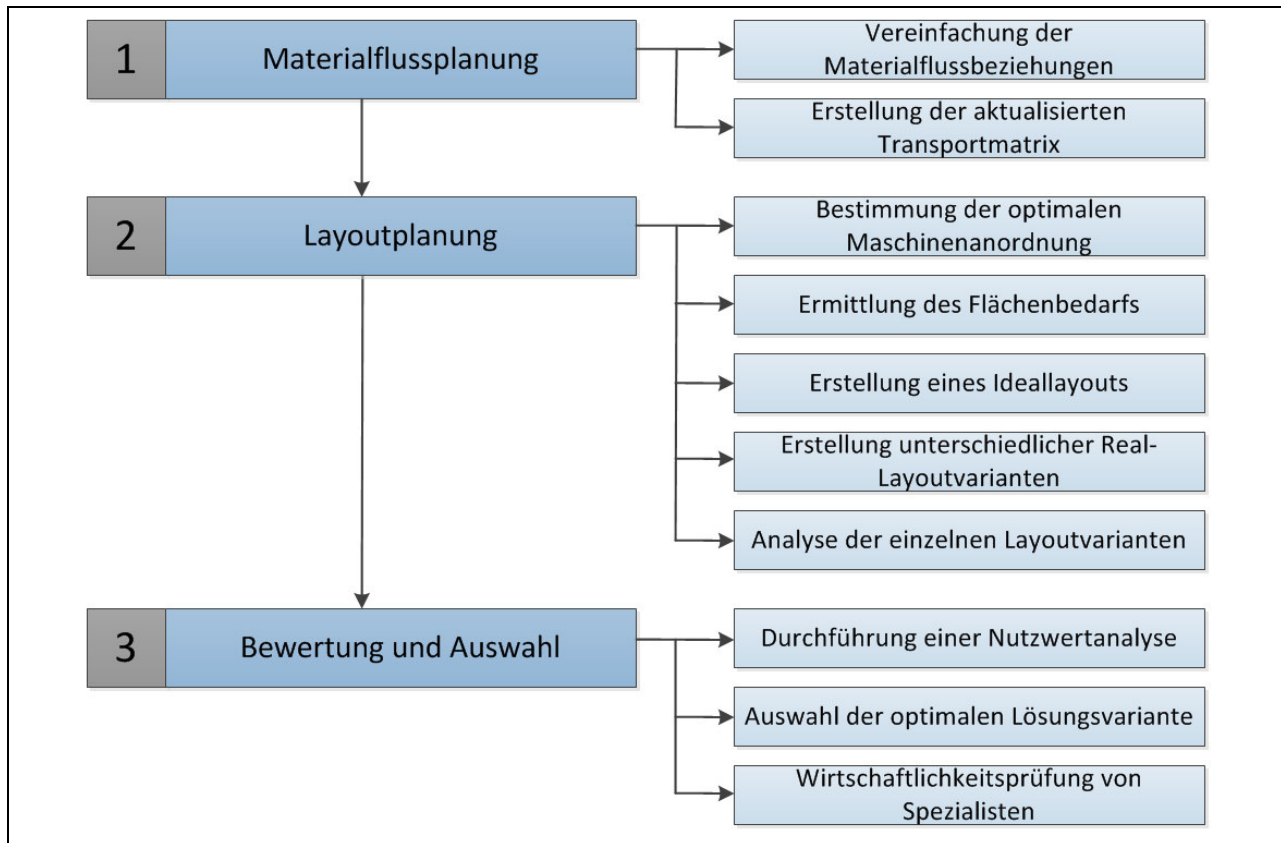


Abbildung 51: Vorgehensweise Grobplanung²⁷⁶

4.2.1 Materialflussplanung

Die Materialflussanalyse zeigte die komplexen Vernetzungen der Materialflussbeziehungen. Für die weiteren Planungen wurden diverse Vereinfachungen angestrebt. Die getroffenen Annahmen sowie die eingeplanten Änderungen werden in den nächsten Punkten im Detail dokumentiert.

²⁷⁶ In Anlehnung an Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.20, eigene Darstellung

4.2.1.1 Änderung Detaillierungsgrad

Im Rahmen der Ist- Stand- Analyse wurden die Materialflussbeziehungen auf Maschinenebene untersucht. Es wurden die Vernetzungen zwischen den einzelnen Produktionsmaschinen analysiert. Nachdem für die Neuplanung ein gröberer Detaillierungsgrad angestrebt wurde, wurden mehrere Maschinen zu Fertigungsbereichen zusammengefasst. Das bedeutet, dass zum Beispiel alle Fräsmaschinen, auf denen der Bearbeitungsschritt „Nutbearbeiten“ durchgeführt werden kann, zum Bearbeitungsbereich „Nutfräsen“ gebündelt wurden. Diese Vorgehensweise verringerte die Komplexität, da nicht alle Materialflüsse zwischen den einzelnen Anlagen abgebildet werden mussten. Des Weiteren wurden einige Maschinen eingeplant, die noch nicht existieren. Da für solche Anlagen keine Informationen bezüglich Materialflüsse vorliegen, wäre eine detaillierte Planung eine grobe Abschätzung und somit von Ungenauigkeiten begleitet.

4.2.1.2 Produktionsmengen

Für die Materialflussplanung wurden die prognostizierten Produktionsmengen des Geschäftsjahres 2020 herangezogen (siehe Abbildung 49).²⁷⁷ Die Planung mit den zukünftigen Werten ermöglichte die Berücksichtigung von erwarteten Zuwächsen in den Absatzmengen, wodurch die Wandlungsfähigkeit der Betriebsstätte in einem angestrebten Maß gewährleistet werden kann. In diesem Sinne wurden Flächen für Maschinen eingeplant, die erst in den kommenden Jahren in Betrieb genommen werden, vorausgesetzt die tatsächlichen Absatzmengen folgen der getätigten Zukunftsprognose.

Zu beachten ist, dass im Vergleich zur Ist- Stand Analyse, bei der Materialflussplanung nicht nur die Produktionsmengen der A- Teile, sondern die Gesamtproduktionsmengen der jeweiligen Produktgruppen als Planungsgrundlage herangezogen wurden. Dies ermöglicht eine realistischere Abbildung der Materialflussbeziehungen und deren Intensitäten, da durch die A- Teile nur ca. 80% des Produktionsvolumens repräsentiert werden würde. Mit der Erfassung der Produktgruppen- Produktionsmenge konnte der Wert auf 97% erhöht werden, was einer nahezu kompletten Abdeckung entspricht.

²⁷⁷ Daten lt. Hrn. Stangassinger, Geschäftsführer Alpen- MAYKESTAG GmbH, erhalten am 30.09.2014,

4.2.1.3 Vereinheitlichung der Arbeitspläne

Bei der Analyse der Arbeitsabläufe wurde die hohe Vielfalt an abweichenden Fertigungsabfolgen der einzelnen Produkte deutlich. Für eine effiziente Planung wurden die Arbeitspläne für jede Produktgruppe vereinheitlicht. Dies hatte eine Reduktion der unterschiedlichen Prozessabfolgen vom Rohteil zum fertigen Produkt von 33 auf 6 zur Folge.

4.2.1.4 Umstrukturierung der Fertigungsbereiche

Zusätzlich wurden einige Änderungen hinsichtlich der Fertigungsbereiche durchgeführt. So kam es unter anderem zur Zusammenlegung bzw. Aufspaltung von Bereichen. Die wichtigsten Umstrukturierungen werden im Folgenden erörtert.

Gesamtlager

Bei den Untersuchungen vor Ort konnte festgestellt werden, dass eine Vielzahl von Produkten einen identen Bohrer- Rohling als Ausgangsprodukt vorweisen. Des Weiteren lagen beim Ist- Layout getrennte Lagerflächen für die Rohteile, die aus Stabmaterial gefertigt werden sowie die zugekauften Rohlinge für die Fertigung der SDS+ Hammerbohrer vor. Für die neue Halle wurde eine Bündelung der beiden Lagerflächen angestrebt, um die Lagerverwaltung zu vereinfachen.

Aus den beschriebenen Beobachtungen ergaben sich Überlegungen bezüglich der Realisierung eines Gesamt- Rohteillagers. Die Vorteile liegen in der Verkürzung der Durchlaufzeit, da der Bearbeitungsschritt „Abstechen/Abdrücken“ aus der Fertigungskette herausgelöst werden könnte. Durch die Installation eines Kanban Systems zwischen Abstecherei und neuem Gesamtlager würde eine kontinuierliche Befüllung bei gleichzeitiger Bereitstellung der festgelegten Sicherheitsbestände gewährleistet werden.

Es konnten keine Möglichkeiten zur Quantifizierung der Vorteile gefunden werden, da jedoch in einer anderen Produktparte der Alpen- MAYKESTAG GmbH bereits ein Gesamtlager- Konzept erfolgreich im Betrieb ist und auch die theoretischen Überlegungen positive Ergebnisse lieferten, wurde die Einplanung eines Gesamt- Rohteillagers für den betrachteten Bereich beschlossen.²⁷⁸

²⁷⁸ Entscheidung lt. Hrn. Schauerermann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, bei Layout Workshop am 02.12.2014

Als Infrastruktur für die Lagerung wurden Durchlaufregalen gewählt. Dies ermöglicht einen Materialdurchsatz nach dem FIFO Prinzip.

Eingelagert werden Rohlinge aus Stabmaterial, welche als Ausgangsprodukt für Gesteinsbohrer dienen sowie die zugekauften Rohlinge für die SDS+ Hammerbohrer. Der Bereich „Abstechen/Abdrücken“ beliefert somit nur noch das neue Gesamtlager. Der Bearbeitungsablauf beginnt für alle Produkte entweder mit dem Bearbeitungsschritt „Nutbearbeitung“ oder „Metallentfettung“.

Vakuum charg./Löten+ Kontrolle SDS

Die Arbeitsschritte „Vakuum chargieren“, „Vakuumhärten und Löten“ und „Kontrolle SDS“ wurden zu einem Bearbeitungsschritt zusammengefasst, der in einem gemeinsamen Bearbeitungsbereich mit dem Namen „Vakuum charg./Löten+ Kontrolle SDS“ durchgeführt wird. Grundsätzlich entspricht das bereits dem Ist- Stand. In der bestehenden Halle sind diese Bereiche jedoch räumlich abgetrennt und verschachtelt. Im neuen Layout wird daher eine ausreichend große, gemeinsame Fläche eingeplant.

Endkontrolle, Konservieren, Richten

Der Bereich „Konservieren und Kugelstrahlen“ wurden getrennt. „Konservieren“ wurde zur „Endkontrolle“ hinzugefügt.²⁷⁹ Dies hat materialflusstechnische Gründe, da sich bei Beibehaltung der bestehenden Aufteilung ein Materialfluss in entgegengesetzter Richtung des Hauptmaterialflusses ergeben würde.

Zusätzlich wurde der Bereich „Richten“ zur „Endkontrolle“ hinzugefügt. Da diese Tätigkeit bereits jetzt von den gleichen Mitarbeitern durchgeführt wird, sollen in Zukunft auch die Einheiten lokal vereinigt werden.

Durch die durchgeführten Änderungen ergab sich eine vereinfachte Transportmatrix (siehe Tabelle 9). Die Werte repräsentieren die Anzahl der Schütten, welche zwischen den Bereichen transportiert werden müssen, dar.

²⁷⁹ Entscheidung lt. Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, bei Layout Workshop am 02.12.2014

von ↓	zu →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Wareneingang		3865														3865	
2	Gesamtlager			2026	1839													3865
3	Entfetten				1963		1901							96	247			4208
4	Nutfräsen					1839	1963											3802
5	SDS Schaftbearbeitung			1839														1839
6	Kopfbearbeitung							1466	2399									3865
7	Löten Steinbohrer									1466								1466
8	Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS										2399							2399
9	Kugelstrahlen											154	247	96	63	3367		3928
10	Lackieren (Fremdvergabe)															154		154
11	Dampfanlassen												247					247
12	Rundschleifen			343														498
13	Spitzenschleifen															250		313
14	Endkontrolle, Konservieren, Richten												154				3865	4019
15	Warenausgang																	34467
			3865	4208	3802	1839	3865	1466	2399	3928	154	247	498	313	4019	3865	34467	

Werte in [Schuetten]

Tabelle 9: Transportmatrix Materialflussplanung²⁸⁰

Zusätzlich wurden die Materialflussbeziehungen wiederum graphisch mittels Sankey-Diagramm dargestellt. Abbildung 52 zeigt das Modell, welches in weiterer Folge für alle Planungsschritte herangezogen wurde.

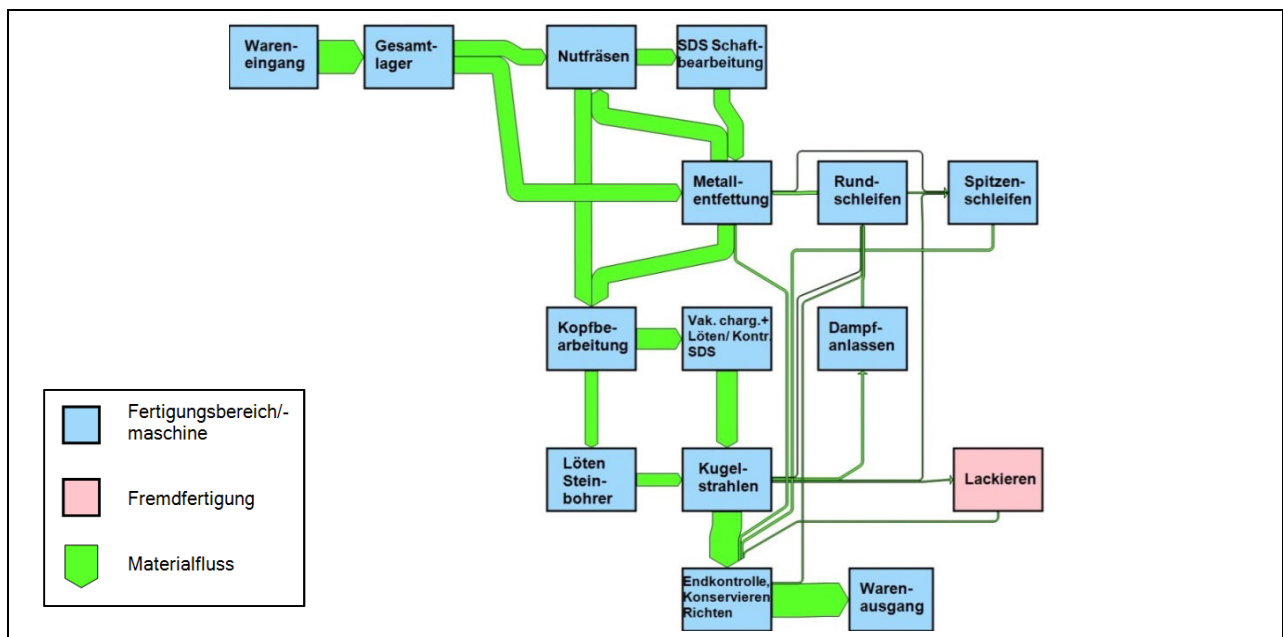


Abbildung 52: Sankey- Diagramm Materialflussplanung²⁸¹

²⁸⁰ Datenbasis: Produktionsmengen Geschäftsjahr 2014, erhalten von Hrn. Pretschuh, Mitarbeiter Bereich Projektmanagement, am 13.10.2014

²⁸¹ Eigene Darstellung

4.2.2 Layoutplanung

Die neu geplanten Materialflussbeziehungen dienen als Informationsgrundlage für die Erstellung unterschiedlicher Layoutvarianten. Dazu wurde zuerst die optimierte Maschinenanordnung bestimmt, anschließend der Flächenbedarf der jeweiligen Bearbeitungsbereiche ermittelt und daraus ein ideales Blocklayout erstellt. Basierend auf dem Ideallayout wurden mehrere Layout-Optionen erarbeitet, die in weiterer Folge mittels Nutzwertanalyse einer Bewertung unterzogen wurden. Dadurch konnte jene Variante ermittelt werden, die das höchste Optimierungspotential aufweist.

4.2.2.1 Bestimmung der optimalen Maschinenanordnung

Zur Bestimmung der optimalen Maschinenanordnung wurde das modifizierte Dreieckverfahren nach Schmigalla herangezogen. Es handelt sich dabei um eine mathematische Methode, die darauf abzielt Bereiche mit starken Materialflussbeziehungen so nahe wie möglich zueinander anzuordnen. Bestandteile sind ein Berechnungsmodell sowie die anschließende Anordnung der Bereiche in einem Dreieck- bzw. Viereckraster.²⁸²

Bestimmung des Fertigungsprinzips

Der Ermittlung der optimalen Maschinenanordnung gingen Überlegungen hinsichtlich des Fertigungsprinzips voraus. Die theoretischen Grundlagen sind in Kapitel 3.3.1 (siehe Seite 41) erklärt.

Der Kooperationsgrad κ wurde mit Formel (4) (siehe Seite 43) berechnet. Die Werte für M und m_i konnten aus der Transportmatrix für die Materialflussplanung (siehe Tabelle 9, S.98) entnommen werden.

Mit dem berechneten Kooperationsgrad $\kappa=3,4$ konnte anschließend mit Hilfe des Diagramms in Abbildung 27 (siehe S.43) das Fertigungsprinzip festgelegt werden. Im vorliegenden Fall kam das Fluss- bzw. Linienprinzip zur Anwendung. Das bedeutete, dass die Fertigungsanlagen in der Reihenfolge des Arbeitsplans anzuordnen waren.

Nachdem das Fertigungsprinzip ermittelt wurde, konnte mit der Ermittlung der optimalen Maschinenanordnung nach dem modifizierten Dreieck- bzw.

²⁸² Vgl. Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.230ff.

Viereckverfahren nach Schmigalla begonnen werden. Dazu wurde die Transportmatrix, welche im Rahmen der Materialflussplanung erstellt wurde, herangezogen. Werte, die sich unterhalb der Hauptdiagonale befanden wurden nach oben gespiegelt. Sie stellen einen Materialfluss entgegen die Hauptmaterialflussrichtung dar. Die Richtung des Materialflusses ist bei dieser Methode nicht von Bedeutung. Tabelle 10 zeigt die gespiegelte Transportmatrix sowie die Rechentabelle. Das Verfahren liefert als Ergebnis eine Reihung, welche Bereiche im Layout in kurzer Distanz zueinander positioniert werden sollen. Die Reihenfolge wird durch die Intensität der Materialflüsse zwischen den Bereichen bestimmt.

von ↓	zu →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Wareneingang			3865													
2 Gesamtlager				2026	1839											
3 Entfetten					1963	1839	1901						343	96	247	
4 Nutfräsen						1839	1963									
5 SDS Schaftbearbeitung																
6 Kopfbearbeitung								1466	2399							
7 Löten Steinbohrer										1466						
8 Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS											2399					
9 Kugelstrahlen												154	247	96	125	3367
10 Lackieren (Fremdfertigung)																154
11 Dampfanlassen													247			
12 Rundschleifen														154	154	
13 Spitzenschleifen																250
14 Endkontrolle, Konservieren, Richten																
15 Warenausgang																3865

1 Wareneingang																
2 Gesamtlager			2026	1839												
Σ			2026	1839												
3 Entfetten				1963	1839	1901							343	96	247	
Σ				3802	1839	1901							343	96	247	
4 Nutfräsen					1839	1963										
Σ					3677	3865							343	96	247	
6 Kopfbearbeitung							1466	2399								
Σ							3677	1466	2399				343	96	247	
5 SDS Schaftbearbeitung																
Σ								1466	2399				343	96	247	
8 Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS										2399						
Σ								1466	2399				343	96	247	
9 Kugelstrahlen									1466		154	247	96	125	3367	
Σ									2932		154	247	439	222	3614	
14 Endkontrolle, Konservieren, Richten											154		154	250		3865
Σ										2932	308	247	593	472		3865
15 Warenausgang																
Σ									2932		308	247	593	472		
7 Löten Steinbohrer																
Σ											308	247	593	472		
12 Rundschleifen												247		154		
Σ											308	494		626		
13 Spitzenschleifen																
Σ											308	494				
11 Dampfanlassen																
Σ											308					
10 Lackieren (Fremdfertigung)																

Tabelle 10: Gespiegelte Transportmatrix und Rechentabelle für Dreieckverfahren

Auf Basis der Ergebnisse wurden mehrere Viereckschemen entwickelt. Die Bewertung erfolgte durch Ermittlung der Transportleistungszahl. Diese errechnet sich durch die Multiplikation der zu transportierenden Ladungsträger mit der zu transportierenden Wegstrecke. Die Strecke basiert auf den geometrischen Beziehungen zwischen den Fertigungsbereichen, wobei die direkte Verbindung mit 1 festgelegt wurde. Abbildung 53 zeigt das Viereckschema, welches als Ausgangslage für die Erstellung eines idealen Blocklayouts diente. Die rot markierten Verbindungen stellen die Hauptmaterialflüsse dar, dessen bestmögliche Anordnung von höchster Priorität war. In weiterer Folge wurde versucht auch die Bereiche mit grünen Verbindungen (geringe Intensität) ideal anzuordnen. Die Zahlen in den Kreisen entsprechen der Nummerierung der Fertigungsbereiche lt. Transportmatrix (siehe Tabelle 9, Seite 98).

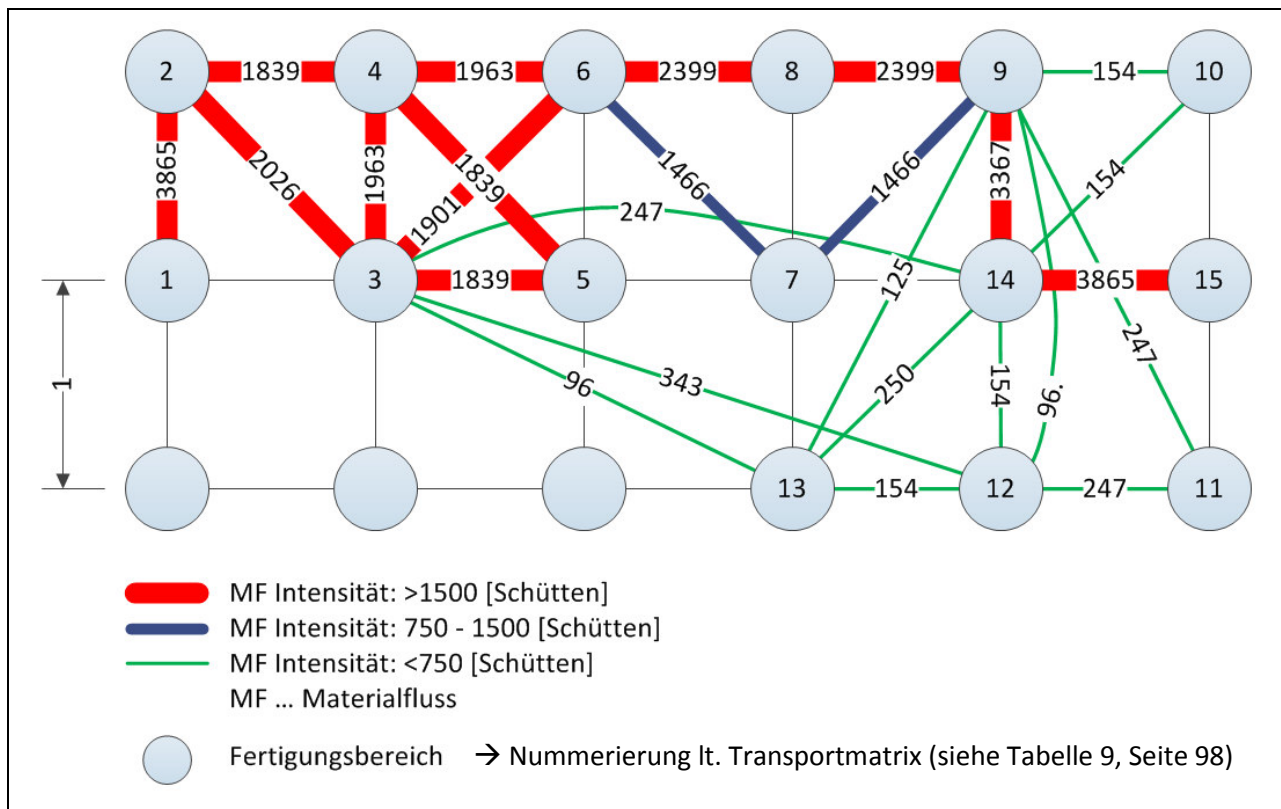


Abbildung 53: Viereckschema Ideallayout²⁸³

4.2.2.2 Bestimmung des Flächenbedarfs

Bei der Bestimmung der optimalen Maschinenanordnung wurde der Flächenbedarf der einzelnen Fertigungsbereiche nicht berücksichtigt. Darum musste für weitere Planungen die benötigte Arbeitsfläche ermittelt werden. Durch den Umstand, dass in

²⁸³ Eigene Darstellung

der neuen Produktionsstätte hauptsächlich Maschinen zum Einsatz kommen, die bereits in der bestehenden Halle existieren, konnte der jeweilige Flächenbedarf mit Hilfe der Grundfläche und unterschiedlichen Zuschlagsfaktoren berechnet werden. Diese variieren je nach Maschinengrundfläche (siehe Tabelle 11).

Grundfläche in m ²	Faktor f_a
> 0,5 - 1,0	6
> 1,0 - 2,0	5
> 2,0 - 3,0	4,5
> 3,0 - 4,0	4
> 4,0 - 12,0	3
> 12,0 - 16,0	2,5
> 16,0	2

Tabelle 11: Zuschlagsfaktoren f_G bezogen auf Maschinengrundfläche nach Rockstroh²⁸⁴

Durch die Multiplikation der Maschinengrundfläche mit dem Faktor f_G wurden folgende notwendige Zusatzflächen berücksichtigt:²⁸⁵

- Bedienfläche
- Bereitstellfläche für Werkstücke
- Bereitstellfläche für Werkzeuge und Vorrichtungen
- Fläche für Abfall (z. B.: Späne)
- Fläche für Wartung und Reparaturen

Die Maschinengrundflächen wurden durch Abmessungen vor Ort ermittelt. Daraus konnten die Maschinenarbeitsplatzflächen berechnet werden. Zusätzlich mussten noch Flächen für z.B. Zwischenlager und Transport eingeplant werden. Auch dafür wurden Zuschlagsfaktoren verwendet (siehe Tabelle 12).

Flächenkategorie	Faktor f_A
Bereitstellungs- und Zwischenlager	1,20 ... 1,30
Transport	1,25 ... 1,30
Qualitätssicherung	1,10 ... 1,20
technische Versorgungseinrichtungen	
Produktionssteuerung und Leitung	
Frei Restfläche bzw. Zusatzflächen	1,55 ... 1,8
$f_{Amin} \dots f_{Amax}$	

Tabelle 12: Arbeitsplatzflächenbezogene Zuschlagsfaktoren f_A nach Rockstroh²⁸⁶

²⁸⁴ In Anlehnung an Grundig (2013), S.106, eigene Darstellung

²⁸⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 106

²⁸⁶ In Anlehnung an Grundig (2013), S.107, eigene Darstellung

Tabelle 13 zeigt die vollständige Aufstellung der benötigten Flächen. Da es sich bei Fertigungsbereich 10 „Lackieren“ um eine Fremdfertigung handelt wurde dafür kein Platz eingeplant. Bei den gelb markierten Maschinen handelt es sich um Anlagen, die zurzeit noch nicht existieren. Folgen die Produktionszahlen den Zukunftsprognosen, werden diese Maschinen in Zukunft benötigt und wurden daher bei der Ermittlung des Flächenbedarfs berücksichtigt.

Der Zuschlagsfaktor f_A für die Produktionsflächen wurde laut Tabelle 12 mit 1,8 festgelegt. Er ergibt sich aus der Summe der Einzelfaktoren für „Flächen für Bereitstellungs- und Zwischenlager“ ($f_A = 1,3$), „Transport“ ($f_A = 1,3$) sowie für „Qualitätssicherung und Administration“ ($f_A = 1,2$).

Nr	Bereich	Maschine	Maschine					Zusatzgeräte				Gesamt		
			Länge l [m]	Breite b [m]	Fläche A [m ²]	f_a [1]	$f_a * A$ [m ²]	Länge l [m]	Breite b [m]	Fläche A [m ²]	Anmerkung	Σ [m ²]	$\Sigma * f_A$ [m ²]	
1	Wareneingang	Zwischenlagerfläche	7	5	35,0	1	35,0						35,0	
													Σ 35,0	63,0
2	Gesamtlager	Lagerfläche	10	8	80,0	1	80,0						80,0	
													Σ 80,0	144,0
3	Metallentfettung	Metallentfettungsanlage	9,2	4,8	44,2	2	88,3						88,3	
													Σ 88,3	159,0
4	Nutfräsen/Schleifen	Hartner 5-10	3,35	3,35	11,2	3	33,7						33,7	
		Hartner 5-12	3,35	3,35	11,2	3	33,7						33,7	
		Schuster Spiralfräsen alt	4	3,5	14,0	2,5	35,0	2,25	0,85	1,91	Schaltschrank (SS)		36,9	
		Schuster Spiralfräsen neu	4,4	2,9	12,8	2,5	31,9	2,2	1	2,20	SS		34,1	
		Nuttschleifen Hertlein FGD- 500	3,8	3,1	11,8	3	35,3						35,3	
		NUTSCHLEIFEN NEU	4	4	16,0	2	32,0						32,0	
													Σ 205,7	370,2
5	SDS Schaftbearbeitung	SDS Schaftbearbeitung alt	6,6	2,1	13,9	2,5	34,7	1,2	0,6	0,72	SS		35,4	
		SDS Schaftbearbeitung neu	6,2	3,3	20,5	2	40,9	2	0,75	1,50	SS		42,4	
													Σ 77,8	140,0
6	Kopfbearbeitung	Kleines Schuster BABZ	4,2	2,6	10,9	3	32,8	1,2	0,8	0,96	Signiermaschine		33,7	
		Großes Schuster BABZ	7,5	2	15,0	2,5	37,5	2,9	0,8	2,32	SS		39,8	
		Kopfbearbeitung alt	5,2	2,5	13,0	2,5	32,5						32,5	
		Kopfbearbeitung neu	6,1	2,6	15,9	2,5	39,7	2,2	0,9	1,98	SS		41,6	
		BEARBEITUNGSZENTRUM NEU	6	2,5	15,0	2,5	37,5						37,5	
													Σ 185,2	333,3
7	Löten Steinbohrer	Löten Steinbohrer Autom. 3,0	2,2	2,2	4,8	3	14,5	1,7	0,55	0,94	SS/Gasversorgung		15,5	
		Löten Steinbohrer Autom.	2	1,5	3,0	4	12,0						12,0	
													Σ 27,5	49,4
8	Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS	Vakuum chargieren (Tisch)	2,8	0,8	2,2	5	11,2						11,2	
		Einstecken in Lötgitter	2	4	8,0	3	24,0						24,0	
		Vakuumhärten und Löten	5,4	3,5	18,9	2	37,8						37,8	
		Vakuumhärten und Löten neu	4,7	4,1	19,3	2	38,5						38,5	
													Σ 111,5	200,8
9	Kugelstrahlen	Kugelstrahlen	7,5	4,4	33,0	2	66,0						66,0	
													Σ 66,0	118,8
11	Dampfanlassen	Dampfanlassen	2	2	4,0	3	12,0						12,0	
													Σ 12,0	21,6
12	Rundschleifen	Microrex Einstechen	2,05	2,1	4,3	3	12,9						12,9	
													Σ 12,9	23,2
13	Spitzenschleifen	HM- Spitze schl. Brust-/Dachschliff	0,8	1,2	1,0	6	5,8						5,8	
		HM- Spitze schl. Glas/Keramo	0,85	0,7	0,6	6	3,6						3,6	
		Multispitzen Autom. Haux	4,5	3,1	14,0	2,5	34,9						34,9	
													Σ 44,2	79,6
14	Endkontrolle, Konservieren ,Richten,	Schäfte + SDS Richten	2,7	2,8	7,6	3	22,7						22,7	
		Konservieren	1	1,5	1,5	5	7,5						7,5	
		Kontrolle	6	2	12,0	2,5	30,0						30,0	
													Σ 60,2	108,3
15	Warenausgang	Zwischenlagerfläche	7	5	35,0	1	35,0						35	
													Σ 35	63,0
													Σ 1041,3	1874,3

Tabelle 13: Ermittlung Flächenbedarf

4.2.2.3 Erstellung eines Ideallayouts

Basierend auf der optimierten Maschinenanordnung sowie den benötigten Flächen der jeweiligen Bearbeitungsbereiche wurde ein Ideallayout erstellt. Es stellt eine grobe Anordnung der Bereiche dar und dient wiederum als Ausgangsbasis für die Erstellung von unterschiedlichen Reallayout- Varianten. Dabei wurde keine Rücksicht auf Einschränkungen, bzw. reale Gegebenheiten genommen. Aus dem Ideallayout kann bereits die Größenordnung der Hauptmaße der Halle abgeleitet werden (siehe Abbildung 54).

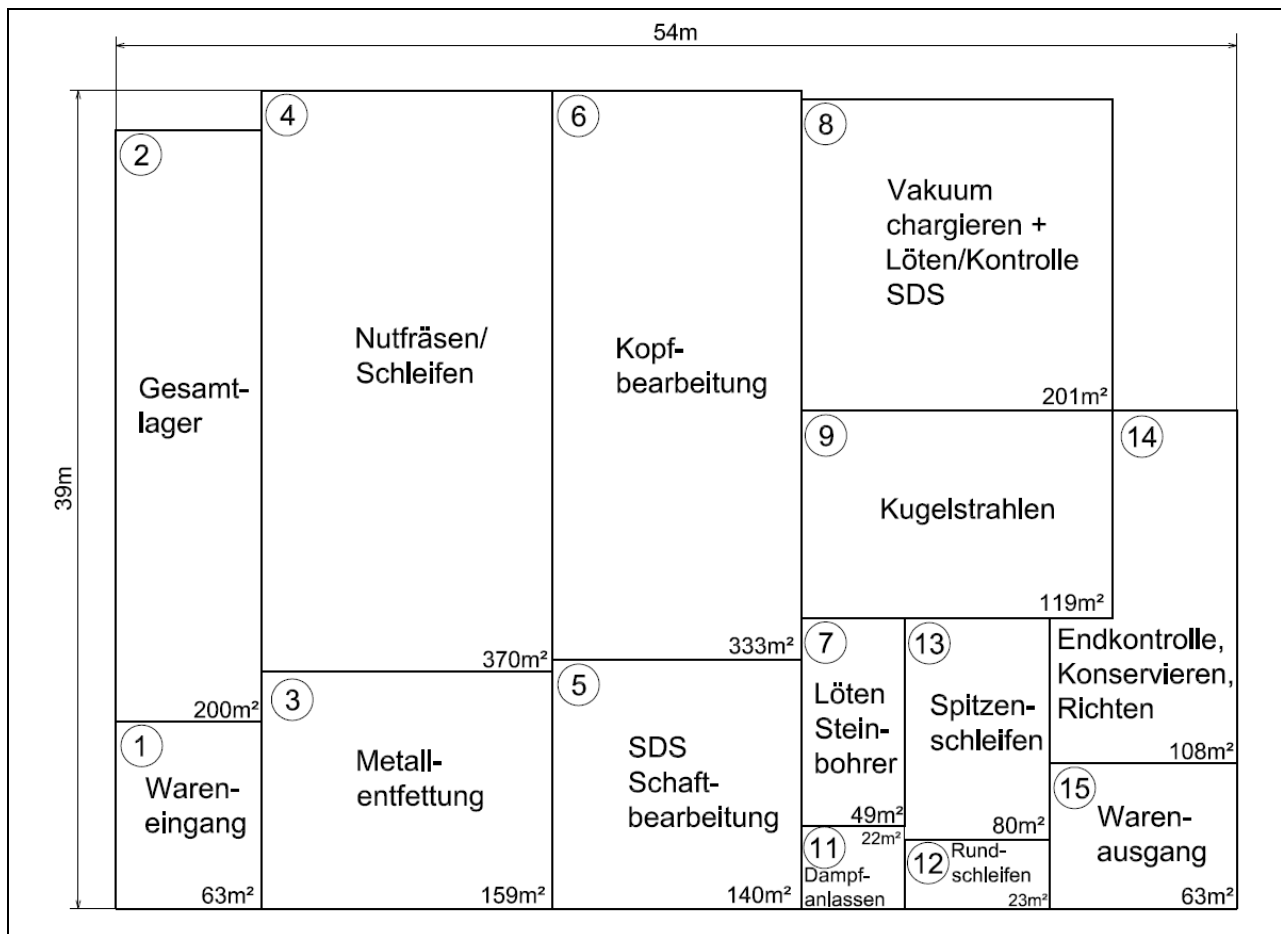


Abbildung 54: Ideallayout²⁸⁷

4.2.2.4 Erstellung unterschiedlicher Reallayout- Varianten

Ziel dieser Projektphase war die Erstellung und Analyse unterschiedlicher Lösungsvarianten für das Reallayout der Produktionsstätte. Dabei war die Reduktion der Transportleistungszahl (TLZ) von entscheidender Bedeutung.

²⁸⁷ Eigene Darstellung

Transportwege

Zur Erstellung des Ideallayouts wurden mit Hilfe der Zuschlagsfaktoren (siehe Tabelle 12, Seite 102) die Flächen für Transportwege berücksichtigt.

Bei der Planung der Reallayouts mussten zwischen den einzelnen Bereichen Wege für den Materialtransport vorgesehen werden. Deren Breite ist in der Arbeitsstättenverordnung²⁸⁸ vorgegeben und wurde mit 2,5 Meter festgelegt. Dies ermöglicht ein Befahren mit Staplern sowie gleichzeitiges gefahrloses Begehen.

Die durch den Zuschlagsfaktor einkalkulierte Transportfläche im Ideallayout reichte nicht aus, um den Vorgaben der Arbeitsstättenverordnung zu entsprechen. Daher wurde der Zuschlagsfaktor f_A für die Reallayout-Planung von 1,8 auf 1,5 reduziert. Dadurch bleiben nur die tatsächlich für die Produktion notwendigen Flächen der einzelnen Bereiche übrig. Im weiteren Verlauf wurden die Transportwege so eingeplant, dass sowohl eine gute Erreichbarkeit aller Maschinen als auch die gesetzlich vorgeschriebene Wegbreite für Hauptverkehrswege gegeben war. Durch dieses Vorgehen konnte einerseits sichergestellt werden, dass die Flächen für Materialtransport nicht mehrfach berücksichtigt wurden und somit eine Überdimensionierung vorliegen würde, andererseits die Vorgaben laut Arbeitsstättenverordnung erfüllt werden konnten.

Die Layout-Erstellung erfolgte mit Hilfe der Software visTABLE touch. Hiermit war es möglich unterschiedliche Anordnungen der Produktionsbereiche zu analysieren und die Transportleistungszahl zu ermitteln. Im ersten Abschnitt der Reallayout-Planungsphase konnten somit fünf Lösungen (Variante 1- 5) erstellt werden. Diese wurden im Rahmen eines Workshops mit den Experten der ALPEN- Maykestag GmbH besprochen und verfeinert. Dabei entstanden die Varianten 6 und 7. Auf Basis der gewonnenen Informationen wurde zusätzlich Variante 8 erstellt. Tabelle 14 zeigt die Übersicht der Transportleistungszahlen der jeweiligen Variante. Die Layouts sind in Anhang B zusammengefasst. Die Varianten 7 und 8 werden außerdem in Kapitel 4.2.3.2 (siehe Seite 112) einer genaueren Betrachtung unterzogen.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
Transportleistungszahl [Schütten*m]	696100	654700	637600	658600	610400	729700	654300	601000

Tabelle 14: Übersicht Transportleistungszahl

²⁸⁸ <https://www.ris.bka.gv.at>, Zugriffsdatum 20.02.2015

4.2.3 Bewertung und Auswahl

Die Reallayout- Planung hatte mehrere Layoutvarianten zum Ergebnis. Diese mussten einer genauen Bewertung unterzogen werden. Hierzu wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt.

4.2.3.1 Nutzwertanalyse

Da bei der Auswahl einer Lösungsvariante nicht nur die Transportleistungszahl von Bedeutung ist, wurden für die Nutzwertanalyse zusätzliche Bewertungskriterien festgelegt, für die jeweils 1 bis 5 Punkte vergeben werden konnten. Die Vergabe erfolgte bis auf zwei Ausnahmen (Erweiterbarkeit und Materialflussanbindung extern) auf Basis von quantitativen Größen. Dazu wurde eine Linearisierung der Skala zwischen zwei Extremwerten vorgenommen, womit eine unbeeinflusste Bewertung gewährleistet werden konnte. Im Folgenden werden die einzelnen Kriterien erklärt sowie die jeweiligen Extremwerte definiert. Als Extrema wurden die Werte der besten bzw. schlechtesten Layout- Variante des jeweiligen Bewertungskriteriums herangezogen.

Gesamttransportleistungszahl

Bei der Untersuchung der Transportleistungszahl (TLZ) gilt, je kleiner die TLZ, desto besser ist die Bewertung. Tabelle 15 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt die Transportleistungszahl in $[Schuetten * m]$ an.

Wert	Bewertung
>720k	1
683k-720k	2
644k-682k	3
605k-643k	4
<605k	5

Tabelle 15: Bewertungstabelle Transportleistungszahl

Benötigte Hallenfläche

Aufgrund der verschiedenen Anordnung der Bearbeitungsbereiche bei den jeweiligen Lösungsvarianten, ergaben sich unterschiedliche Abmaße für die Produktionshalle. Da ein größeres Gebäude mit höheren Investitionskosten verbunden ist, galt hier je kleiner

die Hallenfläche (HF), desto höher die Bewertung. Tabelle 16 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt die Hallenfläche in [m^2] an.

Wert	Bewertung
2800	1
2600	2
2400	3
2200	4
2000	5

Tabelle 16: Bewertungstabelle Hallenfläche

Erweiterbarkeit

Mit Erweiterbarkeit wird die Möglichkeit des Anbaus einer zusätzlichen Produktionsfläche in der Zukunft beurteilt. Hierbei konnten keine quantitativen Größen zur Bewertung herangezogen werden. Es handelte sich um einen subjektiven Vergleich der Lösungsvarianten. Tabelle 17 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt die Erweiterbarkeit an.

Wert	Bewertung
schlecht	1
genügend	2
mittel	3
gut	4
sehr gut	5

Tabelle 17: Bewertungstabelle Erweiterbarkeit

Materialflussanbindung extern

Ziel war die Bewertung der Situation für die Rohmaterialanlieferung sowie des Abtransports der Fertigwaren. Wie auch beim vorherigen Kriterium wurden keine quantitativen Größen hinterlegt. Zur Bewertung wurde wiederum eine fünfstufige Skala wie jene für die Erweiterbarkeit herangezogen (siehe Tabelle 17).

Raumnutzung

Die Raumnutzung (RN) wird aus dem Verhältnis der Bearbeitungs- und Transportflächen zur Gesamtfläche ermittelt. Durch verschiedene Anordnungen der Bearbeitungsbereiche kam es zu unterschiedlichen Werten für die Raumnutzung. Dabei sprach ein hoher Wert für die optimalere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden

Flächen. Es galt daher je größer die Raumnutzung, desto besser die Bewertung. Tabelle 18 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt die Raumnutzung an.

Wert	Bewertung
<94%	1
94,1-95,1%	2
95,2-96,2%	3
96,3-97,3%	4
97,4-98,4%	5

Tabelle 18: Bewertungstabelle Raumnutzung

Flexibilität

Bei der Untersuchung der Flexibilität (FL) wurde eine Betrachtung der zurzeit freien Flächen durchgeführt, die bei Bedarfsschwankungen als zusätzliche Bearbeitungs- bzw. Zwischenlagerflächen zur Verfügung stehen würden. Dabei ergab sich eine höhere Flexibilität, je größer die vorhandenen Freiflächen waren. Tabelle 19 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt die Flexibilität an und wurde absolut in [m²] angegeben.

Wert	Bewertung
<58	1
58-85	2
86-113	3
114-141	4
>141	5

Tabelle 19: Bewertungstabelle Flexibilität

Personalbedarf

Mit dem Personalbedarf (PB) wird die Anzahl an Arbeitskräften, die für den Normalbetrieb in der neuen Produktionsstätte notwendig sind, beschrieben. Die Ermittlung fand auf Basis der Anzahl der Bereiche und die sich darin befindlichen Maschinen statt. Der gewonnene Wert ließ Rückschlüsse auf die Möglichkeit der Mehrmaschinenbedienung zu- diese steigt bei geringer Anzahl der benötigten Werker. Darum galt, je kleiner der PB, umso besser war die Bewertung. Tabelle 20 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt den Personalbedarf in [Anzahl Werker] an.

Wert	Bewertung
18	1
17	2
16	3
15	4
14	5

Tabelle 20: Bewertungstabelle Personalbedarf

Bereichsinterner Weg

Mit dem Kriterium bereichsinterner Weg wird die zurückzulegenden Wege eines Werkers innerhalb eines Bearbeitungsbereichs bei Mehrmaschinenbedienung bewertet. Der berechnete Wert gibt die mittlere Wegstrecke vom Mittelpunkt des Bereichs zur jeweiligen Bearbeitungsmaschine an. Es galt, je kleiner der bereichsinterne Weg, desto höher ist die vergebene Punktzahl. Tabelle 21 zeigt das Bewertungsschema. Die Spalte „Wert“ gibt den bereichsinternen Weg in [m] an.

Wert	Bewertung
>6	1
5,46-6	2
4,86-5,45	3
4,26-4,85	4
<4,25	5

Tabelle 21: Bewertungstabelle bereichsinterner Weg

Im Folgenden wird anhand eines Beispiels die Berechnung des bereichsinternen Weges erörtert. Abbildung 55 zeigt die Bereiche „Kopfbearbeitung“ und „SDS Schaftbearbeitung“. Es wurde angenommen, dass in jedem Bereich jeweils ein Worker für den Maschinenbetrieb zuständig ist. Die Wegstrecken wurden gemessen, im Anschluss summiert und durch die Anzahl der Maschinen mit Mehrmaschinenbedienung dividiert. Die Berechnung wurde für alle Layoutvarianten durchgeführt.

$$3,2[m] + 3,6[m] + 3,0[m] + 12,3[m] + 1,1[m] = 23,2[m]$$

$$\text{Anzahl Maschinen} = 5$$

$$\text{Mittlere Wegstrecke} = \frac{23,2[m]}{5} = 4,64[m]$$

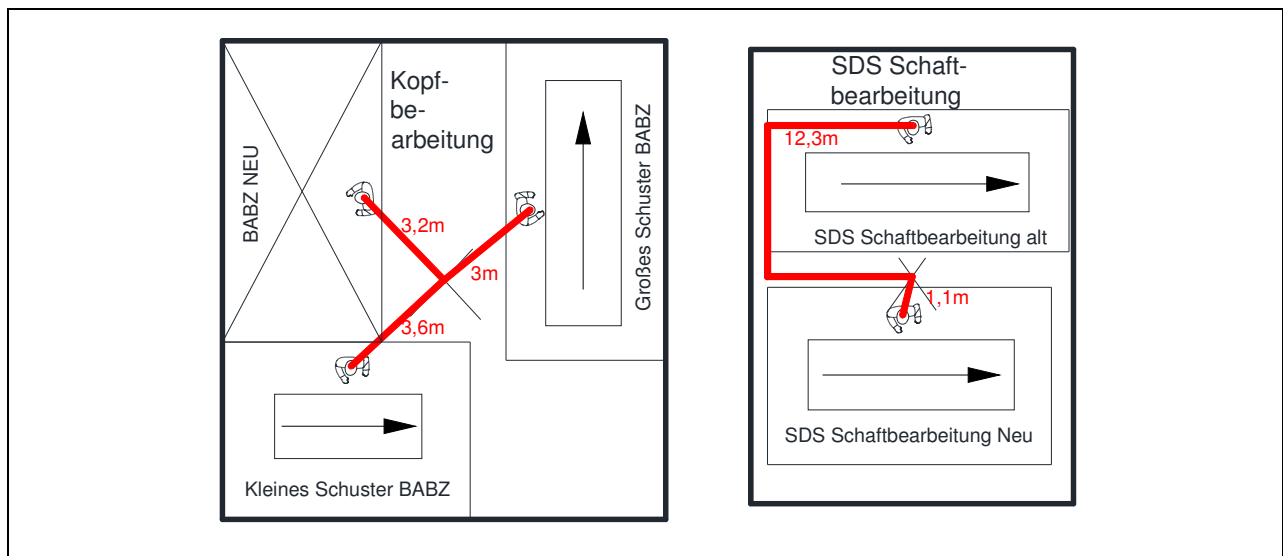


Abbildung 55: Skizze zur Berechnung des bereichsinternen Weges²⁸⁹

Die Gewichtung der eben erklärten Bewertungskriterien erfolge im Rahmen eines Workshops. Dazu wurden diese gemeinsam diskutiert und anschließend von allen anwesenden Personen einzeln bewertet. Die Priorisierung der jeweiligen Faktoren ergab sich aus dem Mittelwert der Einzelgewichtungen aller anwesenden Personen.

Die Bewertung der unterschiedlichen Layout- Varianten erfolge mit Hilfe der Bewertungstabellen des jeweiligen Kriteriums durch Zuweisung der erzielten Punktzahl. Die Nutzwerte der einzelnen Lösungsvarianten wurden dann durch Multiplikation der Punktzahl mit dem dazugehörigen Gewichtungsfaktor und anschließender Summierung aller Teilnutzwerte errechnet. Dadurch konnte eine Reihung der Layouts vorgenommen werden. Tabelle 22 zeigt das Ergebnis der durchgeführten Nutzwertanalyse. Dargestellt sind die Gewichtungsfaktoren sowie die Bewertungen der einzelnen Varianten mit den dazugehörigen Nutzwerten.

²⁸⁹ Eigene Darstellung

			Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
Nr.	Bewertungskriterien	Gewicht	Bewertung							
1	Gesamttransportleistungszahl	12%	2	3	4	3	4	1	3	5
2	Benötigte Hallenfläche	10%	3	4	4	4	4	3	3	3
3	Erweiterbarkeit	11%	4	4	4	4	4	4	4	4
4	Materialflussanbindung extern	4%	4	4	4	4	4	5	4	4
5	Raumnutzung	8%	3	2	2	3	5	2	2	2
6	Flexibilität	19%	3	4	4	2	1	5	4	4
7	Personalbedarf	22%	3	4	4	3	4	2	4	4
8	Bereichsinterne Wegdistanzen	14%	4	3	3	4	5	1	4	4
	Nutzwert		317	358	370	320	365	275	362	386
	Platzierung		7	5	2	6	3	8	4	1

Tabelle 22: Ergebnis Nutzwertanalyse

Abbildung 56 zeigt die graphische Auswertung der Nutzwertanalyse. Dargestellt ist die Aufteilung der Gesamt- in die einzelnen Teilnutzwerte.

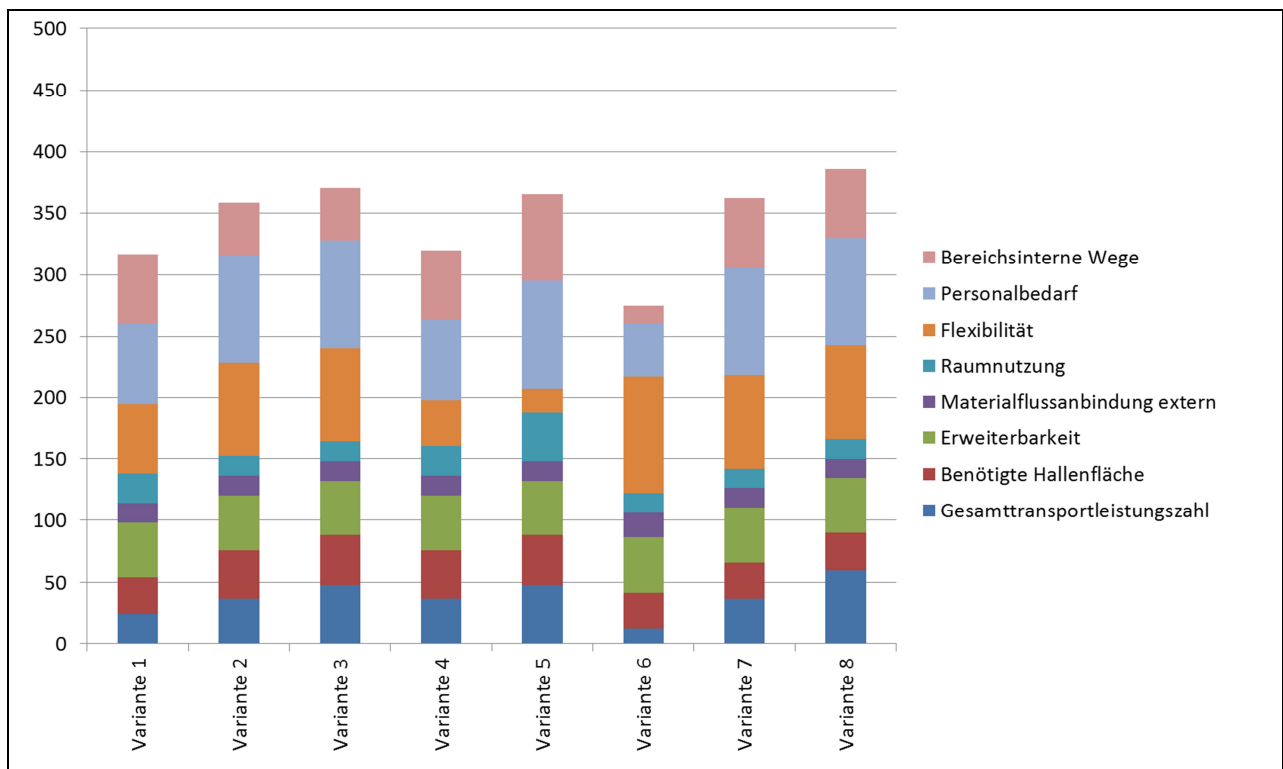


Abbildung 56: Grafische Auswertung der Nutzwertanalyse

4.2.3.2 Auswahl der optimalen Lösungsvariante

Die Ergebnisse zeigten, dass sich keine Lösungsvariante deutlich absetzen konnte. Darum wurden im Folgenden alle Alternativen hinsichtlich diverser Randbedingungen untersucht, die sich im Laufe des Projekts ebenfalls als wichtig erwiesen haben.

Zu übersiedelnde Maschinen

Die Lösungsvarianten variieren teilweise hinsichtlich jener Maschinen, die für die Neuplanung der Produktion eingeplant werden sollten. Dies ergab sich durch Änderungen im Projektverlauf. So wurden einige Layouts auf Basis einer detaillierten Liste der zu übersiedelnden Maschinen²⁹⁰ erstellt.

Im Rahmen eines Workshops am 02.12.2014 wurden nochmals diverse Änderungen fixiert. Dabei hat der Beschluss, beide Vakuumöfen zu übersiedeln den größten Einfluss, da bei den Layoutvarianten 2- 5 nur Fläche für einen Ofen vorgesehen war. Somit mussten die genannten Layouts als Lösungen ausgeschlossen werden.

Bündelung der Anlage „Dampfanlassen“ mit den Vakuumöfen

Beim „Dampfanlassen“ handelt es sich um eine Anlage zur Oberflächenbehandlung. Zum Betrieb ist die Bereitstellung von Wasser sowie Gas zum Beheizen notwendig. Beide Medien kommen auch bei den Vakuumöfen zum Einsatz, was eine lokale Bündelung zur Einsparung von Infrastrukturkosten sinnvoll macht. Materialflusstechnisch ist die Anordnung der Dampfanlass- Anlage neben den Vakuumöfen nicht optimal, da ein Materialfluss entgegen der Hauptmaterialflussrichtung entsteht. Nachdem die Kosteneinsparungen im Vergleich zu den geringen materialflusstechnischen Auswirkungen einer Zusammenlegung überwiegen, wurde bei den Layoutvarianten 7 und 8 die Bündelung der genannten Bereiche realisiert.

Lokale Bündelung der Schleifmaschinen

Auf die Problematik des durch den Schleifprozess hervorgerufenen Öl- Nebels wurde im Kapitel 4.1.1 (siehe Seite 65) bereits eingegangen. Da der Betrieb von Schleifmaschinen auch in der neuen Produktionshalle aufgrund der technologischen

²⁹⁰ Liste erhalten von Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, bei Steering Meeting 1, am 20.10.2014

Notwendigkeit gewährleistet werden muss, wurde eine Bündelung der Schleifmaschinen angedacht. Dadurch besteht die Möglichkeit einer räumlichen Trennung mit eigener Belüftung. Da die Schleifmaschinen des Weiteren eine Öl-Filteranlage benötigen, ermöglicht eine lokale Zusammenlegung den Betrieb einer gemeinsamen Filterung. Durch die niedrige Intensität der Materialflussbeziehungen der Schleifmaschinen im Vergleich zu den Hauptmaterialflüssen, hat eine Änderung der Anordnung nur geringfügige Auswirkungen auf die Transportleistungszahl der Layoutvarianten, was ebenfalls für die Bündelung spricht.

Nach der Definition der Randbedingungen wurden die unterschiedlichen Layoutvarianten nochmals einer Bewertung unterzogen. Dabei wurde deutlich, dass nur die Varianten 7 und 8 allen Anforderungen entsprachen (siehe Tabelle 23).

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
Nr.	Randbedingung	Bewertung							
1	Alle Maschinen laut Liste eingeplant	✓	x	x	x	x	✓	✓	✓
2	Beide Vakuuöfen in neuer Halle gebündelt	✓	x	x	x	x	✓	✓	✓
3	Dampfanlassen nahe bei Vakuuöfen	x	x	x	x	x	x	✓	✓
4	Schleifmaschinen lokal bündeln	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
	Summe erfüllter Randbedingungen	2/4	1/4	1/4	1/4	1/4	2/4	4/4	4/4
	Platzierung Nutzwertanalyse	7	5	2	6	3	8	4	1

Tabelle 23: Bewertung nach Randbedingungen

Die beiden Lösungen werden im Folgenden einer genaueren Betrachtung unterzogen. Dabei werden die Hauptmaterialflussrichtungen sowie diverse Randbedingungen dargestellt. Die detaillierte Darstellung der Materialflüsse der jeweiligen Produktgruppen durch das Produktionslayout kann in Anhang B eingesehen werden.

Reallayout Variante 7

Abbildung 57 zeigt Variante 7 der Reallayouts, welche alle geforderten Randbedingungen erfüllt. Dargestellt sind sowohl der Hauptmaterialfluss der Sparten SDS+ Hammerbohrer, als auch jene der Gesteinsbohrer. Die Halle weist eine Fläche von 2400[m²] auf.

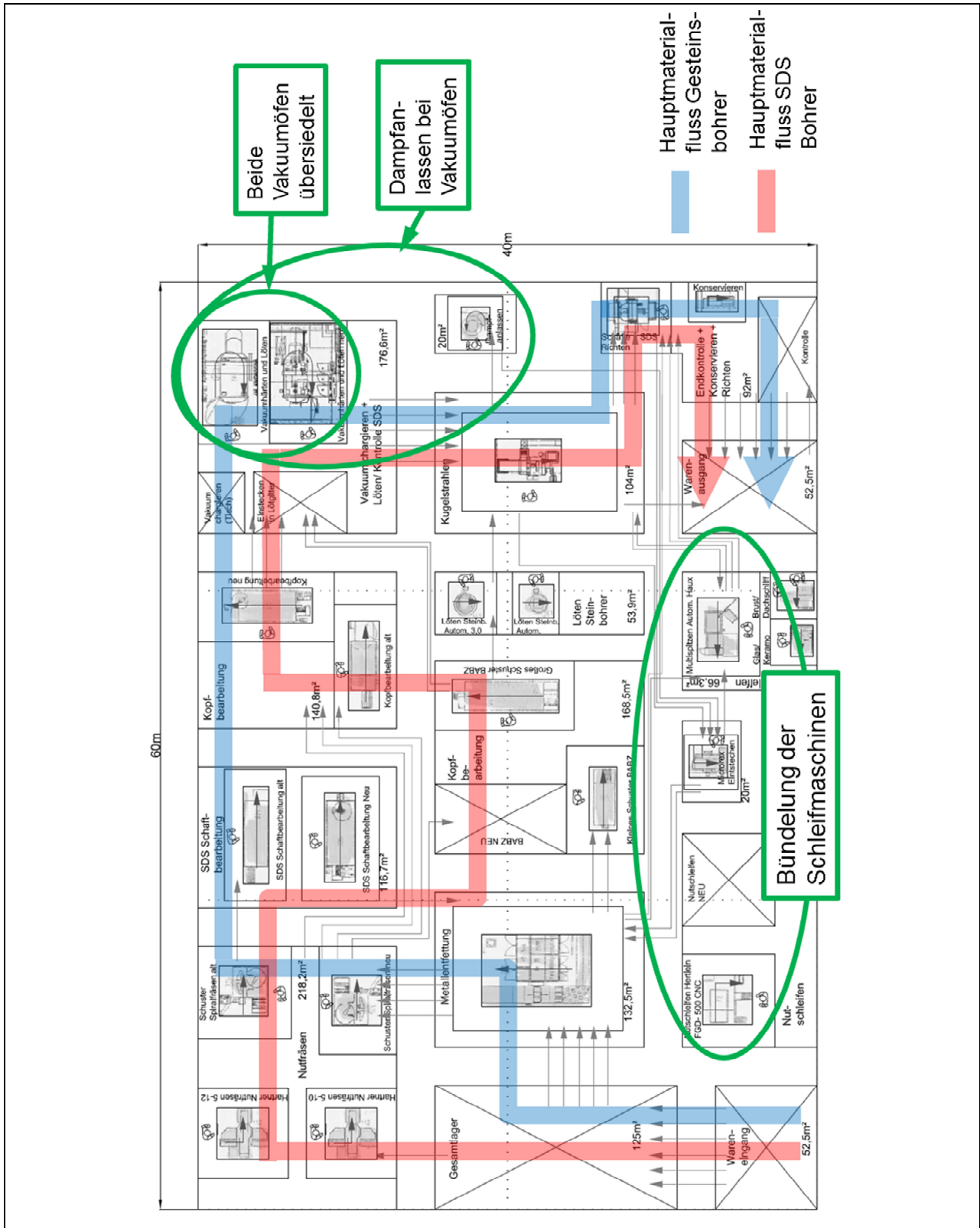


Abbildung 57: Reallayout Variante 7²⁹¹

²⁹¹ Eigene Darstellung

Die Flächen der einzelnen Bereiche wurden den geometrischen Gegebenheiten angepasst. Das bedeutet, dass kleine Restfreiflächen den angrenzenden Fertigungsbereichen zugewiesen wurden. Dadurch kam es teilweise zu Abweichungen der Flächen- Zahl im Vergleich zu den berechneten Flächenbedarfswerten aus Tabelle 13 (siehe Seite 103). Es wurde allerdings beachtet, dass der jeweilige Flächenbedarf nicht unterschritten wurde.

Durch die Anordnung des Bereichs Dampfanlassen neben (bezogen auf Hauptmaterialflussrichtung) dem Bereich Kugelstrahlen kann ein Materialfluss entgegen der Hauptmaterialflussrichtung vermieden werden. Folglich ergibt sich jedoch auch eine größere Distanz zu den Vakuumöfen.

Durch den Bogen im Materialfluss hin zu den Bereichen Endkontrolle+ Konservieren+ Richten und Warenausgang ergab sich eine dementsprechend höhere Transportleistungszahl im Vergleich zu Reallayout Variante 8.

Reallayout Variante 8

Abbildung 58 zeigt die Reallayout Variante 8. Wie zuvor sind die Hauptmaterialflüsse dargestellt. Alle Randbedingungen konnten erfüllt werden. Die Flächengröße der einzelnen Produktionsbereiche weicht geringfügig aufgrund der unterschiedlichen Anordnung von jenen in Tabelle 13 (siehe Seite 103) ab, die Mindestflächen wurden jedoch wiederum nicht unterschritten.

Mit Variante 8 konnte ein sehr geradliniger Hauptmaterialfluss für die beiden betrachteten Sparten SDS+ Hammerbohrer und Gesteinsbohrer erzielt werden.

Aufgrund der Erfüllung aller Randbedingungen sowie dem besseren Ergebnis bei der Nutzwertanalyse fällt die Auswahl für das Produktionslayout der neuen Halle auf Reallayout Variante 8. Diese dient als Basis für die nächste Projektphase.

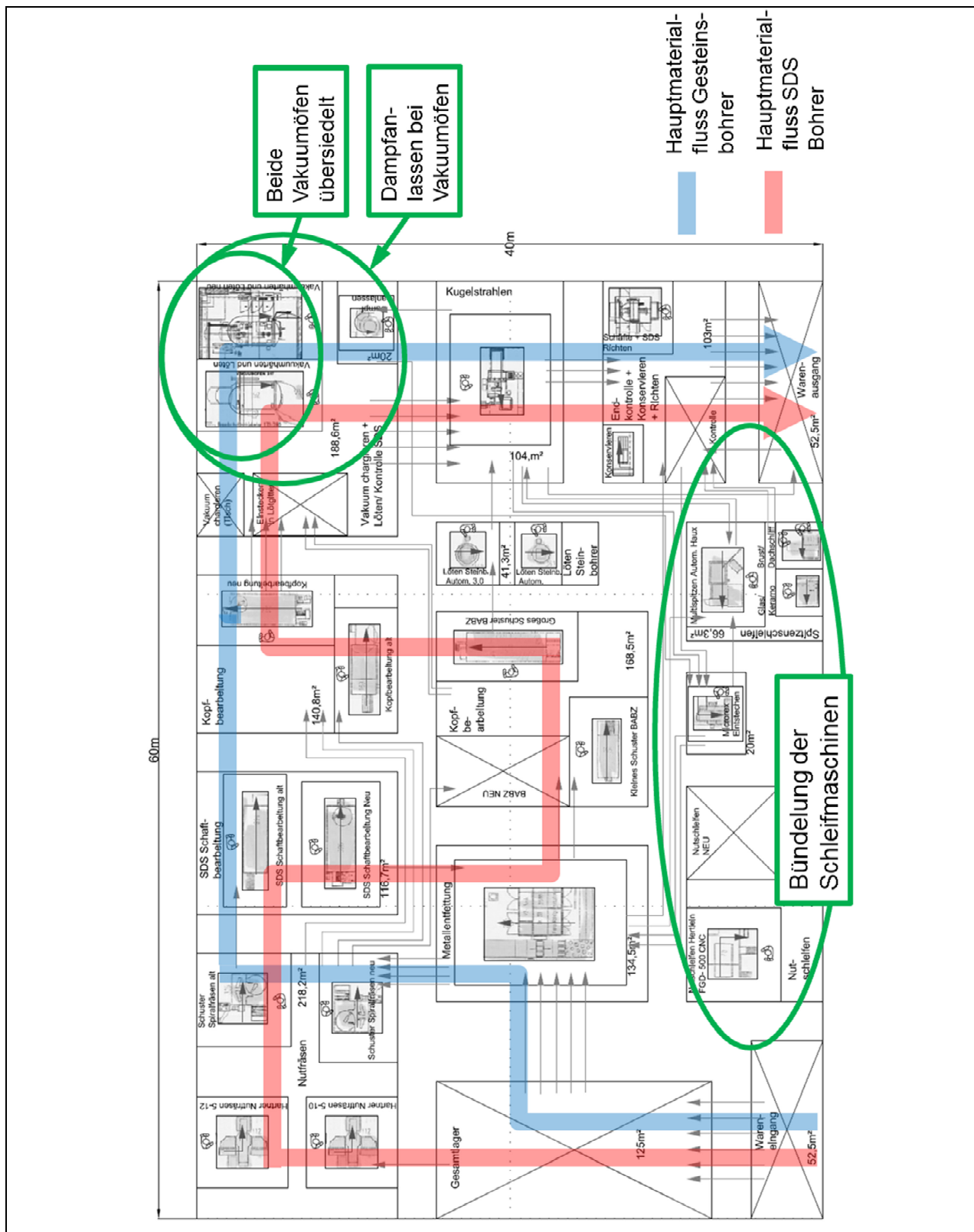


Abbildung 58: Reallayout Variante 8²⁹²

²⁹² Eigene Darstellung

4.2.3.3 Wirtschaftlichkeitsprüfung von Spezialisten

Im Rahmen der Planungsaktivitäten trat wiederholt die Frage auf, ob die Umstellung auf spezialisierte Arbeitskräfte für gewisse Tätigkeiten sinnvoll und wirtschaftlich sei. Dies bezog sich auf die Bereiche Materialtransport und Rüsten der Maschinen. Im Folgenden werden Überlegungen und quantitative Abschätzungen zur Beantwortung dieser Fragen ausgeführt.

Wirtschaftlichkeitsprüfung Materialtransporteur

Bei der Ist- Stand- Analyse wurde festgestellt, dass der Materialtransport in der Produktion dem Bring- Prinzip folgt und somit jeder Maschinenbediener für Logistikaufgaben verantwortlich ist. Nachstehend wird geprüft, ob die Installation eines Spezialisten, der in Zukunft nur für den Materialtransport verantwortlich ist, von wirtschaftlicher Legitimität ist.

Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Der gesamte Materialtransport erfolgt zu Fuß durch einen Werker
- Die Gehgeschwindigkeit des Werkers beträgt $v = 4 \left[\frac{km}{h} \right]$

1. Ist- Stand:

Zur Quantifizierung wurde die Transportleistungszahl (TLZ) herangezogen, die durch die Materialflussanalyse ermittelt wurde. Es handelt sich dabei zwar nur um den Transport der A- Teile, da die Wirtschaftlichkeitsprüfung lediglich eine grobe Abschätzung darstellt, reichen diese Daten aus.

Mit Hilfe der Transportleistungszahl konnte ermittelt werden, wie viele Meter eine Schütte Material transportiert werden muss, um den gesamten Materialfluss abzudecken. Dazu wurden die TLZ der Produktion und jene des Materialeinlagerungsprozesses addiert und im Anschluss durch die Gehgeschwindigkeit des Werkers dividiert. Ergebnis ist ein Zeitaufwand $t_{TR} [h]$, der für den gesamten Materialtransport aufgebracht werden muss.

Die TLZ der Einlagerung wurde durch Multiplikation der Anzahl an Rohmaterial-Schütten mit der Distanz zwischen Wareneingang und Lagerfläche berechnet.

TLZ Produktion:	552.523	[Schuetten * m]
TLZ Einlagerung:	79.275	[Schuetten * m]
<u>Summe</u>	<u>631.798</u>	<u>[Schuetten * m]</u>

Der Zeitaufwand konnte mit Formel (7) berechnet werden. Daraus ist zu erkennen, dass ein Materialtransporteur eine Auslastung von unter 10% aufweisen würde, was eine Wirtschaftlichkeit ausschließt.

$$t_{TR_{ist}} = \frac{TLZ}{v} = \frac{631798 [m]}{4000 \left[\frac{m}{h} \right]} = 158[h] < 2000[h]^{293} \quad (7)$$

Zur Überprüfung wurde die Berechnung ebenso mit den prognostizierten Produktionszahlen von 2020, in Kombination mit dem neuen Produktionslayout (Variante 8), durchgeführt.

2. Stand 2020:

Da für diesen Fall die Transportleistungszahl basierend auf den Gesamtproduktionsmengen der betrachteten Produktgruppen herangezogen wurde, konnte eine höhere Genauigkeit des Ergebnisses gewährleistet werden.

TLZ Produktion:	601.000	[Schuetten * m]
TLZ Einlagerung:	57.975	[Schuetten * m]
<u>Summe</u>	<u>658.975</u>	<u>[Schuetten * m]</u>

$$t_{TR_{2020}} = \frac{TLZ}{v} = \frac{658975 [m]}{4000 \left[\frac{m}{h} \right]} = 165[h] < 2000[h]^{294} \quad (8)$$

Mit den Produktionszahlen von 2020 wird der Materialtransporteur ebenfalls für nicht rentabel eingestuft.

²⁹³ 2000[h] entspricht der Anzahl an Arbeitsstunden/Werker p.a.

²⁹⁴ ibidem

Wirtschaftlichkeitsprüfung Rüster

Aufgrund der teilweise sehr hohen Rüstzeiten (in Sonderfällen bis zu 5[h]) wurden Überlegungen hinsichtlich einer Spezialisierung eines Mitarbeiters auf den Rüstprozess angestellt. Basierend auf den folgenden Annahmen und Angaben wurde eine Prüfung auf Wirtschaftlichkeit durchgeführt:

- Betrachtung aller Werker im Bereich Stein- und Betonbohrer
- Anteil der Tätigkeit „Rüsten“ an Gesamtarbeitszeit beträgt $p_R = 3,24\%$ (lt. Multimomentaufnahme)
- Anzahl der Werker im Einsatz beträgt $n_W = 26 \left[\frac{\text{Werker}}{\text{Tag}} \right]$ (lt. Schichtplan)
- Kosten eines Werkers/Jahr belaufen sich auf $K_{W_{p.a.}} = 43.000[\text{€}]$

In 24[h] arbeiten 26 Werker im Bereich Stein- und Betonbohrer. Ihre Tätigkeiten wurden mittels Multimomentaufnahme ermittelt. Der Anteil Rüsten beträgt 3,24%.

$$K_R = n_W * K_{W_{p.a.}} * p_R = 26 \left[\frac{\text{Werker}}{\text{Tag}} \right] * 43.000[\text{€}] * 0,0324 = 36.223[\text{€}] < 43.000[\text{€}] \quad (9)$$

Mit Hilfe von Formel (9) wurde jener Betrag K_R berechnet, der an Personalkosten aufgrund von Rüstarbeiten entsteht. Der Wert liegt unterhalb der jährlichen Kosten für einen Werker. Da hier jedoch der Unterschied eher knapp ist, werden im Folgenden Argumente angeführt, die bei der Betrachtung zusätzlich berücksichtigt werden müssen.

Vorteile eines spezialisierten Rüsters:

- Potential für Effizienzsteigerung durch Spezialisierung und Optimierung der Arbeitsabläufe
- Konzentration des Maschinenbedieners auf andere Maschinen während des Rüstprozesses
- Verhinderung von Opportunitätskosten aufgrund von entgangenem Gewinn durch Maschinenstehzeiten

Nachteile eines spezialisierten Rüstlers:

- Eventuelle Know- How Einbußen bei Maschinenbedienern
- Starke Abhängigkeit (Probleme bei Ausfall des Rüstlers z.B. durch Krankheit)
- Aufgrund von 3- Schicht Betrieb mehrere Rüstler notwendig
- Maschinenstehtzeiten, wenn mehrere Anlagen gleichzeitig umgerüstet werden müssen

Eine eindeutige Aussage über die Wirtschaftlichkeit eines spezialisierten Rüstlers ist somit nicht möglich. Es wurde jedoch festgelegt, dass die Thematik des Rüstlers im Rahmen der Simulation nochmals quantitativ untersucht wird.

4.3 Feinplanung

Nach der Erstellung eines optimierten Produktionslayouts wurde im letzten Schritt des Projekts eine Detaillierung der gewonnenen Ergebnisse angestrebt. Dazu wurde mittels der Software Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11 eine Simulation der Produktionsabläufe erstellt. Des Weiteren wurden die gewonnenen Erkenntnisse in das Produktionslayout eingepflegt. Abbildung 59 zeigt eine Übersicht zur Vorgehensweise im Rahmen der Feinplanung.

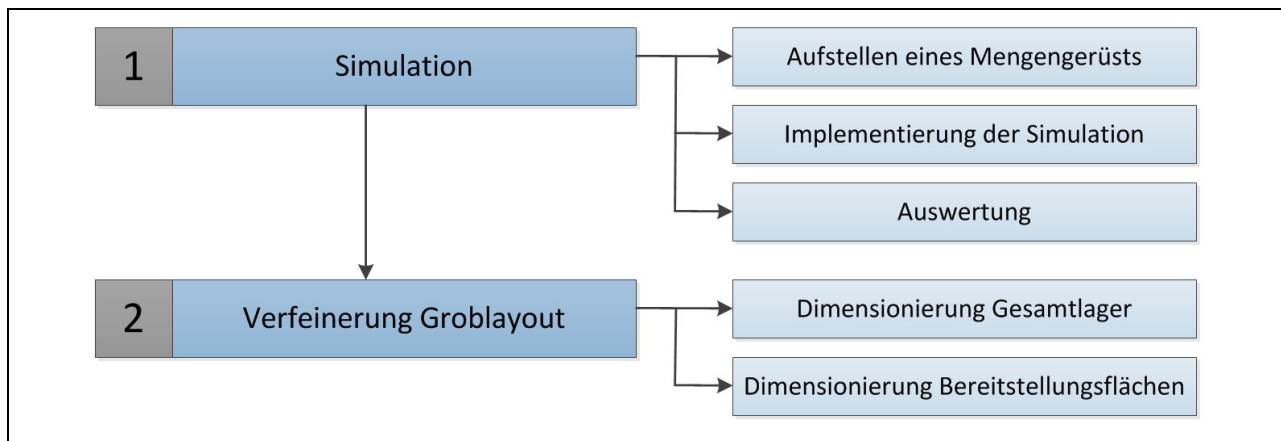


Abbildung 59: Vorgehensweise Feinplanung²⁹⁵

4.3.1 Simulation

Mit Hilfe der Simulation bietet sich die Möglichkeit der Abbildung aller Abläufe des Produktionsprozesses in digitaler Form. Ziel war es, Informationen zu folgenden Themen zu erhalten:

- Bedarf an Produktionsmaschinen
- Auslastung der Produktionsmaschinen
- Auslastung der Maschinenbediener
- Dimensionierung der Gesamtlagerfläche
- Dimensionierung der Bereitstellungsflächen

Zur Erstellung einer möglichst realistischen und somit aussagekräftigen Simulation war eine breite Datenbasis Voraussetzung.

²⁹⁵ In Anlehnung an Kettner/Schmidt/Greim (1984), S.27, eigene Darstellung

Folgende Informationen waren dabei im vorliegenden Projekt von besonderer Wichtigkeit:

- Mengengerüst der zu produzierenden Teile
- Produktionslayout (eigesezte Maschinen)
- Belegung der Maschinen (Schichtpläne)

4.3.1.1 Aufstellen eines Mengengerüsts

Bei der Simulation wurde versucht, die Realität so exakt wie möglich darzustellen. Trotzdem handelt es sich dabei um eine Modellbildung, der diverse Vereinfachungen zu Grunde liegen. Speziell bei der Produktvielfalt war eine Einschränkung notwendig, da ansonsten der Programmieraufwand und die benötigte Rechenleistung einen zu hohen Umfang angenommen hätten.

Zu diesem Zweck wurden 12 repräsentative Produkte ausgewählt mit denen die gesamte Produktion abgebildet wurde. Dabei war es wichtig, Produkte auszusuchen, die einerseits einen standardisierten Arbeitsplan²⁹⁶ aufweisen, aber andererseits alle beteiligten Maschinen in einem Umfang auslasten der der Realität entspricht.

Tabelle 24 zeigt die Produkte, die für die Simulation herangezogen wurden. Außerdem sind die Bereiche bzw. Fertigungsmaschinen angegeben, die durch das jeweilige Produkt im Modell Berücksichtigung finden.

Die Auswahl der Produkte sowie die prozentuelle Aufteilung der Gesamtproduktionsmenge auf die einzelnen Bohrer wird als Mengengerüst bezeichnet. Dieses wurde gemeinsam mit den Experten der ALPEN- Maykestag GmbH erarbeitet.

Für die Berechnung der Produktionszahlen von 2020 war eine Zukunftsprognose notwendig. Da für die Materialflussplanung (siehe Punkt 4.1.3.5, Seite 82) eine grobe Vorhersage unter einem optimistischen Blickwinkel getätigt wurde, erfolgte für die Simulation eine erneute detailliertere Abschätzung der zukünftigen Produktionszahlen, was eine genauere Abbildung der Realität gewährleisten sollte.

²⁹⁶ Es wurde bei der Auswahl darauf Wert gelegt, dass es sich bei den Bohrern nicht um Sonderprodukte mit speziellen Fertigungsabläufen handelt, da solche nicht als repräsentativ eingestuft werden können.

Produktgruppe	Nr.	Auswahl	Anmerkung
HM Stein Long Life	1	HM STEIN LL 6.0 PLT	Mengenmäßig stärkstes Produkt Nutbearbeitung auf Hartner 5-10 Kopfbearbeitung auf Kopfbearbeitung alt Abbildung Bereich Löten Steinbohrer
	2	HM STEIN LL 5.0 PLT	Nutbearbeitung auf Schuster Nutfräsen alt Kopfbearbeitung auf kleinem Bearbeitungszentrum Abbildung Bereich Löten Steinbohrer
	3	HM STEIN LL 10.0 PLT	Nutbearbeitung auf Schuster Nutfräsen Neu Kopfbearbeitung auf großem Bearbeitungszentrum Abbildung Bereich Löten Steinbohrer
	4	HM STEIN LL 4.0 PLT	Nutbearbeitung auf Spibomat Schleifmaschine Oberflächenbehandlung durch Sandstrahlen
SDS+ Hammerbohrer	5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	Nutbearbeitung auf Hartner 5-12 Abbildung Bereich SDS Schaftbearbeitung Kopfbearbeitung auf SDS Kopfbearbeitung Neu Abbildung Bereich Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS
	6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	Nutbearbeitung auf Schuster Nutfräsen alt Abbildung SDS Schaftbearbeitung Neu Kopfbearbeitung auf SDS Kopfbearbeitung Neu Abbildung Bereich Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS
	7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	Nutbearbeitung auf Hertlein FGD- 500 CNC Abbildung SDS Schaftbearbeitung Neu Kopfbearbeitung auf SDS Kopfbearbeitung Neu Abbildung Bereich Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS Abbildung Bereich Richten
Profi Beton	8	PROFI-BETON 6.0 PLT	Nutbearbeitung auf Schuster Nutfräsen alt Kopfbearbeitung auf kleinem Bearbeitungszentrum Abbildung Bereich Dampfanlassen Abbildung Bereich Rundscheifen
	9	PROFI-BETON 10.0 PLT	Nutbearbeitung auf Schuster Nutfräsen alt Kopfbearbeitung auf großem Bearbeitungszentrum Abbildung Bereich Dampfanlassen Abbildung Bereich Rundscheifen
Profi Multicut	10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	Nutbearbeitung auf Hartner 5-10 Kopfbearbeitung auf kleinem Bearbeitungszentrum Abbildung Bereich Rundscheifen Abbildung Bereich Multispitzen Haux
	11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	Nutbearbeitung auf Hertlein FGD- 500 CNC Kopfbearbeitung auf kleinem Bearbeitungszentrum Abbildung Bereich Rundscheifen Abbildung Bereich HM Spitze schleifen Brust-/Dachschliff
Profi Glas	12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	Mengenmäßig stärkster Glasbohrer Abbildung Bereich Vakuum charg. + Löten/Kontrolle SDS Abbildung Bereich HM Spitze schleifen Glas/Keramo

Tabelle 24: Auswahl der Produkte für die Simulation und Begründung

Tabelle 25 zeigt das Mengengerüst mit den überarbeiteten Produktionsmengen für das Geschäftsjahr 2020, den 12 Produkten sowie deren prozentueller Aufteilung.

Produktgruppe			Produktionsmenge		Auswahl		Aufteilung		Losgröße	Anzahl Lose/Jahr
Nr.	Name	Anzahl Produkte (A- Teile)	2014 [#]	2020 [#]	Nr.	Name	[%]	[#]	[#]	[# Lose/Jahr]
1	HM Stein Long Life	19	2514060	2831240	1	HM STEIN LL 6.0 PLT	35%	990934	4000	248
					2	HM STEIN LL 5.0 PLT	26%	736122	5000	147
					3	HM STEIN LL 10.0 PLT	28%	792747	18000	44
					4	HM STEIN LL 4.0 PLT	11%	311436	17500	18
2	SDS+ Hammerbohrer	30	1769992	2113463	5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	62%	1310347	20000	66
					6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	28%	591770	14500	41
					7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	10%	211346	1400	151
3	Profi Beton	10	757826	958626	8	PROFI-BETON 6.0 PLT	25%	239657	14500	17
					9	PROFI-BETON 10.0 PLT	75%	718970	10000	72
4	Profi Multicut	6	982067	2063411	10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	70%	1444388	6000	241
					11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	30%	619023	3000	206
5	Profi Glas	3	162079	217123	12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	100%	217123	5000	43
Summe		68	6186024	8183863				8183863		1293

Tabelle 25: Mengengerüst Produktionsmengen 2020²⁹⁷

4.3.1.2 Implementierung der Simulation

Für die Erstellung des Simulationsmodells wurden alle Anlagen laut Layout- Variante 8 mit der Software abgebildet, wobei die Anordnung in Fertigungsbereiche erfolgte. Des Weiteren geschah die Modellierung der 12 Produkte aus dem Mengengerüst laut deren Arbeitsplänen.

Die Bearbeitungs- und Rüstzeiten sowie die Zeiten für Werkzeugwechsel wurden durch Berechnungen auf Basis von Zeitgradlisten, bzw. durch Messungen mit der Stoppuhr ermittelt.²⁹⁸ Abbildung 60 zeigt das Simulationsmodell mit den einzelnen Bearbeitungsbereichen.

Bei der Implementierung wurde dem Vorgehensprinzip vom Groben ins Detail gefolgt. So wurden im ersten Abschnitt nur die Fertigungsanlagen erstellt. Nach einer positiven Funktionsprüfung wurden die Bereiche mit Mehrmaschinenbedienung detailliert.

²⁹⁷ Daten lt. Hrn. Schauer mann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, erhalten am 26.02.2015

²⁹⁸ Übergeben von Hrn. Pretschuh, Mitarbeiter Bereich Projektmanagement, am 23.0.12015

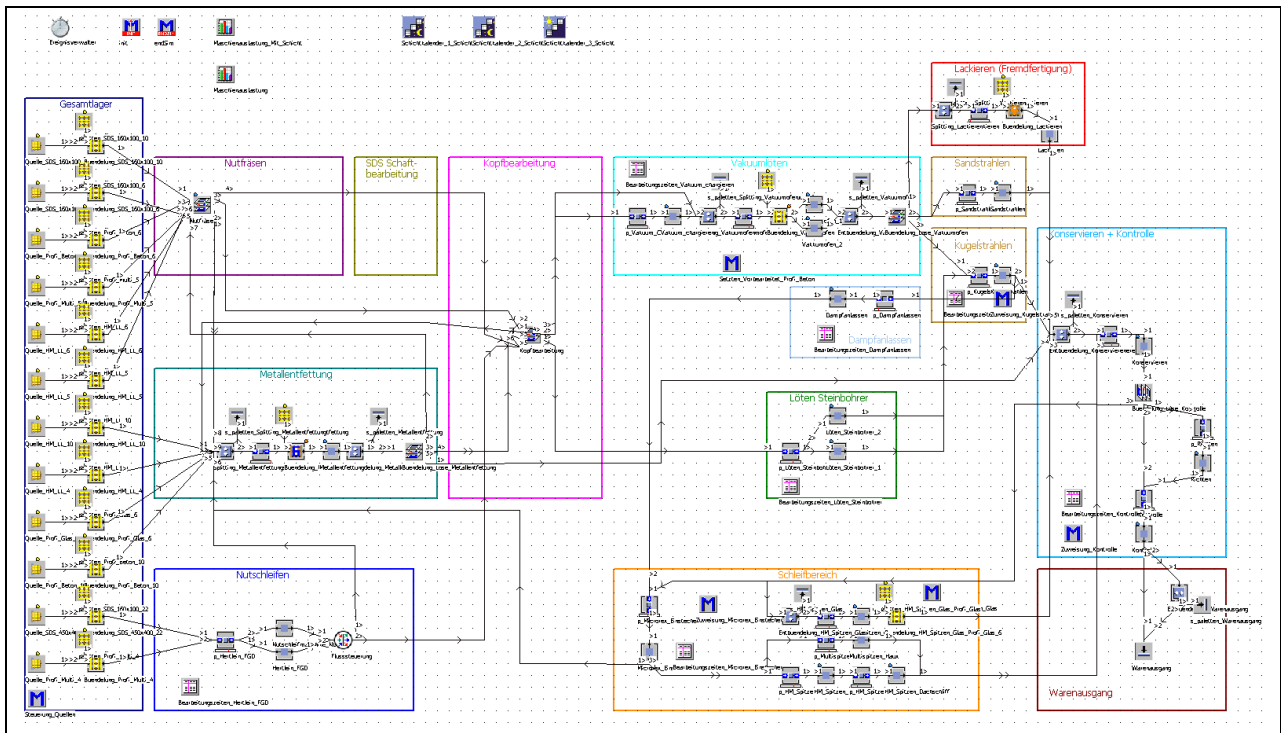


Abbildung 60: Übersicht Simulationsmodell²⁹⁹

Ziel war die Simulation aller vom Werker auszuführenden Tätigkeiten um Analysen hinsichtlich Erweiterung bzw. Reduktion des Arbeitsbereiches des jeweiligen Maschinenbedieners durchführen zu können. Abbildung 61 zeigt den Bereich Nutfräsen mit vier Nutfräsmaschinen.

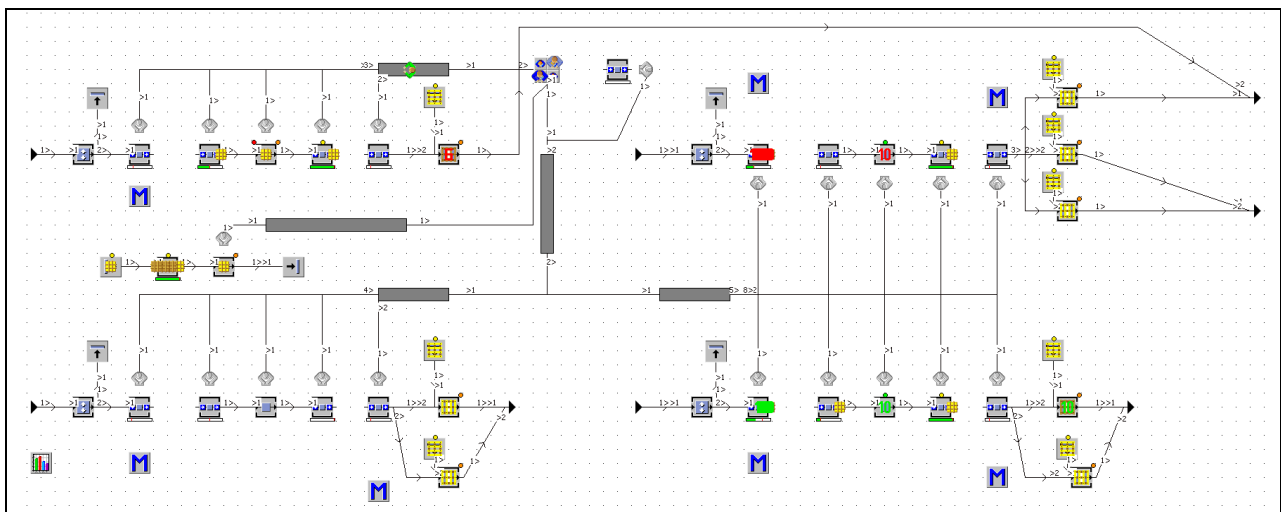


Abbildung 61: Detailansicht Bereich Nutfräsen³⁰⁰

²⁹⁹ Abbildung der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

³⁰⁰ ibidem

Dieselbe Detaillierung wurde für den Bereich Kopfbearbeitung und SDS Schafsbearbeitung durchgeführt und im Modell kombiniert.

4.3.1.3 Auswertung

Die Simulations- Software ermöglichte eine umfangreiche Auswertung des Simulationsmodells. Folgende Werte waren dabei von besonderem Interesse:

- Maschinenauslastung
- Werker auslastung
- Ermittlung der Durchlaufzeiten

Analysiert wurden drei unterschiedliche Fälle. Tabelle 26 zeigt die Details zu den einzelnen Szenarien. Dabei stellt Fall 1 die prognostizierte Entwicklung dar. Bei Fall 2 handelt es sich um ein „Best- Case“ und bei Fall 3 um ein „Worst- Case“ Szenario.

	Menge	Anmerkung/Änderungen
Simulationsfall 1	Produktionsmenge 2020	laut Mengengerüst
Simulationsfall 2	Produktionsmenge 2020	Steigerung Gruppe Profi Beton auf 1,2 Mio. Stück Steigerung Gruppe Profi Multicut auf 2,5 Mio. Stück
Simulationsfall 3	Produktionsmenge 2020	Reduktion Gruppe HM Stein Long Life auf 2 Mio. Stück Reduktion Gruppe SDS+ Hammerbohrer auf 1 Mio. Stück

Tabelle 26: Übersicht Simulationsszenarien

Simulationsfall 1

Simulationsfall 1 stellt die Simulation der Abläufe mit einer relativ neutralen Prognose hinsichtlich produzierter Teile dar. Zu Grunde gelegt wurden die Daten laut dem Mengengerüst für die Produktionsmengen des Geschäftsjahres 2020 (siehe Tabelle 25, Seite 124). Im Folgenden werden die Ergebnisse der Maschinen- und Werker auslastung sowie die durchschnittlichen Durchlaufzeiten der 12 repräsentativen Produkte dokumentiert.

In der ersten Phase der Simulation wurde durch diverse Maßnahmen versucht die Fertigung der geforderten Produktionsmengen sicherzustellen. Dazu wurden Produktionsschritte zwischen Maschinen umgeschichtet um eine ausgewogene Auslastung zu erlangen. Im weiteren Verlauf wurden zusätzliche Anlagen eingeplant

um das Produktionsziel zu erlangen. Nachfolgend werden jene Produktionsmaschinen aufgelistet, die zusätzlich eingeplant wurden:

- 1x Nutschleifmaschine_NEU → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Nutschleifmaschine_NEU 2 → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Bearbeitungszentrum BABZ_BEU → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Multispitzen_NEU → 2 Schicht- Betrieb
- 1x Einstechen_NEU → 1 Schicht- Betrieb

Des Weiteren musste durch die Einplanung von Zusatzschichten auf ausgewählten Anlagen Produktionskapazitäten geschaffen werden. Tabelle 27 zeigt eine Übersicht jener Maschinen, bei denen eine Änderung zum Ist- Stand³⁰¹ vorgenommen wurde.

Aus der Summe der Schichten für Neumaschinen und jenen aus den Änderungen der Schichtbelegung der bestehenden Anlagen ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf von 21 Maschinen- Schichten pro Tag.

Maschine	Ist- Auslastung	Fall 1
Hartner Nutfräsen 5-10	2 Schicht	3 Schicht
Hartner Nutfräsen 5-12	1 Schicht	2 Schicht
Schuster Spiralfräsen Alt	3 Schicht	2 Schicht
SDS Schaftbearbeitung Neu	2 Schicht	3 Schicht
Kopfbearbeitung alt	1 Schicht	2 Schicht
Microrex Einstechen	1 Schicht	3 Schicht
HM Spitzen Brustschliff	1 Schicht	3 Schicht
HM Spitzen Dachschliff	1 Schicht	3 Schicht

Tabelle 27: Änderungen Schichtbelegung Simulationsfall 1

Abbildung 62 zeigt die Auslastung der Maschinen bezogen auf 365 Tage. Diese Darstellung ermöglicht eine Visualisierung der Schichtbelegung der einzelnen Anlagen. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Maschinen- Zustände erörtert:

- Arbeitend: Maschine arbeitet im Normalbetrieb.
- Rüstend: Maschine steht aufgrund von Rüstarbeiten.
- Werkzeugwechsel: Maschine steht aufgrund eines notwendigen Werkzeugwechsels.

³⁰¹ Daten basierend auf Maschinenliste, erhalten von Hrn. Brandstätter, Mitarbeiter Produktionsplanung, am 09.09.2014 sowie Aktualisierungen laut Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, besprochen bei Steering Meeting 3, am 05.02.2015

- **Blockiert:** Maschine steht aufgrund von Wartezeiten auf einen Mitarbeiter bei Mehrmaschinenbedienung z.B. für das Be- und Entladen, weil dieser noch mit anderen Tätigkeiten bei anderen Maschinen beschäftigt ist.
- **Wartend:** Maschine steht aufgrund von fehlenden Aufträgen.
- **Pausiert:** Maschine steht, weil Einsatz laut Schichtplan nicht notwendig ist. Dazu zählen ebenfalls Wochenenden.

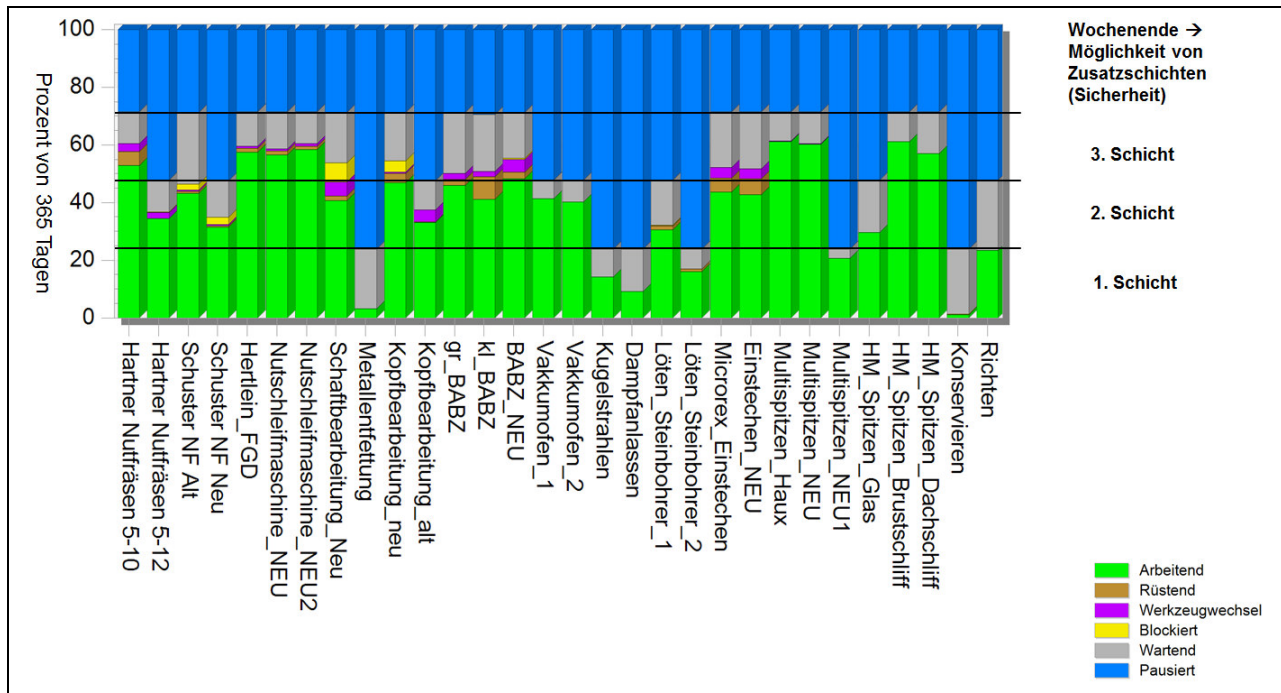


Abbildung 62: Maschinenauslastung Simulationsfall 1³⁰²

Neben der Maschinenauslastung wurden auch die Mitarbeiter in den Fertigungsbereichen mit Mehrmaschinenbedienung untersucht.

Dabei wurde für Simulationsfall 1 folgende Zuteilung getroffen:

- 1 Werker pro Schicht: Hartner Nutfräsen 5-10 („Fräser“)
Hartner Nutfräsen 5-12
Schuster Spiralfräsen Alt
Schuster Spiralfräsen Neu
- 1 Werker pro Schicht: Kopfbearbeitung alt („Werker_Kopfb“)
Kopfbearbeitung neu

³⁰² Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

- 1 Werker pro Schicht („Werker_BABZ“) kleines Schuster Bearbeitungszentrum (kl. BABZ)
großes Schuster Bearbeitungszentrum (gr. BABZ)
- 1 Werker pro Schicht („Werker_Schaft“) Schafftbearbeitung Neu
Bearbeitungszentrum Neu (BABZ_NEU)

Für die Betrachtung der Werkerauslastung wurden folgende Zustände definiert:

- Rüstend: Werker führt Rüstvorgang durch.
- Qualitätssicherung: Werker prüft die Qualität der produzierten Teile.
- Werkzeugwechsel: Werker führt einen Werkzeugwechsel durch.
- Be- und Entladen: Werker befüllt Maschine mit Rohteilen bzw. - entlädt die Teile aus der Anlage nach der Bearbeitung.
- Unterwegs zu Auftrag: Werker ist unterwegs zu einer Maschine zum Erledigen von Tätigkeiten.
- Wartend: Werker wartet auf Aufträge.
- Persönliche Verteilzeit: Werker ist am WC, trinkt Kaffee, etc. Der Anteil wurde auf 5% festgelegt.³⁰³

Die Auslastungen der Werker für den Simulationsfall 1 sind in Abbildung 63 zusammengefasst.

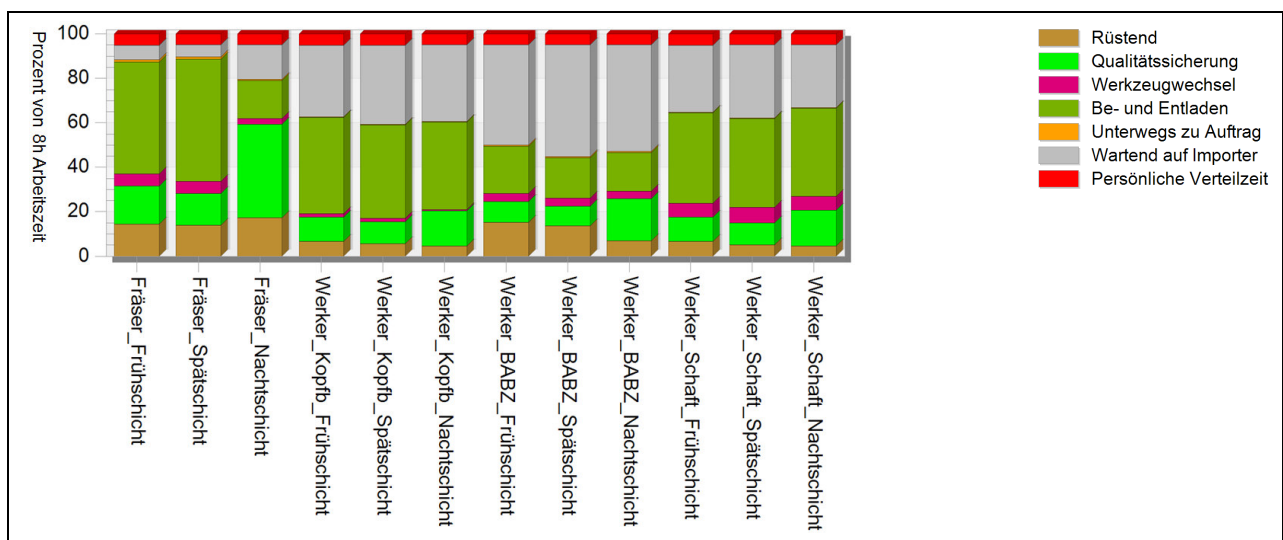


Abbildung 63: Werkerauslastung Simulationsfall 1³⁰⁴

³⁰³ <https://www.ris.bka.gv.at>, Zugriffsdatum 05.03.2015

³⁰⁴ Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

Mit Hilfe der Simulation lassen sich die mittleren Durchlaufzeiten der dargestellten Produkte ermitteln. Sie sind in Tabelle 28 zusammengefasst.

Nr	Produkt	Mittlere Durchlaufzeit	Losgröße
1	HM STEIN LL 6.0 PLT	10:09:44:57	4000
2	HM STEIN LL 5.0 PLT	8:05:28:21	5000
3	HM STEIN LL 10.0 PLT	17:17:36:46	18000
4	HM STEIN LL 4.0 PLT	11:03:18:27	17500
5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	16:19:58:37	20000
6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	18:02:24:30	14500
7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	14:13:45:58	1400
8	PROFI-BETON 6.0 PLT	28:15:04:33	14500
9	PROFI-BETON 10.0 PLT	19:10:03:57	10000
10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	39:04:33:45	6000
11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	22:00:15:35	3000
12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	12:06:35:13	5000

Tabelle 28: Mittlere Durchlaufzeiten Simulationsfall 1

Simulationsfall 1 mit spezialisiertem Rüster

In Kapitel 4.2.3.3 wurde die Rentabilität eines spezialisierten Rüstlers untersucht. Basierend auf Simulationsfall 1 ist eine erneute Detailanalyse möglich. Es wurde ein Mitarbeiter pro Schicht implementiert, der alle Rüstvorgänge durchführt. Tabelle 29 zeigt die Maschinen, die im Verantwortungsbereich des Rüstlers liegen.

Maschine	
Hartner Nutfräsen 5-10	Nutschleifen Hertlein FGD
Hartner Nutfräsen 5-12	Nutschleifen NEU
Schuster Spiralfräsen Alt	Nutschleifen NEU1
Schuster Spiralfräsen Neu	Löten Steinbohrer 1
Kopfbearbeitung alt	Löten Steinbohrer 2
Kopfbearbeitung neu	Microrex Einstechen
SDS Schaftbearbeitung Neu	Einstechen_NEU
kleines Bearbeitungszentrum	Multispitzen Haux
großes Bearbeitungszentrum	Multispitzen_NEU
Bearbeitungszentrum NEU	

Tabelle 29: Maschinen im Verantwortungsbereich des Rüstlers

Durch den Einsatz des Rüstlers kommt es zu einer Entlastung der regulären Werker. Im vorliegenden Fall konnte dadurch eine Personaleinsparung im Bereich der Maschinenbediener erzielt werden. So war es nun möglich die Belegung im Bereich der Mehrmaschinenbedienungen wie folgt zu ändern:

- 1 Werker pro Schicht: Hartner Nutfräsen 5-10
(„Fräser“)
Hartner Nutfräsen 5-12
Schuster Spiralfräsen Alt
Schuster Spiralfräsen Neu
- 1 Werker pro Schicht „Werker_Kopfb“
Kopfbearbeitung alt
Kopfbearbeitung neu
Bearbeitungszentrum Neu (BABZ_NEU)
- 1 Werker pro Schicht „Werker_BABZ“
kleines Schuster Bearbeitungszentrum (kl. BABZ)
großes Schuster Bearbeitungszentrum (gr. BABZ)
Schafftbearbeitung Neu

Abbildung 64 zeigt die Werkerauslastung im vorliegenden Simulationsfall. Zu erkennen ist, dass bei „Werker_Kopfb“ trotz der Bedienung von drei Maschinen immer noch Kapazitäten vorhanden sind. Des Weiteren ist festzuhalten, dass ungeachtet der auftretenden Verzögerungen aufgrund von gleichzeitig durchzuführenden Rüstvorgängen das vorgegebene Produktionsprogramm problemlos gefertigt werden kann.

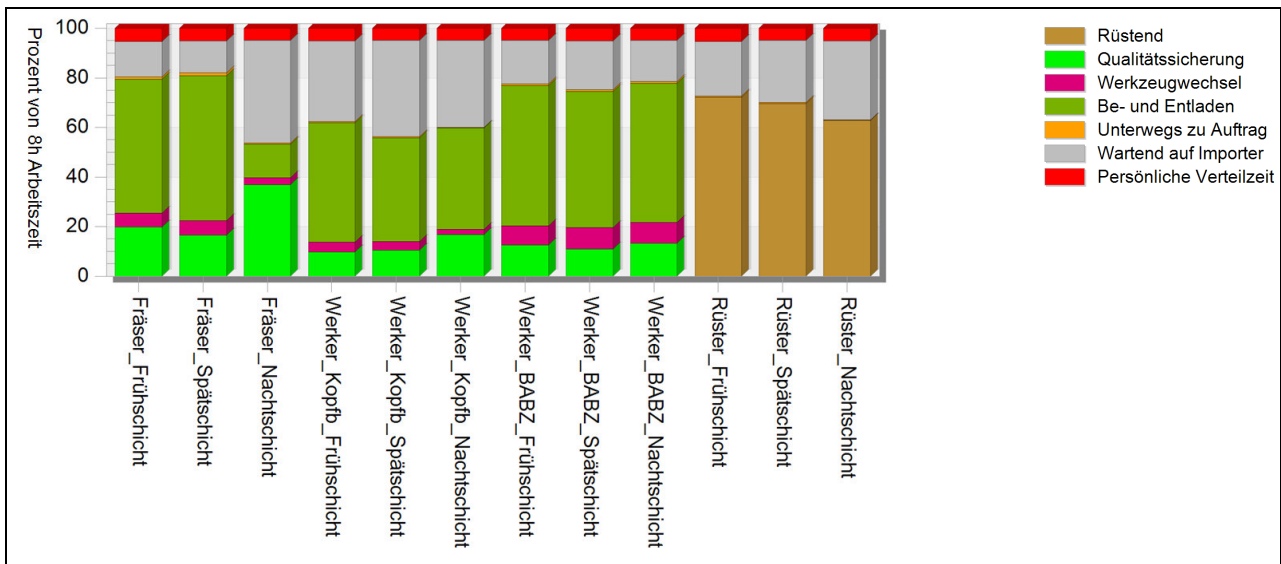


Abbildung 64: Werkerauslastung bei Simulation eines spezialisierten Rüsters³⁰⁵

Simulationsfall 2

³⁰⁵ Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

Im Simulationsfall 2 wurde eine positivere Entwicklung von stark nachgefragten Produkten zu Grunde gelegt. Da die Sparten Profi Beton und Profi Multicut bereits zum Zeitpunkt der Projektdurchführung einem starken Wachstum unterlagen wurde eine deutlich höhere Anstiegsrate der Produktionsmengen simuliert. Simulationsfall 2 basiert auf folgenden Annahmen:³⁰⁶

- Produktionsmengen Geschäftsjahr 2020 laut Simulationsfall 1
- Zusätzliche Erhöhung der Sparte Profi Multicut auf 2,5 Mio. Stück/ Jahr
- Zusätzliche Erhöhung der Sparte Profi Beton um 25% auf 1.198.283 Stück/ Jahr

Abbildung 65 zeigt das verwendete Mengengerüst für Simulationsfall 2.

Produktgruppe			Produktionsmenge		Auswahl		Aufteilung		Losgröße	Anzahl Lose/Jahr
Nr.	Name	Anzahl Produkte (A- Teile)	2014 [#]	2020 [#]	Nr.	Name	[%]	[#]	[#]	[# Lose/Jahr]
1	HM Stein Long Life	19	2514060	2831240	1	HM STEIN LL 6.0 PLT	35%	990934	4000	248
					2	HM STEIN LL 5.0 PLT	26%	736122	5000	147
					3	HM STEIN LL 10.0 PLT	28%	792747	18000	44
					4	HM STEIN LL 4.0 PLT	11%	311436	17500	18
2	SDS+ Hammerbohrer	30	1769992	2113463	5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	62%	1310347	20000	66
					6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	28%	591770	14500	41
					7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	10%	211346	1400	151
3	Profi Beton	10	757826	1198283	8	PROFI-BETON 6.0 PLT	25%	299571	14500	21
					9	PROFI-BETON 10.0 PLT	75%	898712	10000	90
4	Profi Multicut	6	982067	2500000	10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	70%	1750000	6000	292
					11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	30%	750000	3000	250
5	Profi Glas	3	162079	217123	12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	100%	217123	5000	43
Summe		68	6186024	8860109				8860109		1410

Abbildung 65: Mengengerüst Simulationsfall 2

Nachstehend werden wiederum die notwendigen Änderungen im Vergleich zur Ist-Situation aufgelistet. Folgende Maschinen sind zur vollständigen Produktion des geforderten Volumens zusätzlich notwendig:

- 1x Nutschleifmaschine_NEU → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Nutschleifmaschine_NEU 2 → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Bearbeitungszentrum BABZ_NEU → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Multispitzen_NEU → 3 Schicht- Betrieb
- 1x Multispitzen_NEU1 → 1 Schicht- Betrieb
- 1x Einstechen_NEU → 1 Schicht- Betrieb

³⁰⁶ Annahmen für Simulationsszenarien lt. Hrn. Schauer mann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, erhalten am 26.02.2015

Zusätzlich zu den Maschinen wurden Änderungen in der Schichtbelegung durchgeführt (siehe Tabelle 30).

Maschine	Ist- Auslastung	Fall 2
Hartner Nutfräsen 5-10	2 Schicht	3 Schicht
Hartner Nutfräsen 5-12	1 Schicht	3 Schicht
Schuster Spiralfräsen Alt	3 Schicht	2 Schicht
SDS Schaftbearbeitung Neu	2 Schicht	3 Schicht
Kopfbearbeitung alt	1 Schicht	2 Schicht
Microrex Einstechen	1 Schicht	3 Schicht
HM Spitzen Brustschliff	1 Schicht	3 Schicht
HM Spitzen Dachschliff	1 Schicht	3 Schicht

Tabelle 30: Änderungen Schichtbelegung Simulationsfall 2

Der Bedarf an Produktionskapazitäten für Neumaschinen und Änderungen in der Schichtbelegung der bestehenden Anlagen liegt in diesem Fall bei 24 Maschinen-Schichten pro Tag. Abbildung 66 zeigt als Resultat der Simulation die Auslastungen der eingesetzten Maschinen.

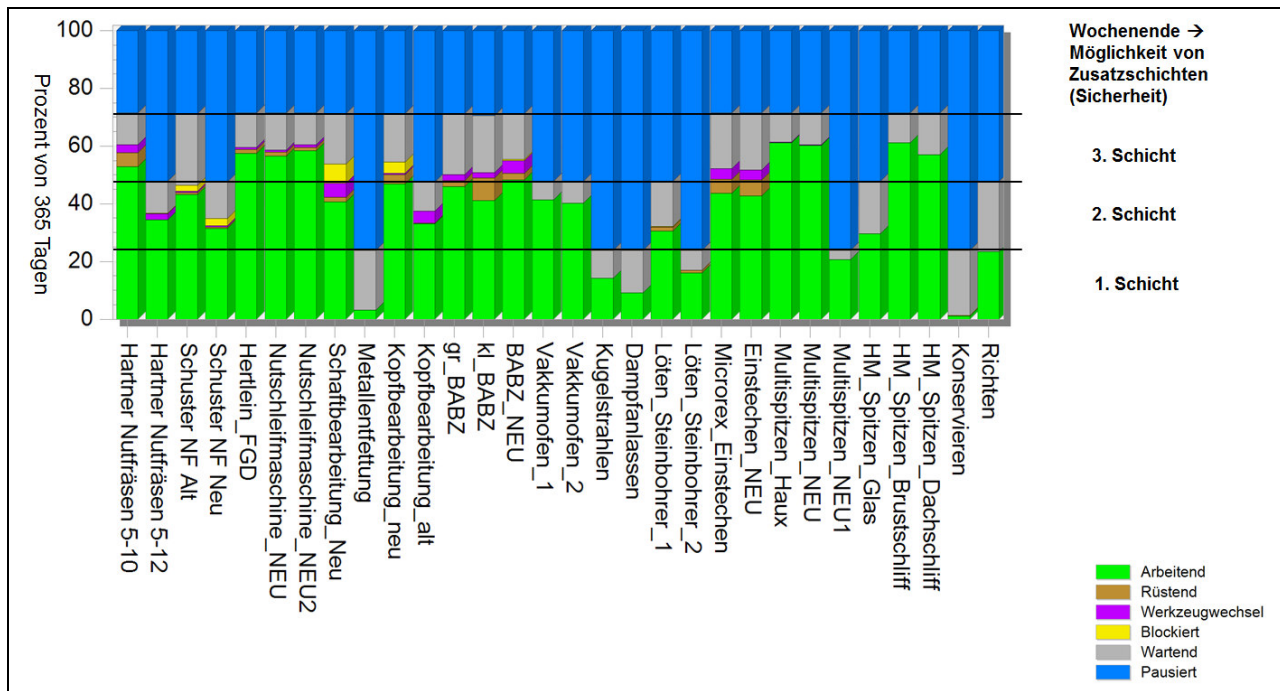


Abbildung 66: Maschinenauslastung Simulationsfall 2³⁰⁷

Die Zuweisung der Werker zu den jeweiligen Maschinen erfolgte ident zu Simulationsfall 1. Abbildung 67 zeigt die resultierenden Auslastungen.

³⁰⁷ Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

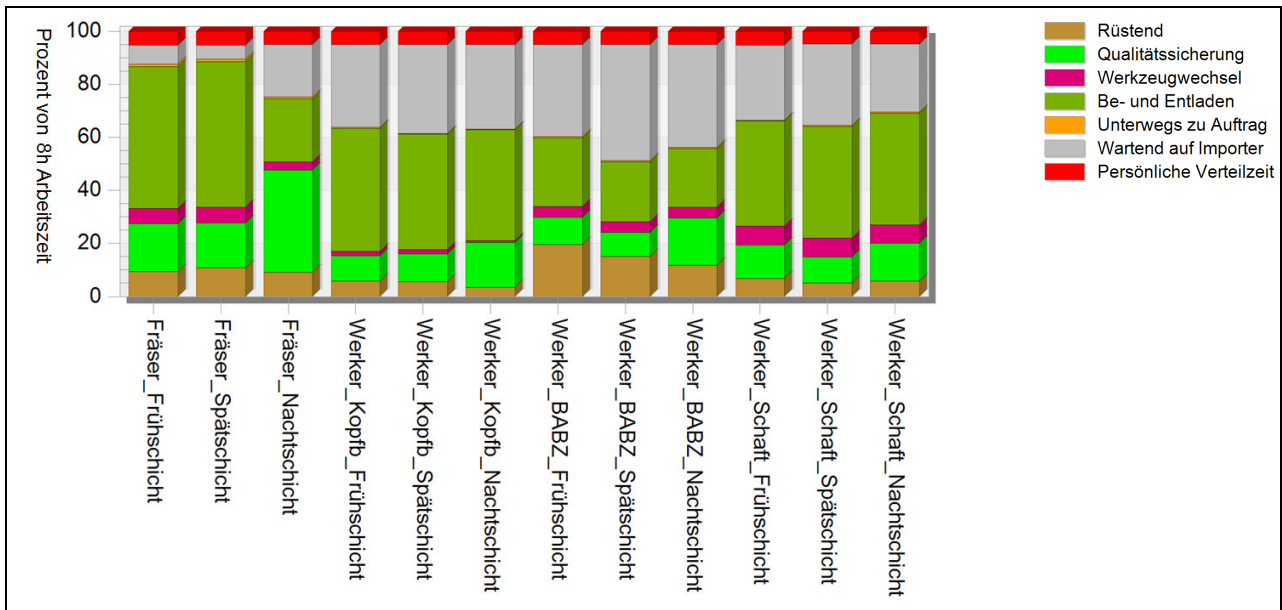


Abbildung 67: Werkerauslastung Simulationsfall 2³⁰⁸

Des Weiteren konnte die mittleren Durchlaufzeiten ermittelt werden, die in Tabelle 31 zusammengefasst sind.

Nr	Produkt	Mittlere Durchlaufzeit	Losgröße
1	HM STEIN LL 6.0 PLT	8:05:44:42	4000
2	HM STEIN LL 5.0 PLT	5:18:40:15	5000
3	HM STEIN LL 10.0 PLT	17:01:44:00	18000
4	HM STEIN LL 4.0 PLT	11:22:51:00	17500
5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	18:06:17:55	20000
6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	17:08:25:23	14500
7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	16:10:45:23	1400
8	PROFI-BETON 6.0 PLT	22:12:15:15	14500
9	PROFI-BETON 10.0 PLT	16:21:59:21	10000
10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	22:19:22:16	6000
11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	21:17:05:13	3000
12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	12:16:51:35	5000

Tabelle 31: Mittlere Durchlaufzeiten Simulationsfall 2

³⁰⁸ Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

Simulationsfall 3

Im Fall 3 wurde ein „Worst- Case“ Szenario simuliert. Untersucht wurde ein leichter Rückgang der Nachfrage bezogen auf die derzeitigen Produktionsmengen in den Sparten HM Stein Long Life und SDS+ Hammerbohrer. Die exakten Werte können aus dem Mengengerüst (siehe Tabelle 32) entnommen werden.

Produktgruppe			Produktionsmenge		Auswahl		Aufteilung		Losgröße	Anzahl Lose/Jahr
Nr.	Name	Anzahl Produkte (A- Teile)	2014 [#]	2020 [#]	Nr.	Name	[%]	[#]	[#]	[# Lose/Jahr]
1	HM Stein Long Life	19	2514060	2000000	1	HM STEIN LL 6.0 PLT	35%	700000	4000	175
					2	HM STEIN LL 5.0 PLT	26%	520000	5000	104
					3	HM STEIN LL 10.0 PLT	28%	560000	18000	31
					4	HM STEIN LL 4.0 PLT	11%	220000	17500	13
2	SDS+ Hammerbohrer	30	1769992	1000000	5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	62%	620000	20000	31
					6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	28%	280000	14500	19
					7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	10%	100000	1400	71
3	Profi Beton	10	757826	958626	8	PROFI-BETON 6.0 PLT	25%	239657	14500	17
					9	PROFI-BETON 10.0 PLT	75%	718970	10000	72
4	Profi Multicut	6	982067	1000000	10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	70%	700000	6000	117
					11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	30%	300000	3000	100
5	Profi Glas	3	162079	217123	12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	100%	217123	5000	43
Summe		68	6186024	5175749				5175749		793

Tabelle 32: Mengengerüst Simulationsfall 3³⁰⁹

Zum Erreichen der vorgegebenen Produktionsmengen war in diesem Fall nur eine zusätzlich Nutschleifmaschine (Nutschleifmaschine_NEU) notwendig bei der eine 1 Schichtbelegung ausreichte.

Durch den geringeren Bedarf kam es zu einem Produktionskapazitätsüberschuss. Darum konnte die Schichtbelegung bei einigen Maschinen reduziert werden. Tabelle 33 zeigt eine Übersicht der durchgeführten Anpassungen.

Maschine	Ist- Auslastung	Fall 2
Schuster Spiralfräsen Alt	3 Schicht	2 Schicht
Kopfbearbeitung Neu	3 Schicht	2 Schicht
Kopfbearbeitung alt	1 Schicht	2 Schicht
großes Bearbeitungszentrum	3 Schicht	2 Schicht
Vakuumofen alt	2 Schicht	1 Schicht
Vakuumofe neu	2 Schicht	1 Schicht
Löten Steinbohrer 1	2 Schicht	1 Schicht
Microrex Einstechen	1 Schicht	3 Schicht

Tabelle 33: Änderungen Schichtbelegung Simulationsfall 3

³⁰⁹ Daten lt. Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, erhalten am 26.02.2015

Aus den Änderungen ergab sich eine Ressourceneinsparungen von zwei Schichten pro Tag. Abbildung 68 zeigt die im Vergleich zu den vorangegangenen Simulationsfällen deutlich niedrigere Maschinenauslastung.

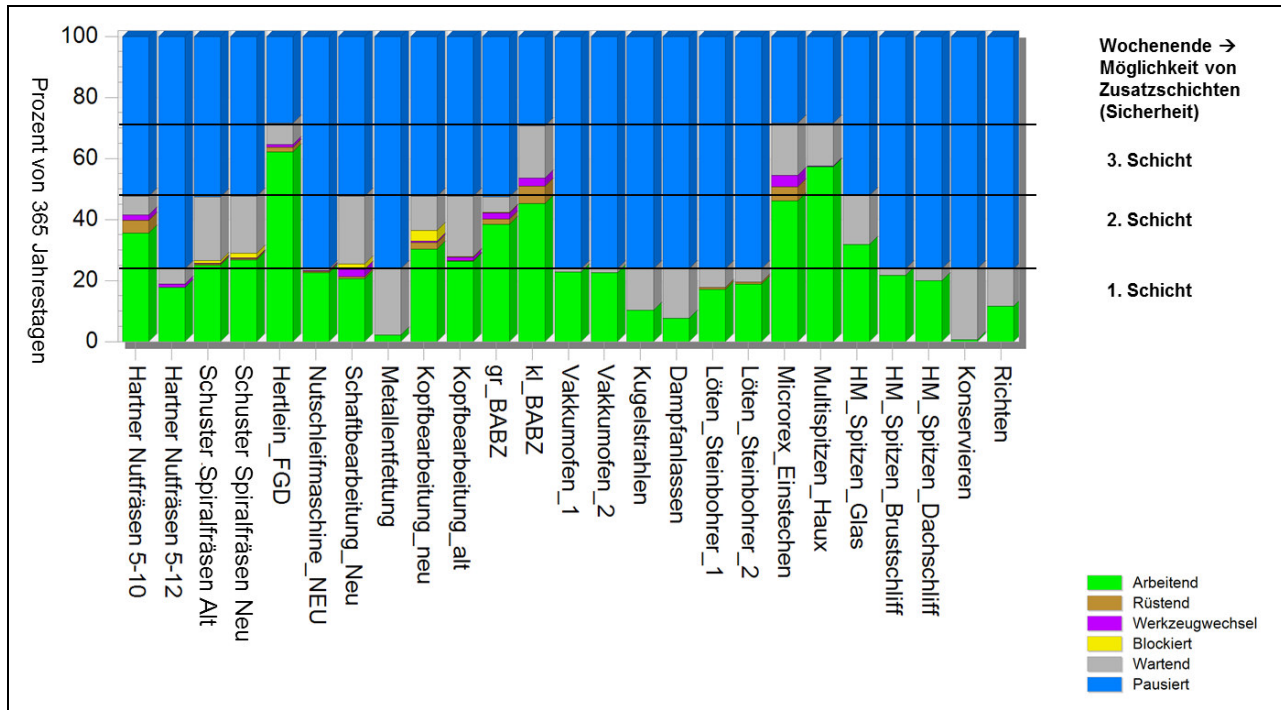


Abbildung 68: Maschinenauslastung Simulationsfall 3³¹⁰

Die Zuweisung der Werker für die Mehrmaschinenbedienung wurde wie folgt vorgenommen:

- 1 Werker pro Schicht:
 - Hartner Nutfräsen 5-10 („Fräser“)
 - Hartner Nutfräsen 5-12
 - Schuster Spiralfräsen Alt
 - Schuster Spiralfräsen Neu
- 2 Werker pro Schicht („Werker_BABZ“ + „Werker_Kopfb“)
 - Kopfbearbeitung alt
 - Kopfbearbeitung neu
 - kleines Schuster Bearbeitungszentrum (kl. BABZ)
 - großes Schuster Bearbeitungszentrum (gr. BABZ)
 - Schaftbearbeitung Neu

³¹⁰ Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

Die daraus resultierende Auslastung der Mitarbeiter ist in Abbildung 69 dargestellt. Die Mitarbeiter „Werker_BABZ“ und „Werker_Kopfb“ teilen sich die fünf oben genannten Maschinen auf.

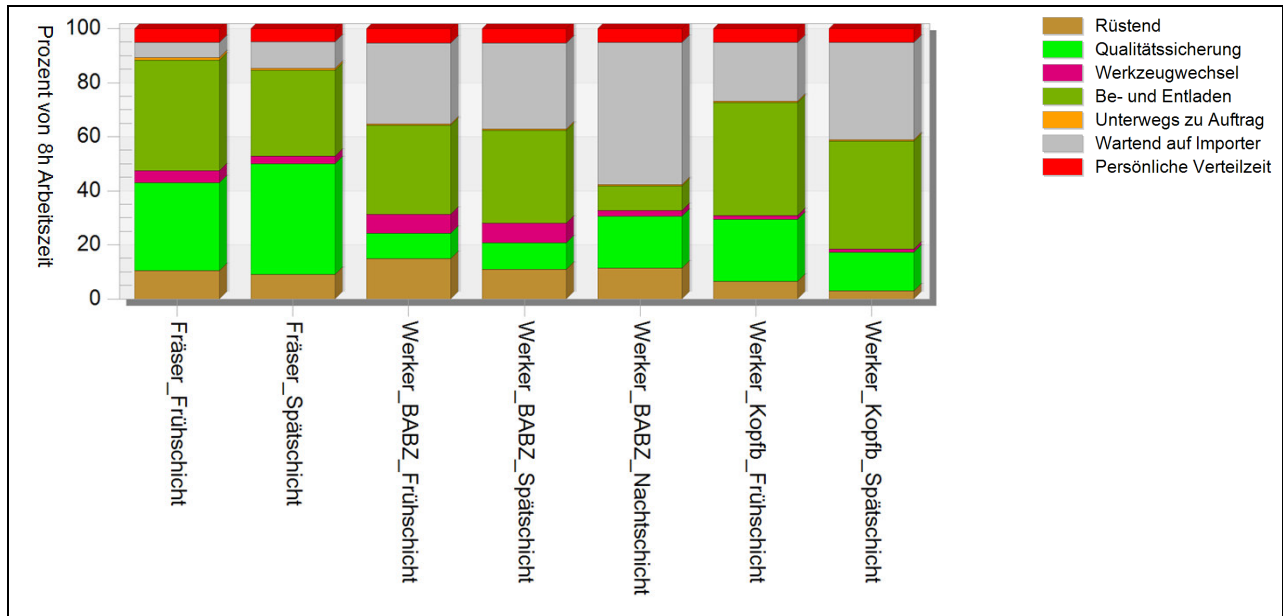


Abbildung 69: Werkerauslastung Simulationsfall 3³¹¹

Wiederum wurden mit Hilfe der Simulationssoftware die mittleren Durchlaufzeiten ermittelt. Diese sind in Tabelle 34 dargestellt.

Nr	Produkt	Mittlere Durchlaufzeit	Losgröße
1	HM STEIN LL 6.0 PLT	5:19:53:22	4000
2	HM STEIN LL 5.0 PLT	12:14:01:38	5000
3	HM STEIN LL 10.0 PLT	22:23:26:24	18000
4	HM STEIN LL 4.0 PLT	19:22:20:54	17500
5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	33:00:34:43	20000
6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	30:23:56:07	14500
7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	26:09:17:04	1400
8	PROFI-BETON 6.0 PLT	32:16:58:56	14500
9	PROFI-BETON 10.0 PLT	25:13:59:41	10000
10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	33:18:07:57	6000
11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	54:17:57:3	3000
12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	18:14:54:47	5000

Tabelle 34: Mittlere Durchlaufzeiten Simulationsfall 3

³¹¹ Ergebnis aus der Simulation, erstellt mit Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11

4.3.2 Verfeinerung Groblayout

Durch die Simulation konnten wichtige Informationen zur Feinplanung des Produktionslayouts gewonnen werden. In den nächsten Kapiteln werden die Dimensionierung der Gesamtlager- und Bereitstellungsfläche sowie diverse Änderungen in der Schichtbelegung der jeweiligen Maschinen erörtert. Die Detaillierungen wurden für den Simulationsfall 1 getätigt.

4.3.2.1 Dimensionierung Gesamtlager

Da viele Produkte auf demselben Ausgangsrohteil basieren, wurde für das neue Produktionslayout ein Gesamtrohteillager eingeplant.

Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Produktionsmengen lt. Mengengerüst Simulationsfall 1 (siehe Tabelle 25, Seite 124)
- Berechnung der Taktzeiten auf Basis von 240 Werktagen p.a. mit 4,2% (\cong 10 Werktagen) Sicherheit für höhere Flexibilität³¹²
- Ständiger Lagerbestand für 96h Produktion³¹³
- Realisierung mit Durchlaufregalen (FIFO- Prinzip)

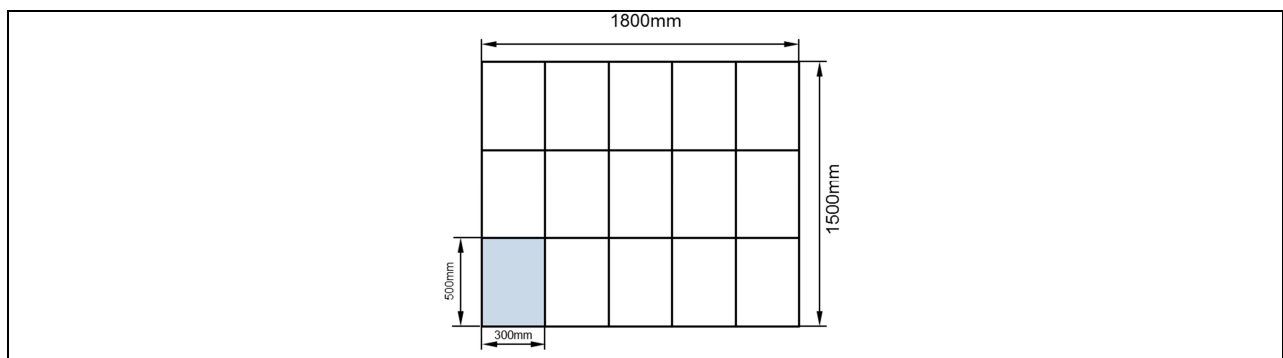


Abbildung 70: Grundriss Durchlaufregalelement³¹⁴

Abbildung 70 zeigt die Dimensionen des Durchlaufregals, die für die weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt wurden. Außerdem wurde festgelegt, dass ein Regalelement über zwei Ebenen verfügt. Die Anzahl der benötigten Schütten wird in

³¹² Anzahl Werktage bei Alpen- MAYKESTAG GmbH laut Hrn. Pretschuh, Mitarbeiter Bereich Projektmanagement

³¹³ Festgelegt durch Hrn. Schaueremann, Betriebsleiter Werk St. Gallen, bei Steering Meeting 3, am 05.02.2014

³¹⁴ Eigene Darstellung

Tabelle 35 dargestellt. Dabei wird einerseits der Startbestand an Rohteilen, andererseits der Sicherheitsbestand für eine Produktionsdauer von 96h berücksichtigt.

Rohling	Produkt	Startbestand [#]	Stück/Schütte [#]	Schütten [#]	Bedarf in 96h [#]	Σ Schütten [#]	
ø4	HM STEIN LL 4.0 PLT	17500					
	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	3000					
	Σ	20500	8750	3	3	6	
ø5	HM STEIN LL 5.0 PLT	5000					
	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	6000					
	Σ	11000	5875	2	4	6	
ø6	HM STEIN LL 6.0 PLT	4000					
	PROFI-BETON 6.0 PLT	14500					
	Σ	18500	5000	4	5	9	
ø10	HM STEIN LL 10.0 PLT	18000					
	PROFI-BETON 10.0 PLT	10000					
	Σ	28000	1250	23	16	39	
ø22	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	1400					
	Σ	1400	140	10	22	32	
ø6 6-kant	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	5000					
	Σ	5000	2500	2	2	4	
ø6 SDS	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	20000					
	Σ	20000	1538	13	12	25	
ø10 SDS	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	14500					
	Σ	14500	1036	14	8	22	
						Σ	143

Tabelle 35: Ermittlung Schütten- Bestand Gesamtlager

Der Auslegung der notwendigen Lagerfläche liegen folgende Werte zu Grunde:

- Anzahl Schütten pro Ebene: $n_{SE} = 15[\text{Schuetten}]$
- Anzahl Ebenen: $n_E = 2[\text{Ebenen}]$
- Anzahl benötigte Schütten: $B_S = 143[\text{Schuetten}]$
- Sicherheitsfaktor:³¹⁵ $S_L = 2$
- Grundfläche Regal: $A_R = 2,7[\text{m}^2]$
- Zuschlagsfaktor lt. *Rockstroh*³¹⁶ $f_G = 4$

Zuerst wurde mit Formel (10) die Anzahl der benötigten Regale n_{Regale} berechnet.

³¹⁵ Eigene Annahme in Absprache mit Alpen- MAYKESTAG GmbH, bei Steering Meeting 3, am 05.02.2015

³¹⁶ Vgl. Grundig (2013), S.106

$$n_{Regale} = \frac{B_S * S_L}{n_{SE} * n_E} = \frac{143[\text{Schuetten}] * 2}{15[\text{Schuetten}] * 2[\text{Ebenen}]} = 9,53 \rightarrow 10 \quad (10)$$

Am Schluss wurde die benötigte Lagerfläche A_{Lager} mittels Formel (11) ermittelt.

$$A_{Lager} = n_{Regale} * A_R * f_G = 10 * 2,7 * 4 = 108[m^2] \quad (11)$$

Anhand der durchgeführten Berechnung konnte die bei der Layouterstellung eingeplante Lagerfläche von $125[m^2]$ als ausreichend bewertet werden. Es wurde jedoch eine Freifläche im Bereich des Gesamtlagers eingeplant, um zusätzlich Flexibilität zu gewährleisten (siehe Abbildung 58, S.116).

4.3.2.2 Dimensionierung Bereitstellungsflächen

Der Dimensionierung der Bereitstellungsflächen bei den einzelnen Fertigungsmaschinen kam eine besondere Wichtigkeit zu, da sie einerseits ausreichend Platz für die zu bearbeitenden Teile bieten sollten, andererseits bei Überdimensionierung eine Verschwendung von Produktionsflächen darstellen würden.

Die Simulation bietet die Möglichkeit einer einfachen und exakten Auslegung. Die Bereitstellungsflächen wurden als Puffer dargestellt, deren Kapazität den jeweiligen Anforderungen angepasst werden konnte. Außerdem erfolgte eine Visualisierung des Füllstandes während eines Simulationsdurchlaufs. Dadurch konnte die benötigte Kapazität nach Zugabe einer festgelegten Sicherheit fixiert werden.

Folgende Annahmen wurden für die Dimensionierung getroffen:

- Angabe der Größe der Bereitstellungsflächen erfolgt in Anzahl an EURO-Paletten Stellplätzen (PSP)
- Einplanung eines PSP als Ausgangspuffer für das Ablegen der gefertigten Teile
- Konservative Auslegung mit 5 Schütten pro PSP gewährleistet Flexibilität und Sicherheit durch höhere Verdichtung (10 Schütten/PSP) bei Störfällen bzw. Maschinenausfällen

Abbildung 71 zeigt das Produktionslayout mit den jeweils benötigten Bereitstellungsflächen.

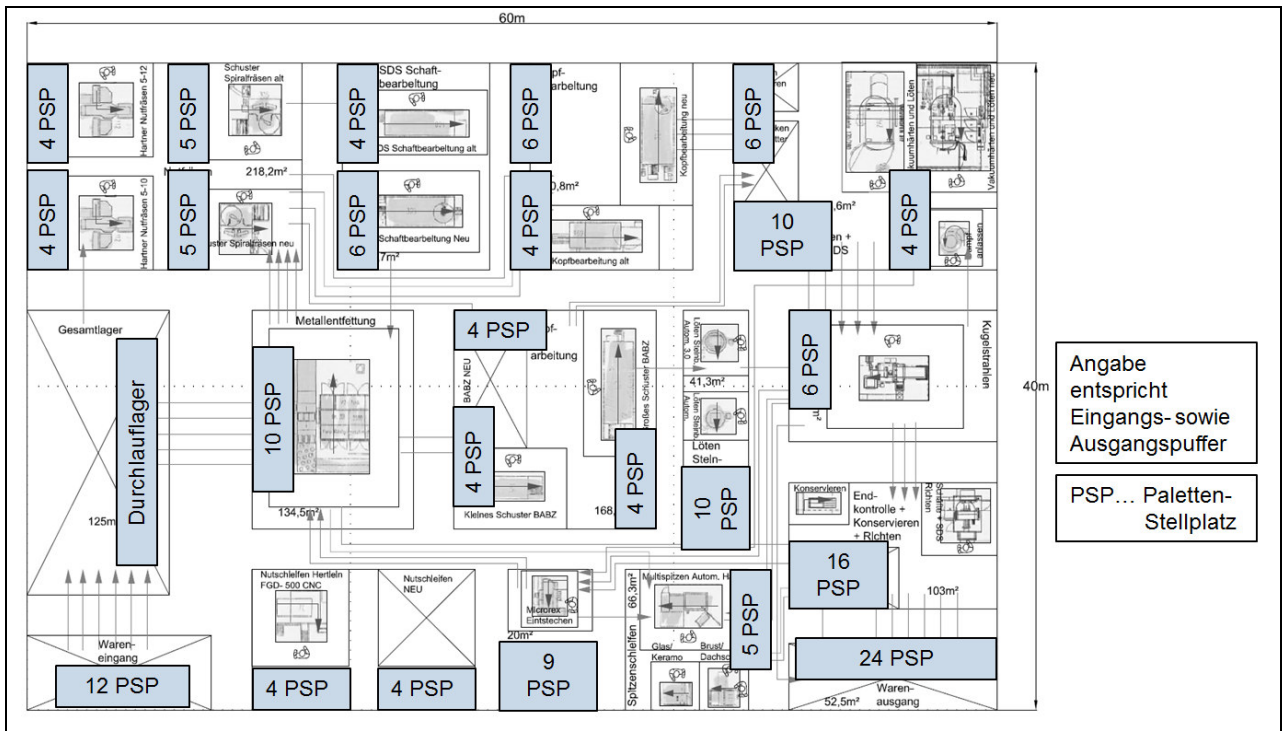


Abbildung 71: Dimensionierung Bereitstellungsflächen³¹⁷

³¹⁷ Eigene Darstellung

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Materialflussanalyse des Produktionsstandorts Sankt Gallen der Firma ALPEN- Maykestag GmbH durchgeführt, um in weiterer Folge eine Layoutplanung für eine zusätzliche Fertigungshalle zu erstellen. Dabei lag der Fokus auf den Produktparten SDS+ Hammerbohrer und Stein-/Spezialbohrer. Zur Ermittlung der notwendigen Informationen wurde vor Ort eine Ist- Stand- Analyse durchgeführt. Dabei dienten einerseits betriebliche Daten, andererseits die Befragung von Mitarbeitern als Quellen. Des Weiteren kam die Methode der Multimomentaufnahme zur Anwendung, um eine realistische Aussage über die Auslastungen der Fertigungsmaschinen und der Maschinenbediener treffen zu können.

Zur Untersuchung der innerbetrieblichen Materialflüsse wurde auf Basis der Produktionszahlen sowie der aktuellen Arbeitspläne eine Transportintensitätsmatrix erstellt. Mit dieser konnte die Transportleistungszahl des bestehenden Fertigungslayouts berechnet werden. Sie ermöglichte eine quantitative Bewertung und den Vergleich der erarbeiteten Layout- Lösungsvorschlägen. Außerdem konnten im Rahmen der Materialflussanalyse alle Fertigungsmaschinen identifiziert werden, die an der Produktion der betrachteten Produktgruppen beteiligt sind. In weiterer Folge wurde fixiert, welche Anlagen in die neue Produktionsstätte überführt werden. Ebenso konnte ein Bedarf an Neuanschaffungen eruiert werden. Diese Abschätzung wurde auf Basis der durch die Multimomentaufnahme ermittelten Maschinenauslastungen sowie der prognostizierten Zukunftsproduktionszahlen (Beobachtungszeitraum: Geschäftsjahre 2014 bis 2020) getroffen.

Während der Analyse der Ist- Situation konnten bereits einige Verbesserungspotentiale festgestellt werden. So waren im bestehenden Layout zahlreiche Kreuzungen im Materialfluss erkennbar. Ebenso konnte keine Hauptmaterialflussrichtung erkannt werden.

Zur Optimierung der Maschinenanordnung kam das modifizierte Dreieck- bzw. Viereckverfahren nach Schmigalla zum Einsatz. Da es sich bei diesem Projekt um eine Betriebsstätten- Neuplanung auf die „grüne Wiese“ (Greenfield- Planung) handelte, waren nur geringe Einschränkungen vorhanden. Somit wurde auf Basis der Ergebnisse des Schmigalla- Verfahrens ein ideales Blocklayout erstellt und mit Hilfe von Zuschlagsfaktoren der Flächenbedarf für das neue Produktionsgebäude ermittelt. Aus den gewonnenen Informationen wurden mehrere Layout- Varianten erstellt und mit Hilfe einer Nutzwertanalyse beurteilt. Die Bewertungskriterien dafür beruhten auf quantifizierbaren Größen, welche linearisiert und in unterschiedliche Bewertungsskalen umgewandelt wurden. Anschließend konnte die optimale Lösung ausgewählt werden.

Um das fixierte Layout einer genaueren Prüfung unterziehen zu können, wurde im Rahmen der Feinplanung ein Simulationsmodell des Produktionsablaufes mit Hilfe der Software Siemens Tecnomatix Plant Simulation 11 erstellt. Diese ermöglichte die Detaillierung der Gesamtlagerfläche und der Bereitstellungsflächen. Außerdem konnte die Auslastung der übersiedelten Fertigungsmaschinen sowie der Bedarf an neuen Anlagen analysiert werden. Zusätzlich wurden Änderungen in der Schichtbelegung der Produktionsanlagen durchgeführt, womit eine Aussage über den zukünftigen Personalbedarf getroffen werden konnte. Durch die detaillierte Simulation der Tätigkeiten der Werker wurden darüber hinaus Möglichkeiten für Mehrmaschinenbedienungen geprüft.

Im Folgenden werden drei Größen aufgezeigt, mit denen eine quantitative Bewertung der Optimierungspotentiale durch das erarbeitete Produktionslayout getätigt werden kann.

Zurückgelegte Wegstrecke eines Produkts in der Produktion

Im Rahmen der Ist- Analyse wurde auf Basis der Arbeitspläne und der Wegstrecken aus dem bestehenden Layout die Wegdistanz ermittelt, die ein repräsentativer Bohrer von jeder betrachteten Produktgruppe während des gesamten Fertigungsprozesses zurücklegt.

In Tabelle 36 werden die Distanzen des Ist- Standes und des erarbeiteten Optimal-Layouts gegenübergestellt. Da in der neuen Halle ein Rohteillager vorgesehen wurde, mussten zur Vergleichbarkeit die Wege vom und zum Bearbeitungsschritt „Abstechen/Abdrücken“ bei den Distanzen des Ist- Standes vernachlässigt werden. Somit wurden die Distanzen erst ab jenem Bearbeitungsschritt gemessen, ab dem die Bearbeitungsabfolge im Ist- Stand und im geplanten Layout ident ist.

Nr.	Produkt	Distanz [m]		Einsparung
		Ist- Stand	opt. Layout	
1	HM Stein Long Life 6.0	121	62	49%
2	SDS+ Hammerbohrer 160x100 8.0	184	83	55%
3	Profi Beton 6.0	258	166	36%
4	Profi Multicut 6.0	294	144	51%
5	Profi Glas 6.0 6kant	212	100	53%
6	Profi Keramo 6.0	266	140	47%

Tabelle 36: Übersicht zurückgelegte Wegstrecke während der Produktion

Es ist ersichtlich, dass die Wegstrecke, die diese sechs repräsentativen Produkte während der Produktion zurücklegen, im Durchschnitt halbiert werden konnte.

Transportleistungszahl

Die Reduktion der Transportleistungszahl (TLZ) war im Verlauf der Reallayout- Planung oberste Prämisse. Um das Optimierungspotential zwischen dem Ist- Layout und der erarbeiteten Layout- Lösung zu quantifizieren, wurden die TLZ der beiden Varianten verglichen.

Die TLZ des Ist- Standes wurde im Rahmen der Ist- Analyse auf Basis der Produktionsmengen der A- Teile im Geschäftsjahr 2014 ermittelt. Zum Vergleich wurde das neue Produktionslayout mit den identen Zahlen analysiert und die TLZ berechnet. Im Anschluss konnte aus der Differenz eine prozentuelle Einsparung von 32% gewonnen werden, wie in Tabelle 37 dargestellt.

Transportleistungszahl [Schütten*m]		Einsparung
Ist- Stand	opt. Layout	
552523	376700	32%

Tabelle 37: Einsparungspotential Transportleistungszahl

Die Differenzen zwischen der Einsparung durch Reduzierung der Wegstrecken und jener der Transportleistungszahl sind darauf zurückzuführen, dass bei der Ermittlung der zurückgelegten Wegstrecke diejenigen Produkte ausgewählt wurden, die einen optimalen Materialfluss im neuen Layout aufweisen. Aufgrund der unterschiedlichen Arbeitspläne gibt es jedoch zahlreiche Wege, die teilweise länger sind, als jene die in Tabelle 36 gegenübergestellt wurden.

Durchlaufzeiten

Bei der Ist- Analyse wurde unter anderem die Problematik der langen Durchlaufzeiten pro Auftrag festgestellt (siehe Kapitel 4.1.3.1, Seite 74). Mit Hilfe der Simulation der Produktionsabläufe konnten die Durchlaufzeiten der 12 repräsentativen Produkte, die für die Simulation ausgewählt wurden, ermittelt werden. Diese werden in Tabelle 38 den Ist- Durchlaufzeiten gegenübergestellt. Bei den gelb markierten Produkten war ein Vergleich aufgrund stark abweichender Losgrößen zwischen Ist- Stand und Simulation nicht aussagekräftig.

Nr.	Produkt	Losgröße [#]	Mittlere Durchlaufzeit [Tage]		Einsparung [%]
			Ist- Stand	Simulation 2020	
1	HM STEIN LL 6.0 PLT	4000	-	10,4	-
2	HM STEIN LL 5.0 PLT	5000	-	8,2	-
3	HM STEIN LL 10.0 PLT	18000	89,2	17,7	80%
4	HM STEIN LL 4.0 PLT	17500	84,0	11,1	87%
5	SDS+ HAMMERB.160x100 6.0 PLT	20000	35,0	16,8	52%
6	SDS+ HAMMERB.160x100 10.0 PLT	14500	28,0	18,1	35%
7	SDS+ HAMMERB.450x400 22.0 PLT	1400	59,4	14,5	76%
8	PROFI-BETON 6.0 PLT	14500	64,0	28,6	55%
9	PROFI-BETON 10.0 PLT	10000	70,0	19,4	72%
10	PROFI MULTICUT 5.0 PLT	6000	124,0	39,2	68%
11	PROFI MULTICUT 4.0 PLT	3000	122,0	22,0	82%
12	PROFI GLAS 6.0 Plt - 6kant	5000	70,3	12,3	83%


 Vergleich aufgrund stark abweichender Losgröße nicht möglich

Tabelle 38: Gegenüberstellung der Durchlaufzeiten von Ist- Stand und Simulation 2020

Die Unterschiede lassen das hohe Optimierungspotential bezüglich der Durchlaufzeiten erahnen. Es muss festgehalten werden, dass es sich bei der Simulation um eine Modellbildung handelt, die mit gewissen Ungenauigkeiten behaftet ist.

Bei der Untersuchung der Durchlaufzeiten wurde zudem festgestellt, dass die Zeiten nicht proportional mit der Losgröße steigen. Das deutet darauf hin, dass die Bearbeitungszeiten keinen großen Einfluss haben. Vielmehr sind die Probleme in der Auftragsabwicklung zu suchen (siehe Kapitel 4.1.3.1, Seite 74). In Zukunft sollten dahingehend detailliertere Untersuchungen getätigt werden.

Im Rahmen dieses Projektes konnten einige Optimierungspotentiale aufgezeigt werden, die durch den Neubau einer Produktionshalle mit dem empfohlenen Fertigungslayout realisiert werden können. Im weiteren Verlauf muss die Detailplanung des Neubaus vorangetrieben werden, wofür diese Arbeit als Grundlage dienen soll.

6 Literaturverzeichnis

Aggteleky, B., Fabrikplanung : Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung. Bd. 1-Grundlagen, Zielplanung, Vorarbeiten, unternehmerische und systemtechnische Aspekte, München 1981

Aggteleky, B., Fabrikplanung : Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung. Bd. 2-Betriebsanalyse und Feasibility-Studie, technisch-wirtschaftliche Optimierung von Anlagen und Bauten, München 1982

Albers, S., Methodik der empirischen Forschung, 3., überarb. und erw. Aufl, Wiesbaden 2009

Alpen- MAYKESTAG GmbH, Produktkatalog 2012

Arnold, D. et al., Handbuch Logistik, 3., neu bearbeitete Aufl, Berlin 2008

Arnold, D./Furmans, K., Materialfluss in Logistiksystemen, 4., aktualisierte Aufl., Berlin, Heidelberg 2005

Aubeck, H. J., Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung, Norderstedt 2010

Bechmann, A., Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung. Bd. 29, Bern 1978

Büchel, A. et al., Systems engineering- Methodik und Praxis, 8., verb. Aufl, Zürich 1994

Corbat, P., Logistik in Vertriebsunternehmen, Norderstedt 2009

Cordts, J., ABC-Analyse, 3. Aufl, Wiesbaden 1992

Dangelmaier, W., Fertigungsplanung- Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung Grundlagen, Algorithmen und Beispiele, 2., Aufl. 2001, Berlin 2013

Drews, G./Hillebrand, N., Lexikon der Projektmanagement-Methoden, 2. Auflage, Freiburg 2010

Ehrlenspiel, K./Meerkamm, H., Integrierte Produktentwicklung- Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, 5., überarb. und erw. Aufl., München 2013

Grundig, C.-G., Fabrikplanung- Planungssystematik - Methoden - Anwendungen, 4., aktualisierte Aufl, München 2013

Gudehus, T., Logistik 2- Netzwerke, Systeme und Lieferketten, Studienausgabe der 4. Auflage, Berlin, Heidelberg 2012

Helbing, K. W., Handbuch Fabrikprojektierung, Berlin, Heidelberg 2010

Holleis, R., Qualitätsmanagementprogramm Alpen- MAYKESTAG GmbH 2014

Kettner, H./Schmidt, J./Greim, H.-R., Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, München 1984

Limbeck, M., Das neue Hardselling- Verkaufen heißt verkaufen - so kommen Sie zum Abschluss, 4., erg. Aufl, Wiesbaden 2011

Lindemann, U., Methodische Entwicklung technischer Produkte- Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden, 3., korrigierte Aufl, Berlin 2009

Martin, H., Transport- und Lagerlogistik- Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 8., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2011

Mathar, H.-J./Scheuring, J., Unternehmenslogistik- Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten, Zürich 2009

Mross, M., Organisationslehre für Sozialmanagement und Sozialverwaltung, Bremen 2012

Pawellek, G., Ganzheitliche Fabrikplanung- Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, Berlin 2008

REFA, Methodenlehre der Planung und Steuerung- Teil 5 Netzplantechnik, Projektmanagement, Betriebsstättenplanung, 4. Aufl., 44. - 53. Tsd, München 1985

REFA, Methodenlehre des Arbeitsstudiums- Teil 2 Datenermittlung, 7. Aufl., 321. - 360. Tsd, München 1992

Reuter, J. F., Forschungspolitik und Forschungsplanung- Der technische Fortschritt als Objekt der Finanz- und Wirtschaftspolitik. 143, Berlin 1970

Schawel, C./Billing, F., Top 100 Management-Tools- Das wichtigste Buch eines Managers; von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung, 4., überarb. Aufl, Wiesbaden 2012

Schenk, M./Müller, E./Wirth, S., Fabrikplanung und Fabrikbetrieb- Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, 2., vollst. überarb. und erw. Aufl., Berlin [u.a.] 2014

Schlick, C./Luczak, H./Bruder, R., Arbeitswissenschaft, 3., vollständig überarbeitete und erw. Aufl, Heidelberg 2010

Schmigalla, H., Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, Berlin 1970

Schuh, G. et al., Fabrikplanung im Gegenstromverfahren, in Werkstatttechnik online2007: 4, S.195-199

Schulte-Zurhausen, M., Organisation, 6., überarb. und aktualisierte Aufl, München 2014

VDI- Norm: VDI 5200 Blatt 1, Fabrikplanung - Planungsvorgehen 2009

Weber, R., Entlohnungssysteme bei steigender Automatisierung und in der lean production- Voraussetzungen - Methoden - Beispiele. Bd. 456 : Betriebsführung, Renningen-Malmsheim 1994

Wiendahl, H.-P./Nyhuis, P./Reichardt, J., Handbuch Fabrikplanung- Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten, 2., überarb. und erw. Aufl, München [u.a.] 2014

Zangemeister, C., Nutzwertanalyse in der Systemtechnik- Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen, 3. Aufl, München 1973

7 Internetquellenverzeichnis

<http://www.alpenmaykestag.com/de/alpen-drills-for-professionals/unternehmen/firmenzentrale/>,

Homepage Alpen MAYKESTAG GmbH, Zugriff 24.11.2014

<http://www.rotopino.de/news/sds-aufnahme-%E2%80%93-was-ist-das-eigentlich,1243>

Homepage rotopino, Zugriffsdatum 10.02.2015

<https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR12115124/NOR12115124.pdf>

Homepage Rechtsinformationssystem (RIS) des Bundeskanzleramts, Zugriffsdatum: 20.02.2015

<http://www.macpanther.com/en/openwin.php?id=2&language=>

Homepage Mac Panther Tools Co. Ltd, Zugriffsdatum: 27.02.2015

https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Vwgh&Dokumentnummer=JWT_2008120114_20090520X00

Homepage Rechtsinformationssystem (RIS) des Bundeskanzleramts, Zugriffsdatum: 05.03.2015

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bereiche der Alpen- MAYKESTAG GmbH	1
Abbildung 2: Umsatzentwicklung der letzten fünf Geschäftsjahre	2
Abbildung 3: Verteilung der Gesamtproduktionsmenge	2
Abbildung 4: Organigramm Alpen- MAYKESTAG GmbH.....	3
Abbildung 5: Aufteilung der Produktparten Werk Sankt Gallen	4
Abbildung 6: Grundstruktur der Vorgehensweise	7
Abbildung 7: Einflussbereiche Fabrikplanung	12
Abbildung 8: Aufgaben der Systematik	13
Abbildung 9: Vergleich Planungssystematiken.....	14
Abbildung 10: Fabrikplanungspyramide	15
Abbildung 11: 6- Phasen- Fabrikplanungssystem	17
Abbildung 12: Gründe für Fabrikplanungsprojekte	18
Abbildung 13: Planungsschritte Zielplanung	19
Abbildung 14: Möglichkeiten zur Datenerhebung.....	22
Abbildung 15: Vorgehensweise Multimomentaufnahme.....	24
Abbildung 16: Unterteilung der Ablaufarten für die Multimomentaufnahme	25
Abbildung 17: Ergebnisse einer Multimomentaufnahme	29
Abbildung 18: Vorgehensweise ABC- Analyse.....	31
Abbildung 19: Graphische Darstellung der ABC- Analyse.....	32
Abbildung 20: Vorgehensweise Materialflussanalyse	34
Abbildung 21: Vorgehensweise bei der Erstellung der Transportintensitätsmatrix (Bewertungsmatrix)	36
Abbildung 22: Dreieckschema.....	37
Abbildung 23: Kreisdiagramm	38
Abbildung 24: Sankey- Diagramm.....	39
Abbildung 25: Mengen- Wege- Bild.....	40
Abbildung 26: Planungsschritte in der Grobplanung	41

Abbildung 27: Diagramm Kooperationsgrad.....	43
Abbildung 28: Verfahren zur optimalen Zuordnung von Betriebseinheiten.....	44
Abbildung 29: Strukturgrafik der optimierten Bereichsanordnung	47
Abbildung 30: Vorgehensweise Nutzwertanalyse	52
Abbildung 31: Übersicht möglicher Bewertungskriterien	53
Abbildung 32: Matrix zur Gewichtung der Bewertungskriterien	54
Abbildung 33: Bewertung mittels Nutzwertanalyse	56
Abbildung 34: Graphische Darstellung der Ergebnisse mittels Balkendiagramm.....	56
Abbildung 35: Graphische Darstellung der Ergebnisse mittels Kennzahlenprofil	57
Abbildung 36: Graphische Darstellung des Kosten- Wirksamkeits- Index (K/W- Index)	59
Abbildung 37: Planungsschritte Feinplanung	60
Abbildung 38: Planungsschritte Ausführungsplanung	61
Abbildung 39: Ablauf der Ausführung/Realisierung.....	62
Abbildung 40: Vorgehensweise bei der Ist- Stand- Analyse.....	65
Abbildung 41: Übersicht der Fertigungsabteilungen.....	67
Abbildung 42: SDS+ Hammerbohrer.....	69
Abbildung 43: Ergebnisse ABC- Analyse (Lorenzkurve)	72
Abbildung 44: Übersicht Arbeitspläne	77
Abbildung 45: Gesamtmaterialflussschema	81
Abbildung 46. Rundgangplan Multimomentaufnahme.....	84
Abbildung 47: Prozentuelle Verteilung der Maschinen- Zustände.....	86
Abbildung 48: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker	86
Abbildung 49: Zukunftsprognose Produktionsmengen.....	88
Abbildung 50: Sankey- Diagramm Ist- Stand	93
Abbildung 51: Vorgehensweise Grobplanung	94
Abbildung 52: Sankey- Diagramm Materialflussplanung	98
Abbildung 53: Viereckschema Ideallayout.....	101
Abbildung 54: Ideallayout.....	104
Abbildung 55: Skizze zur Berechnung des bereichsinternen Weges	110

Abbildung 56: Grafische Auswertung der Nutzwertanalyse.....	111
Abbildung 57: Reallayout Variante 7	114
Abbildung 58: Reallayout Variante 8	116
Abbildung 59: Vorgehensweise Feinplanung	121
Abbildung 60: Übersicht Simulationsmodell	125
Abbildung 61: Detailansicht Bereich Nutfräsen	125
Abbildung 62: Maschinenauslastung Simulationsfall 1.....	128
Abbildung 63: Werker auslastung Simulationsfall 1	129
Abbildung 64: Werker auslastung bei Simulation eines spezialisierten Rüstlers.....	131
Abbildung 65: Mengengerüst Simulationsfall 2	132
Abbildung 66: Maschinenauslastung Simulationsfall 2.....	133
Abbildung 67: Werker auslastung Simulationsfall 2	134
Abbildung 68: Maschinenauslastung Simulationsfall 3.....	136
Abbildung 69: Werker auslastung Simulationsfall 3	137
Abbildung 70: Grundriss Durchlaufregalelement.....	138
Abbildung 71: Dimensionierung Bereitstellungsflächen.....	141
Abbildung 72: Prozentuelle Verteilung der Maschinenzustände Gruppe Bearbeitungszentren	A-1
Abbildung 73: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Bearbeitungszentren	A-1
Abbildung 74: Prozentueller Verteilung der Maschinen- Zustände Gruppe Spiralfräsen	A-2
Abbildung 75: Prozentuelle Verteilung der tätigkeiten der Werker Gruppe Spiralfräsen	A-2
Abbildung 76: Prozentuelle Verteilung der Maschinen- Zustände Gruppe Kopf/Schaft/Nut Bearbeitung.....	A-3
Abbildung 77: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Kopf/Schaft/Nut Bearbeitung.....	A-3
Abbildung 78: Prozentuelle Verteilung der Maschinen- Zustände Gruppe Mehrmaschinenbedienung.....	A-4

Abbildung 79: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Mehrmaschinenbedienung..... A-4

Abbildung 80: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Handbetrieb A-5

Abbildung 81: Reallayout- Variante 1 B-1

Abbildung 82: Reallayout- Variante 2..... B-2

Abbildung 83: Reallayout- Variante 3..... B-3

Abbildung 84: Reallayout- Variante 4..... B-4

Abbildung 85: Reallayout- Variante 5..... B-5

Abbildung 86: Reallayout- Variante 6..... B-6

Abbildung 87: Reallayout- Variante 7..... B-7

Abbildung 88: Reallayout- Variante 8..... B-8

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produktübersicht SDS Bohrer und Stein-/Spezialbohrer	5
Tabelle 2: Rechentabelle für modifiziertes Dreieckverfahren nach Schmigalla (Beispiel)	46
Tabelle 3: Übersicht A- Teile Produkte.....	73
Tabelle 4: Maschinenliste.....	79
Tabelle 5: Liste der analysierten Maschinen	83
Tabelle 6: Maschinenauslastungen	87
Tabelle 7: Zukünftige Maschinenauslastung	89
Tabelle 8: Transportintensitätsmatrix	92
Tabelle 9: Transportmatrix Materialflussplanung.....	98
Tabelle 10: Gespiegelte Transportmatrix und Rechentabelle für Dreieckverfahren	100
Tabelle 11: Zuschlagsfaktoren f_G bezogen auf Maschinengrundfläche nach <i>Rockstroh</i>	102
Tabelle 12: Arbeitsplatzflächenbezogene Zuschlagsfaktoren f_A nach <i>Rockstroh</i>	102
Tabelle 13: Ermittlung Flächenbedarf.....	103
Tabelle 14: Übersicht Transportleistungszahl	105
Tabelle 15: Bewertungstabelle Transportleistungszahl	106
Tabelle 16: Bewertungstabelle Hallenfläche	107
Tabelle 17: Bewertungstabelle Erweiterbarkeit	107
Tabelle 18: Bewertungstabelle Raumnutzung.....	108
Tabelle 19: Bewertungstabelle Flexibilität	108
Tabelle 20: Bewertungstabelle Personalbedarf.....	109
Tabelle 21: Bewertungstabelle bereichsinterner Weg	109
Tabelle 22: Ergebnis Nutzwertanalyse	111
Tabelle 23: Bewertung nach Randbedingungen	113
Tabelle 24: Auswahl der Produkte für die Simulation und Begründung	123
Tabelle 25: Mengengerüst Produktionsmengen 2020.....	124

Tabelle 26: Übersicht Simulationsszenarien	126
Tabelle 27: Änderungen Schichtbelegung Simulationsfall 1.....	127
Tabelle 28: Mittlere Durchlaufzeiten Simulationsfall 1	130
Tabelle 29: Maschinen im Verantwortungsbereich des Rüstlers.....	130
Tabelle 30: Änderungen Schichtbelegung Simulationsfall 2.....	133
Tabelle 31: Mittlere Durchlaufzeiten Simulationsfall 2.....	134
Tabelle 32: Mengengerüst Simulationsfall 3.....	135
Tabelle 33: Änderungen Schichtbelegung Simulationsfall 3.....	135
Tabelle 34: Mittlere Durchlaufzeiten Simulationsfall 3.....	137
Tabelle 35: Ermittlung Schütten- Bestand Gesamtlager.....	139
Tabelle 36: Übersicht zurückgelegte Wegstrecke während der Produktion	143
Tabelle 37: Einsparungspotential Transportleistungszahl	144
Tabelle 38: Gegenüberstellung der Durchlaufzeiten von Ist- Stand und Simulation 2020	145

10 Abkürzungsverzeichnis

A_{Lager}	benötigte Gesamtlagerfläche
A_R	Grundfläche eines Durchlaufregals
AV	Arbeitsvorbereitung
B_S	Anzahl benötigte Schütten für Gesamtlagerdimensionierung
BABZ	Bearbeitungszentrum
BW	Bewertungsmatrix
DLZ	Durchlaufzeit
DM	Distanzmatrix
f	erreichter Vertrauensbereich bei Multimomentaufnahme
f'	geforderter Vertrauensbereich bei Multimomentaufnahme
f_A	Flächenzuschlagsfaktor bezogen auf Arbeitsplatzfläche
f_{AG}	Faktor für Ausfüllungsgrad des Einheitsladungsträgers
f_G	Flächenzuschlagsfaktor bezogen auf Maschinengrundfläche
f_{PD}	Faktor für Packungsdichte des Einheitsladungsträgers
FIFO	First in- First out
FL	Flexibilität
h	Stunde
HF	Hallenfläche
HM	Hartmetall
HSS	High Speed Steel (Schnellarbeitsstahl)
K_R	Personalkosten aufgrund von Rüstarbeiten
$K_{Wp.a.}$	Personalkosten für einen Werker pro Jahr
KBA	Kleines Bearbeitungszentrum
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
K/W- Index	Kosten- Wirksamkeitsindex
LL	Long Life

M	Anzahl der Maschinen eines Fertigungsbereichs (Ermittlung Kooperationsgrad)
m_{EHL}	Masse des Einheitsladungsträgers
m_i	Anzahl der Maschinen, mit denen Maschine i in Verbindung steht (Ermittlung Kooperationsgrad)
MF	Materialfluss
MM	Materialflussmatrix
MMA	Multimomentaufnahme
n	Anzahl der Beobachtungen bei Multimomentaufnahme
n_E	Anzahl der Regalebenen
n_R	Anzahl Beobachtungspunkte
n_{Regale}	Anzahl der benötigten Regale für Gesamtlager
n_{SE}	Anzahl der Schütten pro Regalebene
n_T	Anzahl der Beobachtungen pro Tag bei Multimomentaufnahme
n_W	Anzahl der Werker im Einsatz
p	Anteil des beobachteten Anteils (Ermittlung Vertrauensbereich für Multimomentaufnahme)
p_R	Rüstanteil laut Multimomentaufnahme
PB	Personalbedarf
PPS	Produktionsplanungssystem
PSP	Paletten- Stellplatz (EURO Palette)
QMB	Qualitätsmanagementbeauftragter
R_T	Anzahl der täglich notwendigen Rundgänge bei Multimomentaufnahme
RN	Raumnutzung
S	Aussagewahrscheinlichkeit bei Multimomentaufnahme
S_L	Sicherheitsfaktor bei Gesamtlagerdimensionierung
SDS	Spannen durch System
T	Beobachtungszeitraum in Tagen bei Multimomentaufnahme
t_{TR}	Zeitaufwand für Materialtransport

TBL	Technischer Betriebsleiter
TE	Transporteinheit
TIM	Transportintensitätsmatrix
TLZ	Transportleistungszahl
TM	Transportmatrix
v	Gehgeschwindigkeit eines Werkers
V_{EHL}	Volumen Einheitsladungsträger
κ	Kooperationsgrad
ρ	Dichte

11 Formelverzeichnis

(1): Beobachtungsumfang	26
(2): Beobachtungen pro Tag	27
(3): Anzahl der täglich notwendigen Rundgänge.....	27
(4): Kooperationsgrad.....	43
(5): Vertrauensbereich.....	87
(6): Masse Einheitsladungsträger.....	91
(7): Transportzeitaufwand Ist- Stand	118
(8): Transportzeitaufwand 2020	118
(9): Rüstkosten.....	119
(10): Anzahl benötigte Regale für Gesamtlager	140
(11): benötigte Lagerfläche für Gesamtlager	140

Anhang A: Ergebnisse Multimomentaufnahme

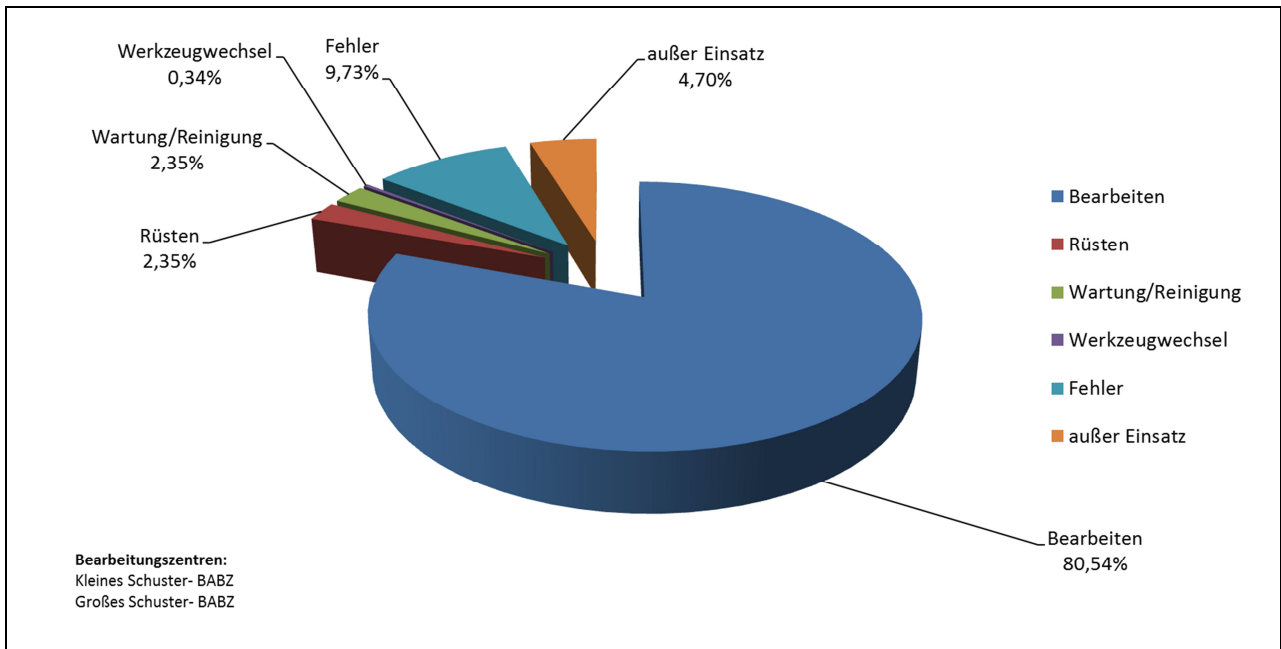


Abbildung 72: Prozentuelle Verteilung der Maschinenzustände Gruppe Bearbeitungszentren

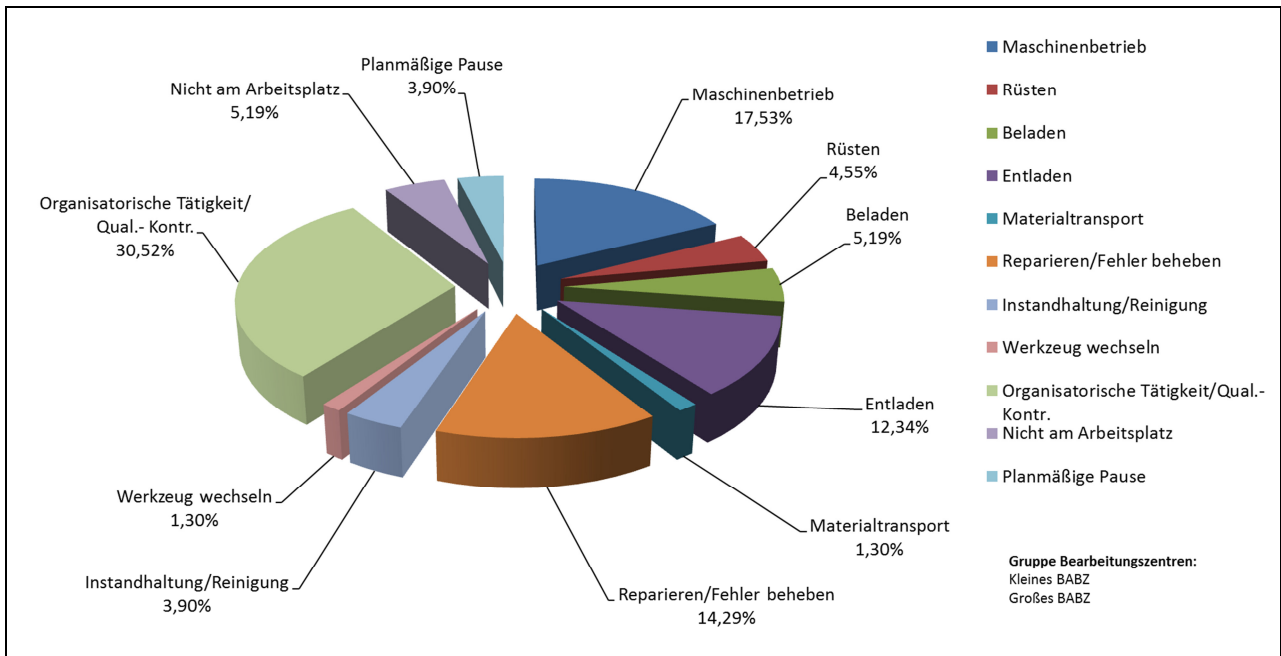


Abbildung 73: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Bearbeitungszentren

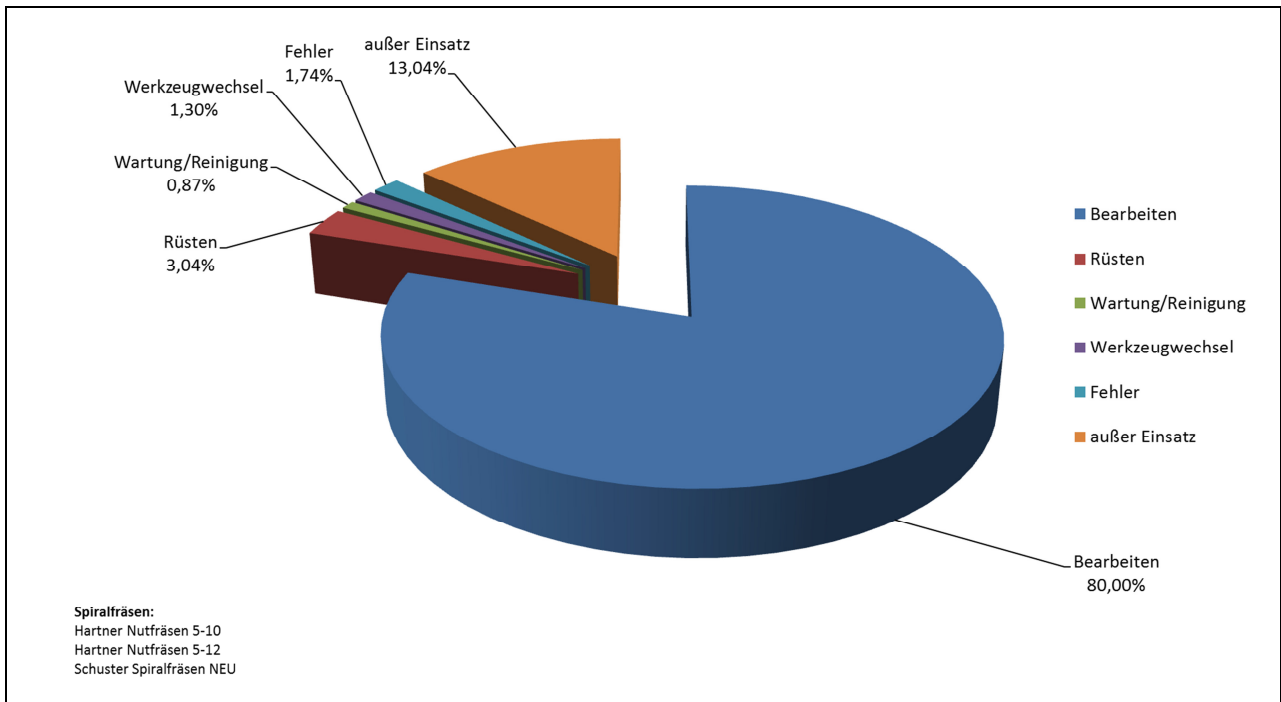


Abbildung 74: Prozentueller Verteilung der Maschinen- Zustände Gruppe Spiralfräsen

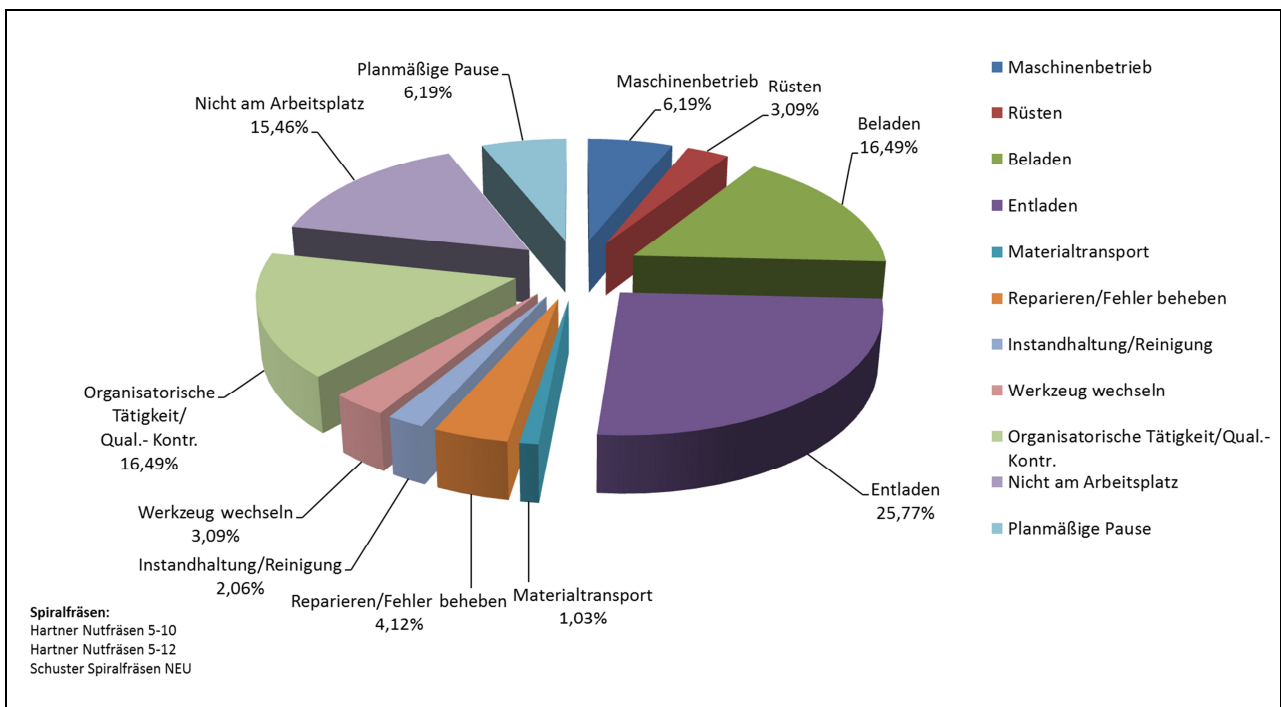


Abbildung 75: Prozentuelle Verteilung der tätigkeiten der Werker Gruppe Spiralfräsen

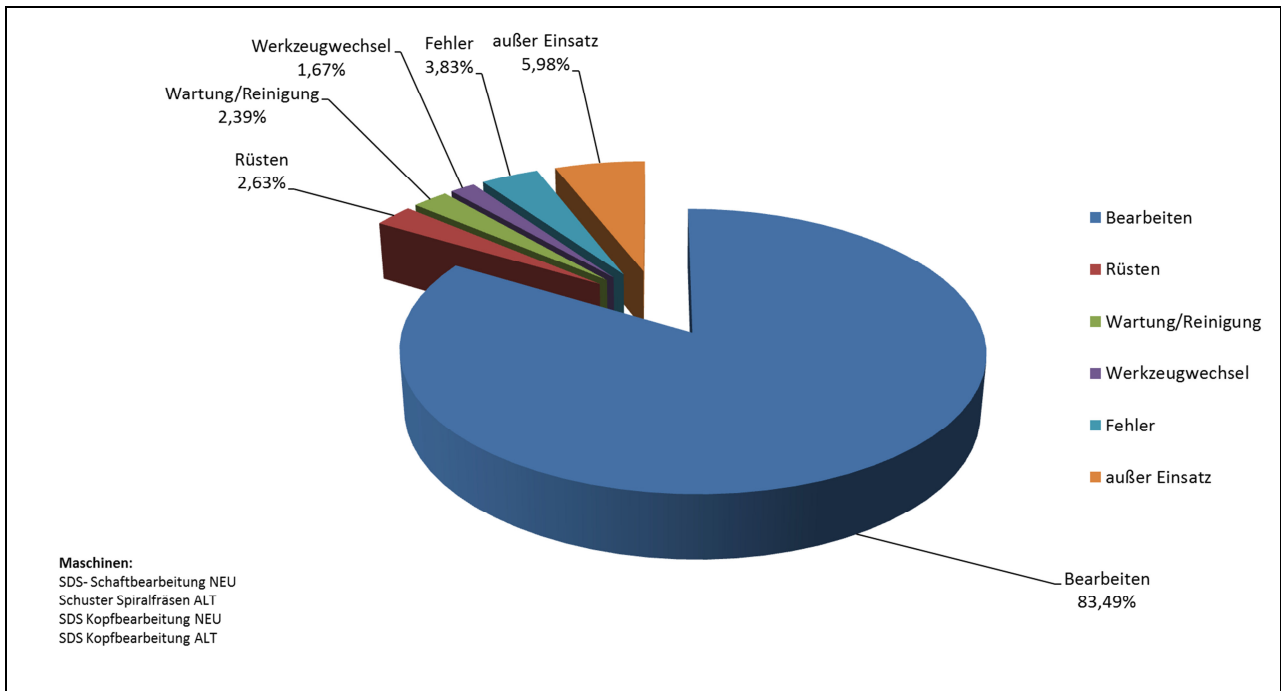


Abbildung 76: Prozentuelle Verteilung der Maschinen- Zustände Gruppe Kopf/Schaft/Nut Bearbeitung

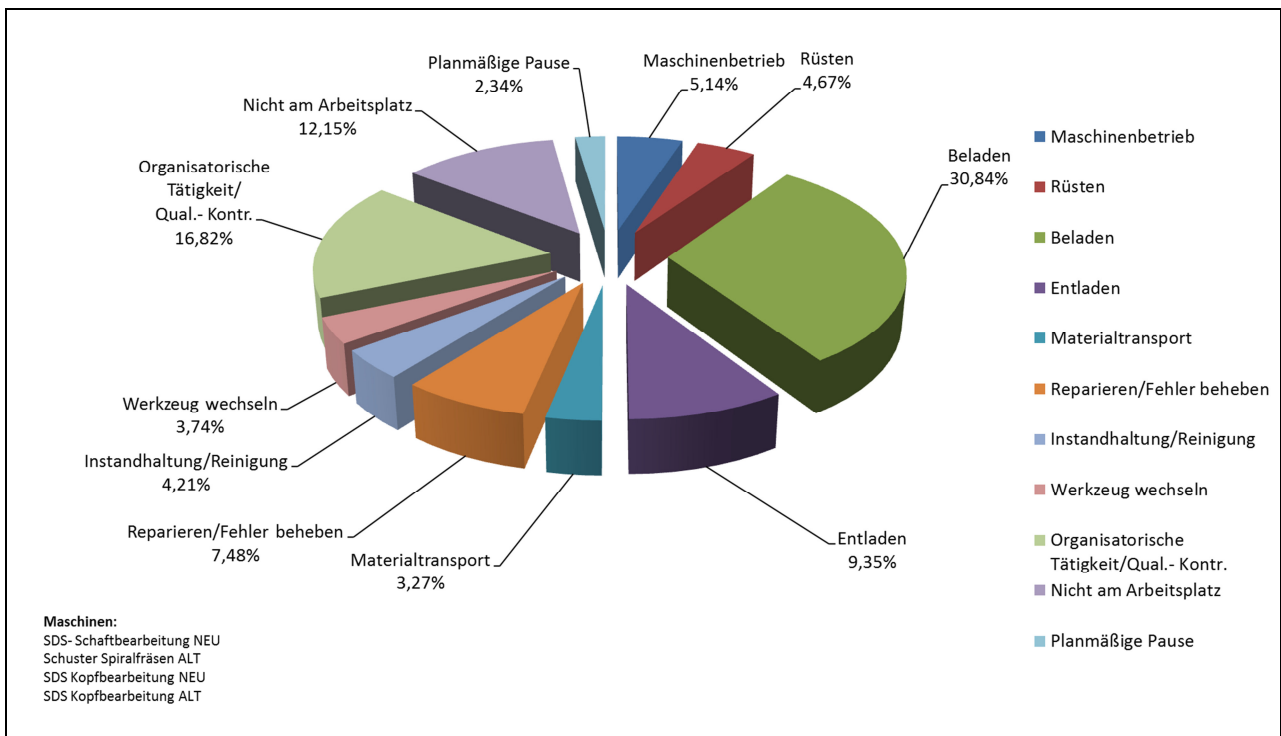


Abbildung 77: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Kopf/Schaft/Nut Bearbeitung

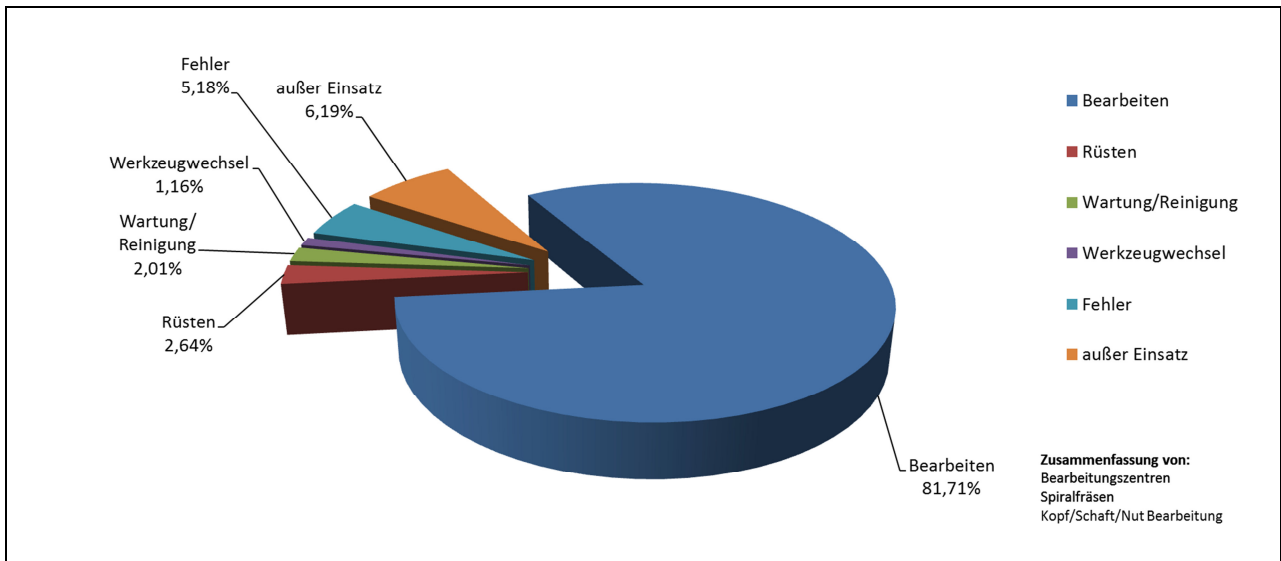


Abbildung 78: Prozentuelle Verteilung der Maschinen- Zustände Gruppe Mehrmaschinenbedienung

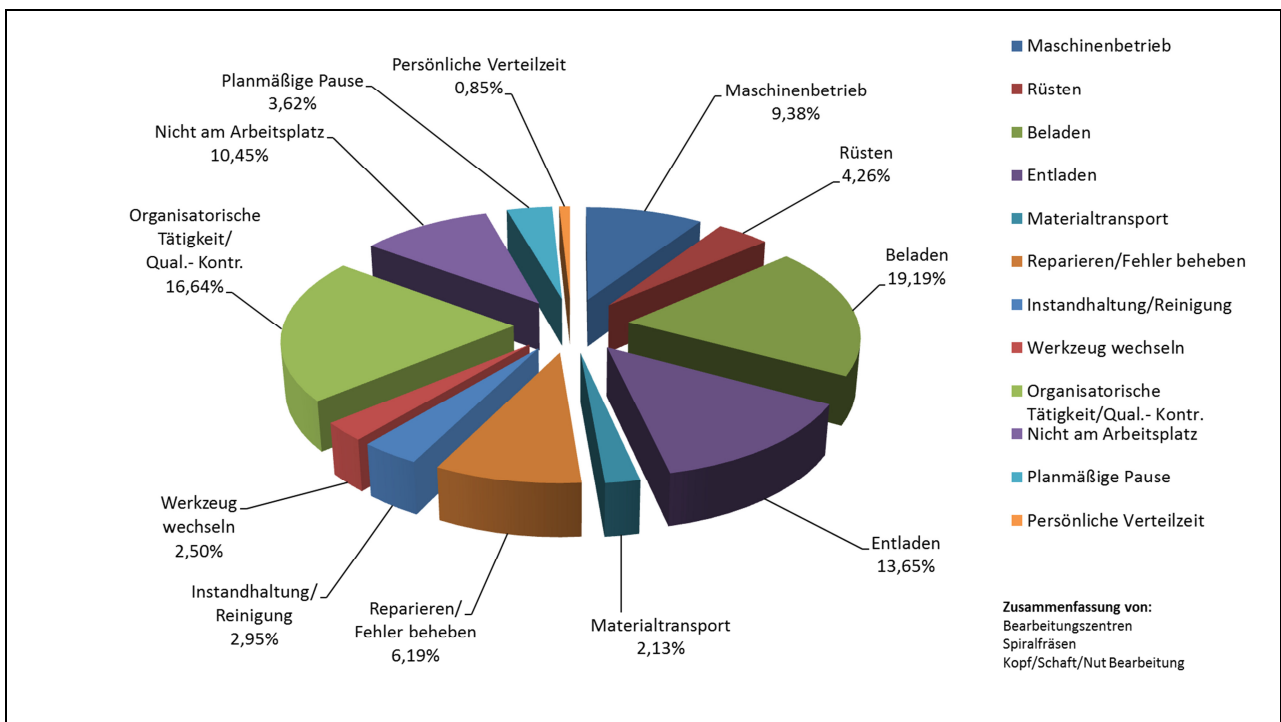


Abbildung 79: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Mehrmaschinenbedienung

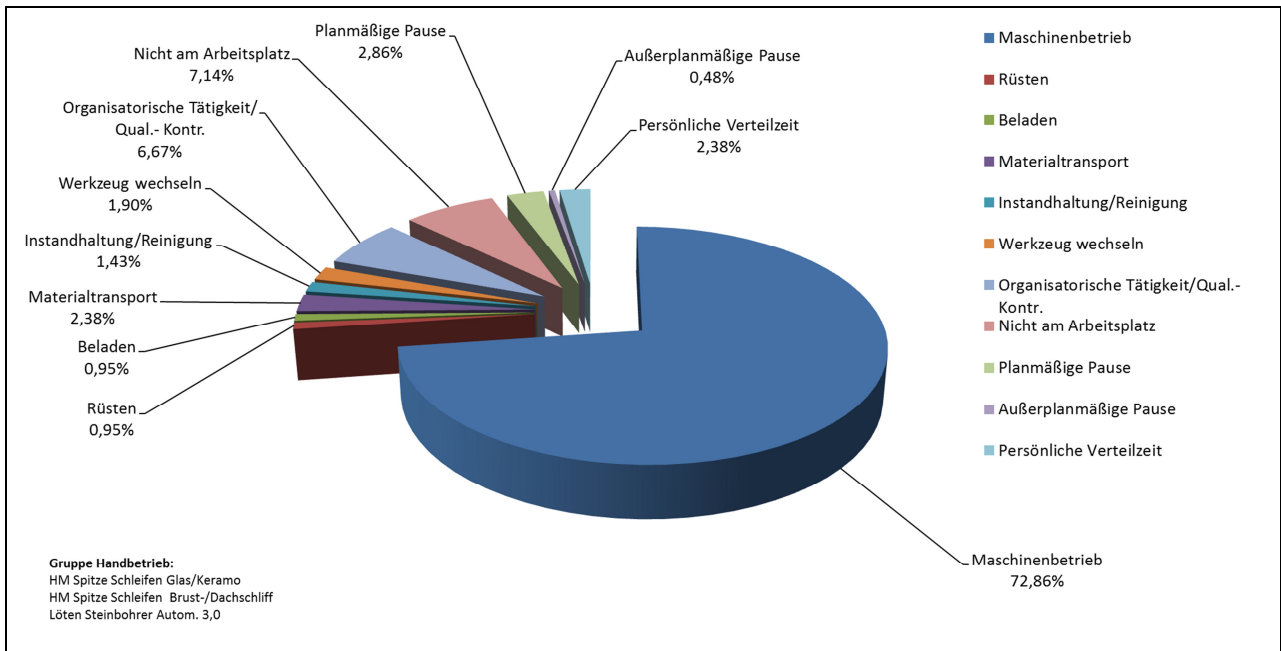


Abbildung 80: Prozentuelle Verteilung der Tätigkeiten der Werker Gruppe Handbetrieb

Anhang B: Reallayout- Varianten

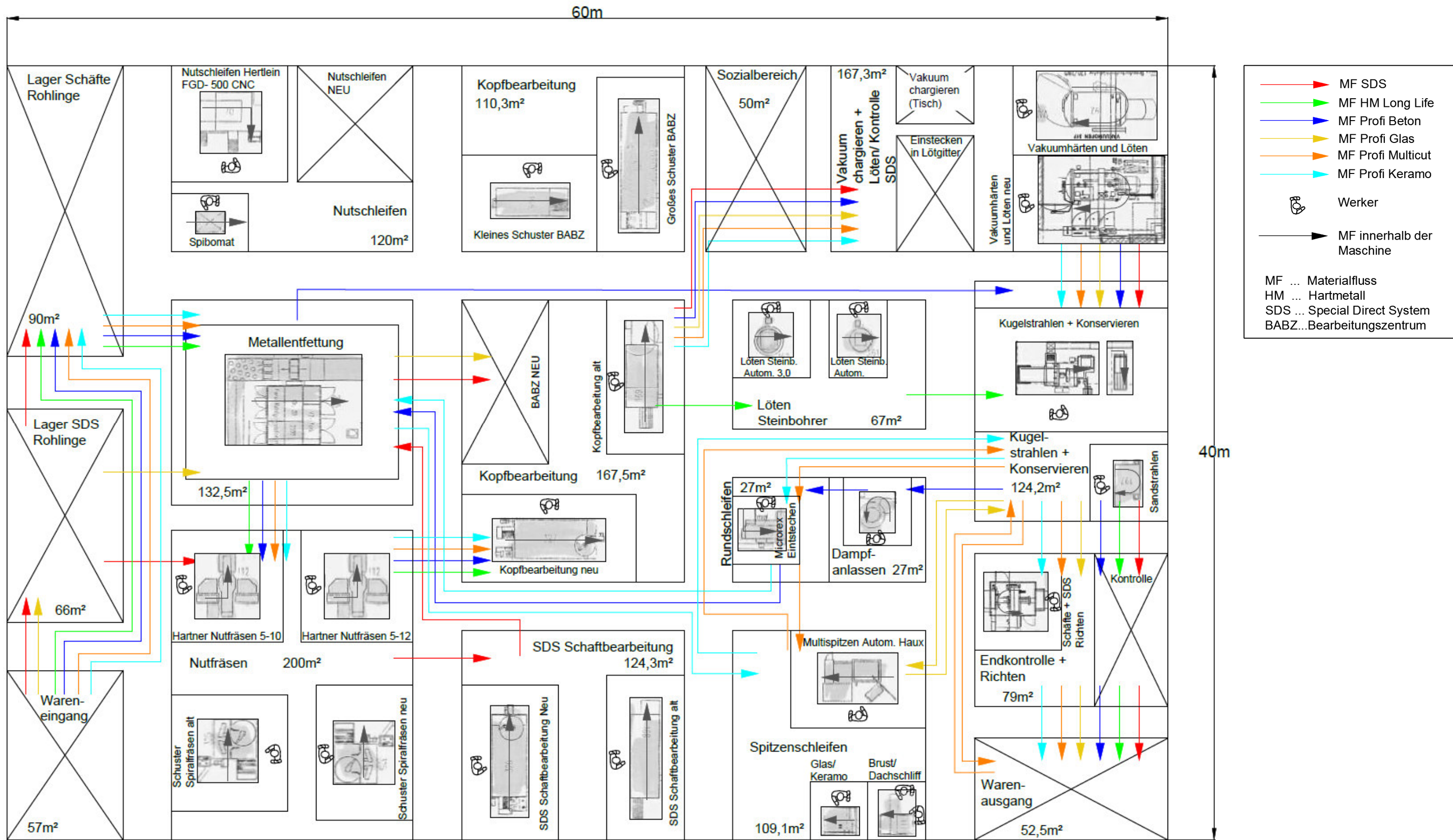


Abbildung 81: Reallayout- Variante 1

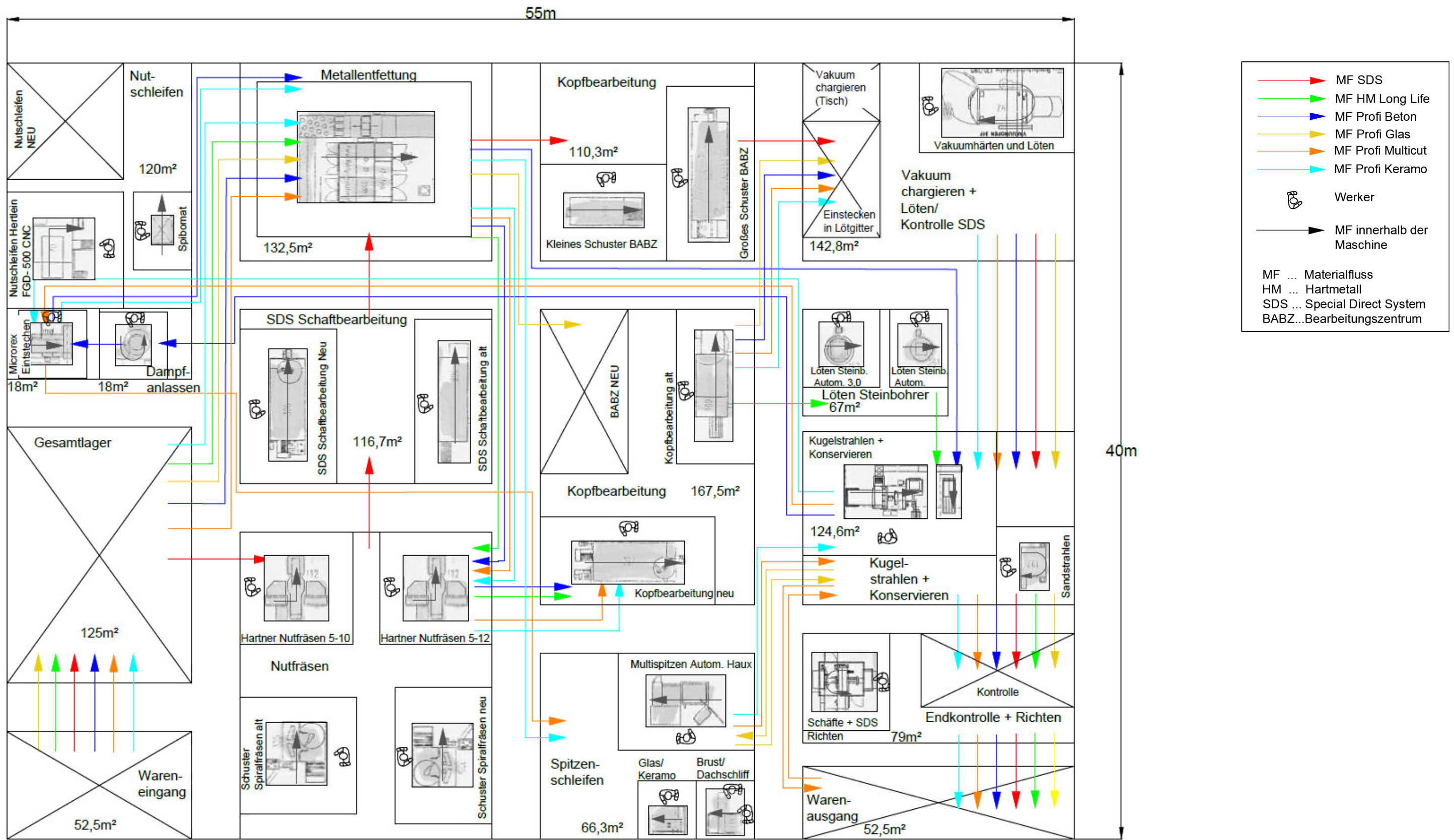


Abbildung 82: Reallayout- Variante 2

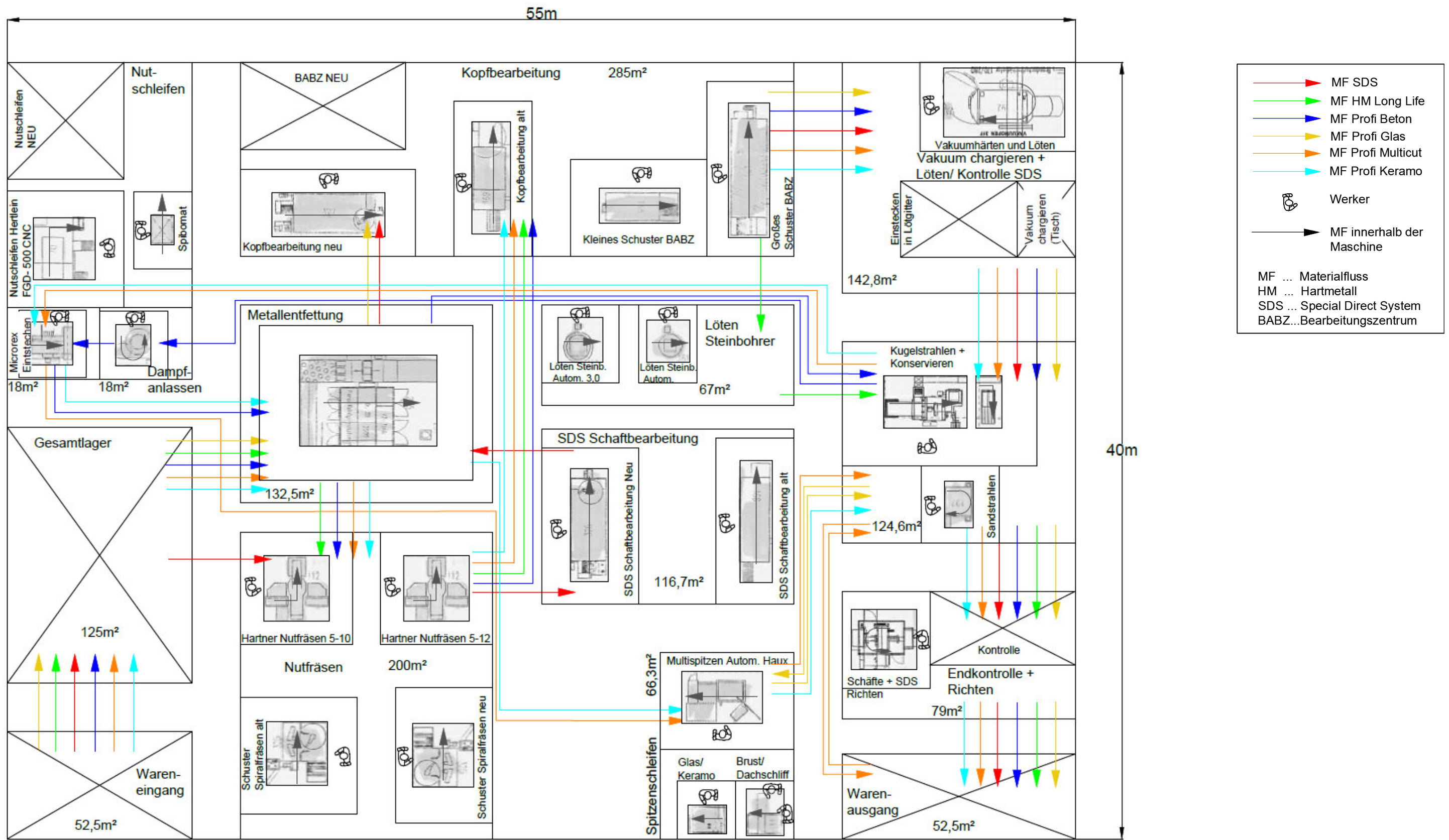


Abbildung 83: Reallayout- Variante 3

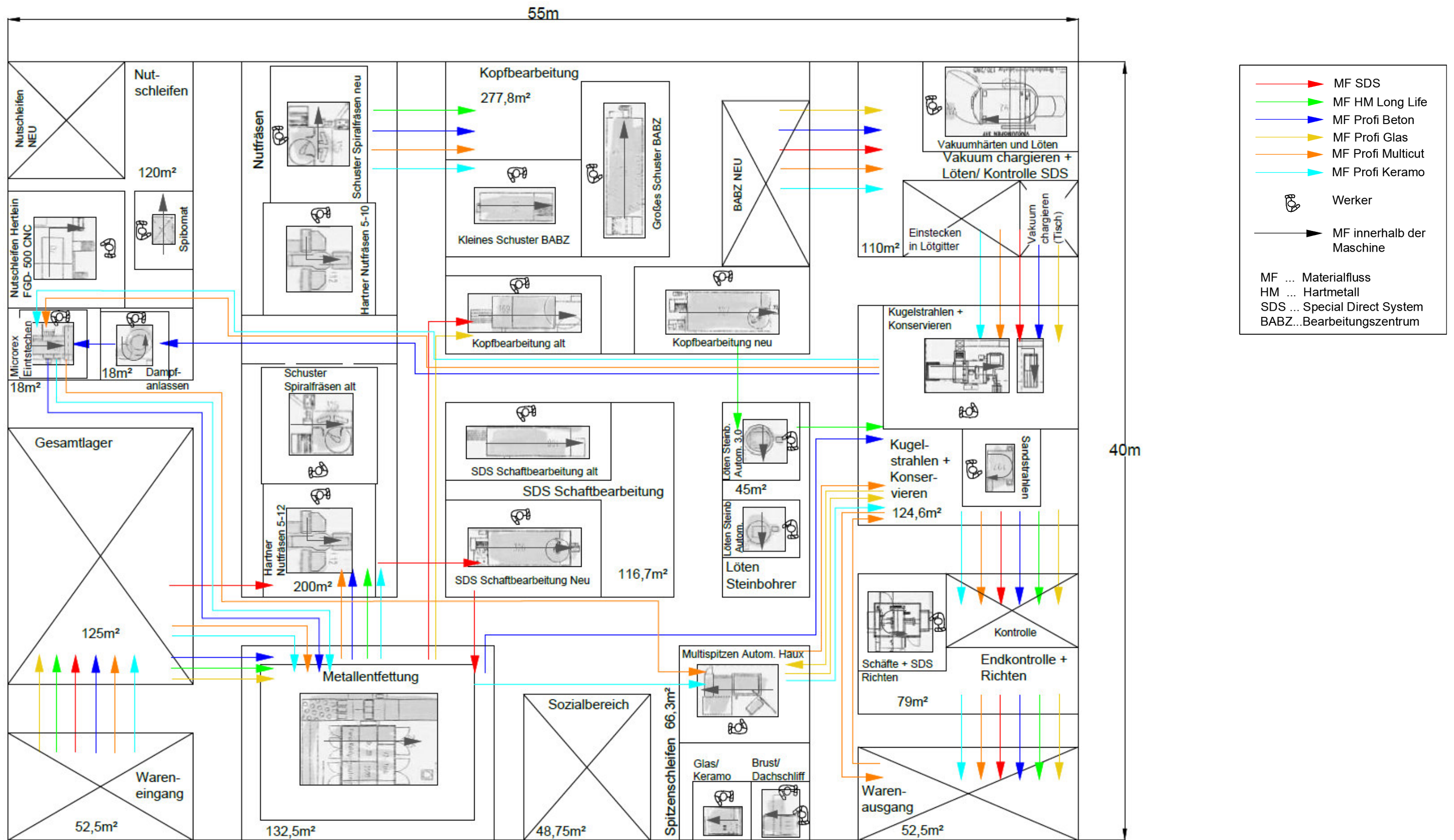


Abbildung 84: Reallayout- Variante 4

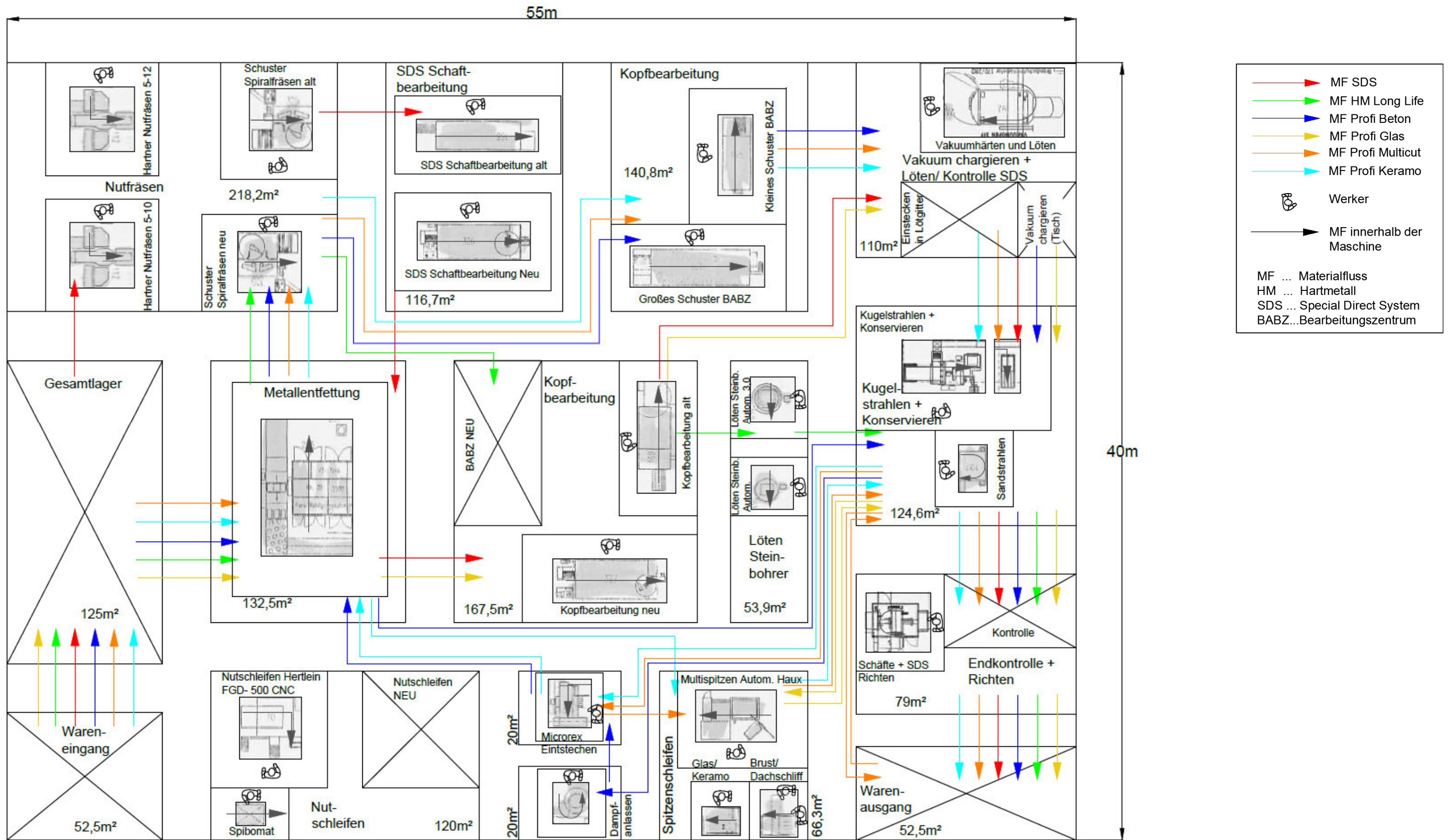


Abbildung 85: Reallayout- Variante 5

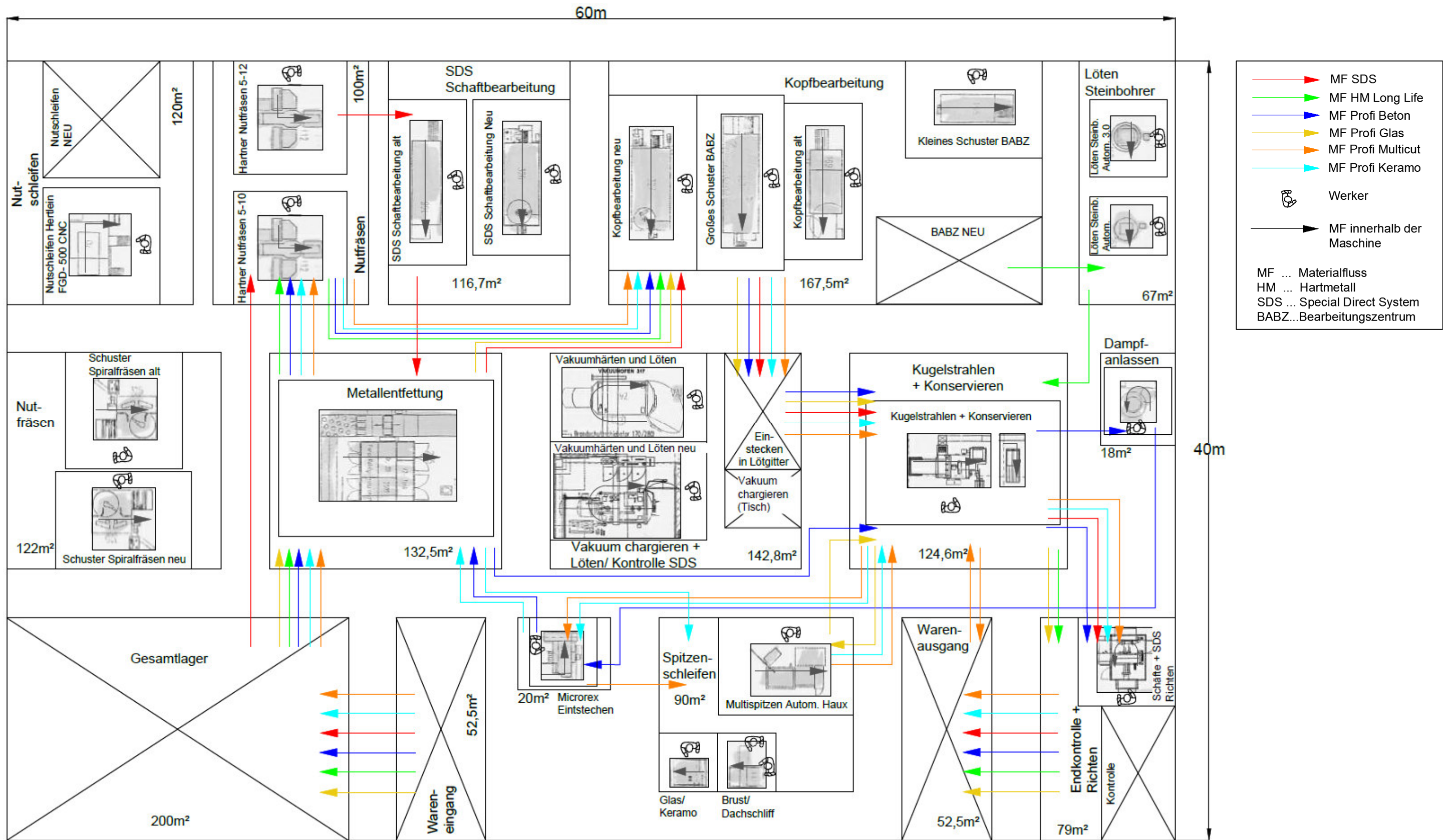


Abbildung 86: Reallayout- Variante 6

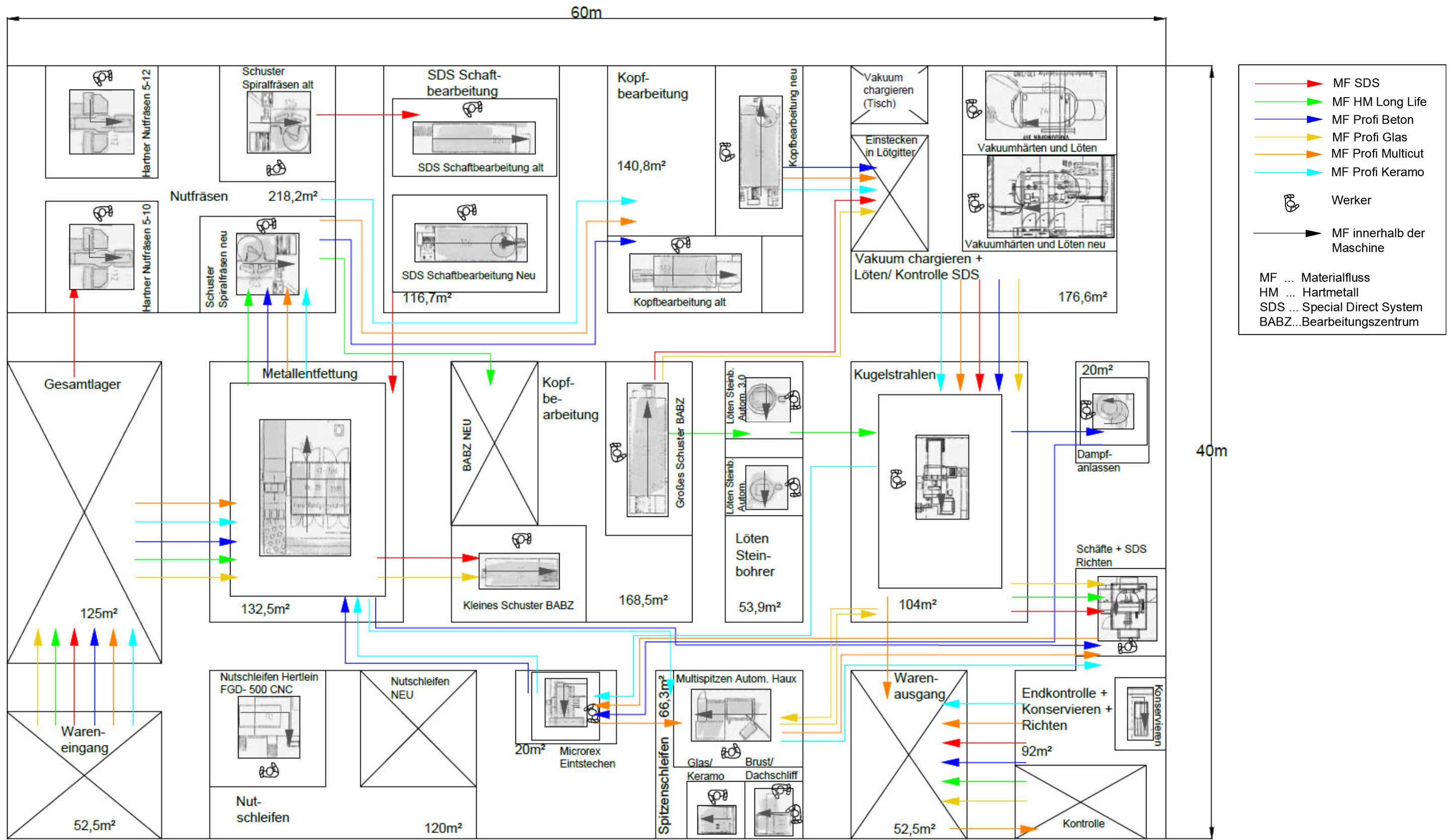


Abbildung 87: Reallayout- Variante 7

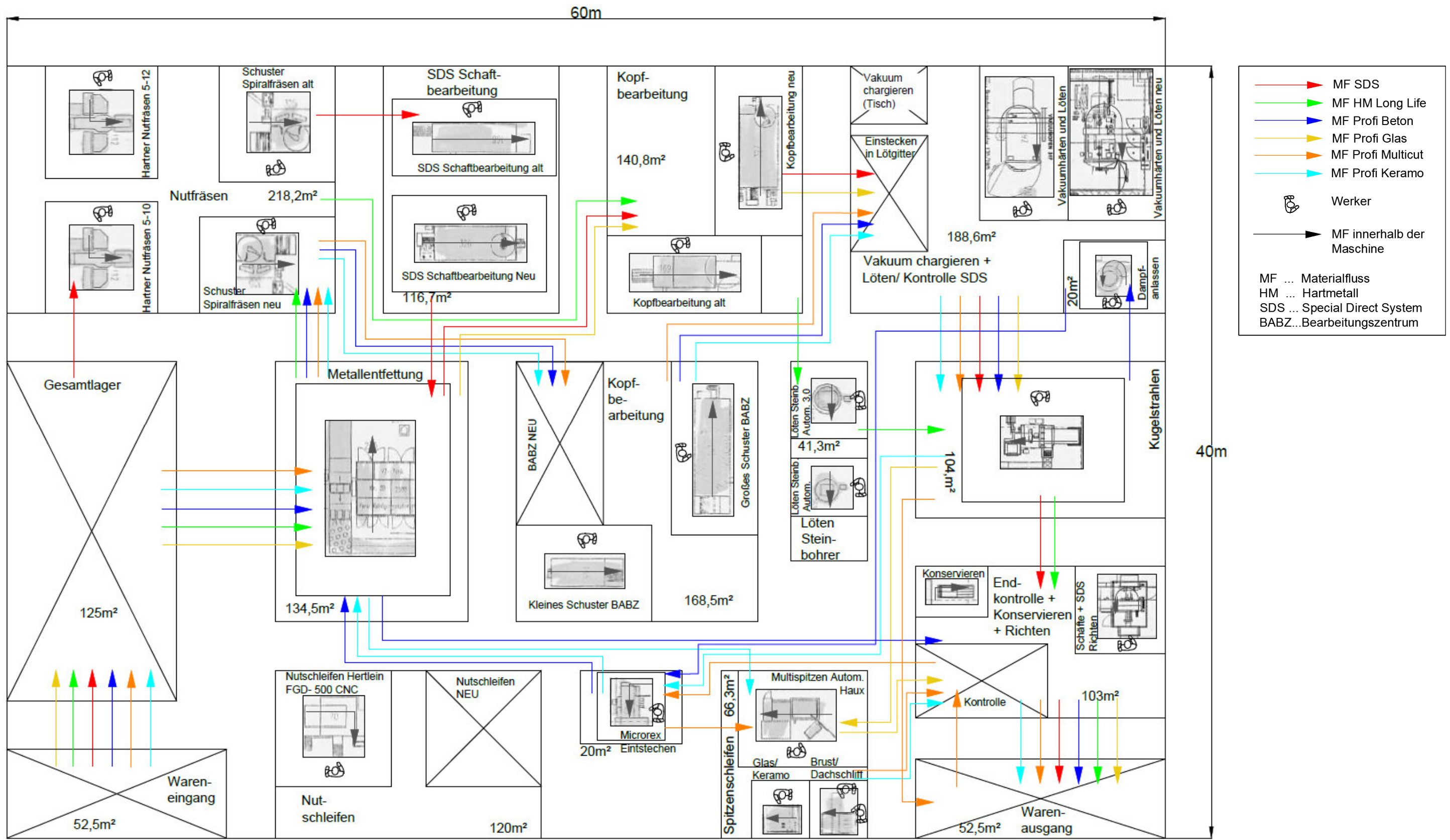


Abbildung 88: Reallayout- Variante 8