



Zainer Stefan, BSc

# **Betriebsstättenplanung und Arbeitsplatzgestaltung in der Endfertigung der Medienfabrik Graz**

Masterarbeit

Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

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

Graz, 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 folgende Masterarbeit wurde am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung in Zusammenarbeit mit der Medienfabrik Graz verfasst.

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich im Verlauf meiner Arbeit unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt dem Geschäftsführer der Medienfabrik Graz, Dipl.-Ing. Gerhard Steindl, der es mir ermöglichte in Zusammenarbeit mit der Medienfabrik Graz meine Masterarbeit zu verfassen und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Weiters möchte ich allen Mitarbeitern der Endfertigung der Medienfabrik Graz für die Unterstützung während der gesamten Arbeit danken. Im speziellen, dem Leiter der Endfertigung Herrn Thomas Pucher und dem Produktionsleiter Herrn Florian Feiertag, die sehr viel Zeit und Engagement in die Umsetzung dieser Arbeit steckten und immer hinter dem Projekt standen.

Auch allen Lehrbeauftragten der Technischen Universität Graz rund um Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer, die mich unterstützt haben möchte ich danken. Wobei ich hier meine beiden Betreuer Herrn Dipl.-Ing. Mario Kleindienst und Herrn Dipl.-Ing. Matthias Friessnig herausheben möchte, die mir bei allen Fragen und zu jeder Zeit mit Ratschlägen und fachbezogenem Wissen zur Seite standen.

Zum Abschluss dieser Danksagung möchte ich noch allen Personen aus meinem privaten Umfeld meinen Dank für Ihre Unterstützung aussprechen. Im Besonderen möchte ich hier meine Familie erwähnen, die mich in allen Phasen meines Lebens stets unterstützt, angetrieben und gefördert hat. Eine der wichtigsten Personen, der ich an diese Stelle noch danken möchte, ist meine Freundin Simone, die mir während der gesamten Arbeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

## Kurzfassung

In der Endfertigung der Medienfabrik Graz kam es in den letzten Jahren durch stetige Produktionserweiterung und der damit verbundenen Anschaffung neuer Produktionsmaschinen, welche aus Platzmangel oft nicht optimal aufgestellt wurden, zu einer negativen Beeinflussung des Materialflusses.

Weiters gibt es in der Medienfabrik merkliche Ordnungs- bzw. Sauberkeitsprobleme und kein strukturiertes Lagerwesen. Diese Aspekte führen zu Effizienzverlusten in der Produktion sowie zu einem schlechten Eindruck bei Kunden und Außenstehenden, die die Medienfabrik besuchen.

Die Aufgabenstellung dieser Masterarbeit war es, eine Materialflussanalyse und Layout-Planung im Bereich der Endfertigung der Medienfabrik Graz durchzuführen und resultierend daraus die eingesetzten Maschinen und Betriebsmittel materialflussgerecht anzuordnen, um damit die Durchlaufzeiten zu verkürzen bzw. die Effizienz zu steigern. Dabei stand zusätzlich im Vordergrund auch Platz für neue Maschinen zu generieren und diese bestmöglich in das Materialflusskonzept einzubinden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Arbeit bestand darin, eine geordnete Materialfluss- und Lagerlogistik im besagten Bereich zu implementieren, um einerseits die Produktivität zu steigern und andererseits das Bild der Medienfabrik Graz für Außenstehende und Kunden zu verbessern. Um die Thematik dieser Masterarbeit zu bearbeiten, wurde aufbauend auf den theoretischen Hintergründen zu Beginn eine Materialflussanalyse durchgeführt. Dazu erfolgte zuerst die materialflussrelevante IST-Datenaufnahme und Darstellung dieser mit geeigneten Methoden aus der Literatur. Mit den erhobenen Daten und einem maßstabsgetreuen Layout des relevanten Bereichs der Medienfabrik, das parallel dazu erstellt wurde, war es möglich die Materialflussintensität der IST-Situation zu berechnen bzw. die größten Schwachstellen zu erkennen. Als nächster Schritt, ist ein Layout mit einer idealen Maschinenanordnung erstellt worden, aus dem, unter Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten, verschiedene in Frage kommende Real-Layout-Varianten erarbeitet wurden. Diese wurden anschließend in Meetings mit den verantwortlichen Personen immer eingegrenzt, bis schließlich vier Varianten übrig blieben. Um wirklich jene Variante zu finden, die für die Medienfabrik den größten Nutzen bringt, erfolgte eine Nutzwertanalyse.

Um die Ordnung, Sauberkeit, Prozesse und Arbeitsumgebung zu optimieren, wurde ein „5S“ Konzept für die Endfertigung entwickelt und eingeführt. Die aufgrund der Nutzwertanalyse gewählte Variante wurde anschließend noch in einem Feinlayout dokumentiert. Alle ausgearbeiteten Ergebnisse und wissenschaftlichen Hintergründe sind parallel zur Erstellung dieser Masterarbeit auch praktisch in der Medienfabrik angewendet und umgesetzt worden.

## **Abstract**

The material flow of the production of Medienfabrik Graz was negatively influenced by an increase in production lines and machines and a resulting lack of room. Furthermore the warehouse system is unstructured. These developments led to a negative image among clients and visitors of Medienfabrik Graz and a decreasing efficiency in production.

The main topic of this master thesis is to carry out a material flow analysis at the end-production site of Medienfabrik Graz. As a result machines and resources will be arranged new to reduce the lead time and increase the efficiency. In addition with that it was important to create space for new resources and integrate them in the ruling material flow.

Another part of this master thesis was to implement an orderly warehouse and logistic system in this area of Medienfabrik Graz to improve the image for customers and visitors. To satisfy this request, based on relevant literature, the material flows were analyzed. At first the actual data were collected and modeled in accordance to methods from literature. The collected data in addition with a layout of the production site enabled the evaluation of the actual material flow intensity. Possible sources of inefficiencies were identified.

In the next step an ideal layout was developed. After that layouts of the production site including different arrangements of the machinery with regard to the spatial conditions were produced. In several meetings the responsible employees narrowed down the different layouts to four layouts. For the final decision a cost-benefit analysis was used.

To optimize the cleanliness and orderliness of the processes and the workspace, a 5S concept for the end-production of Medienfabrik Graz was developed. The findings from 5S and the chosen layout for the production site were combined in a detailed layout. The theoretical part of the master thesis was essential for the practical implementation of the new layout.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Das Unternehmen Medienfabrik Graz .....	2
1.1.1	Produkte.....	2
1.1.2	Zahlen und Fakten .....	2
1.1.3	Unternehmensbereiche.....	3
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung .....	9
1.3	Vorgehensweise.....	10
2	Theorie / Literaturrecherche .....	11
2.1	Fabrikplanung .....	11
2.2	Materialfluss .....	16
2.2.1	Begriffserklärung und Bedeutung einer Materialflussplanung .....	16
2.2.2	Materialflussbereiche .....	17
2.2.3	Einflüsse auf den Materialfluss.....	18
2.3	Vorgehensweise bei Materialflussuntersuchungen .....	19
2.3.1	Zielsetzung einer Materialflussuntersuchung .....	22
2.3.2	Aufgabenstellung einer Materialflussuntersuchung.....	22
2.3.3	Organisation einer Materialflussuntersuchung .....	22
2.3.4	Strukturplan einer Materialflussuntersuchung .....	23
2.3.5	Datenermittlung und Auswertung in Materialflussuntersuchungen.....	23
2.3.6	Maßnahmenprogramm und Schwachstellenanalyse bei Materialflussuntersuchungen.....	32
2.4	Vorgehensweise, bei einer Materialfluss- bzw. Layoutplanung.....	32
2.4.1	Grobplanung .....	33
2.4.2	Idealplanung.....	37
2.4.3	Realplanung .....	37
2.4.4	Nutzwertanalyse.....	38
2.4.5	Fein- bzw. Detailplanung.....	40
2.5	5S Methode.....	41
2.5.1	Lean Management .....	42

2.5.2	Nutzen von 5S.....	44
2.5.3	5S Umsetzungsmöglichkeiten .....	45
2.5.4	Vorbereitungsphase .....	46
2.5.5	5S Umsetzungsphasen .....	48
3	Praxisbetrachtung .....	50
3.1	Problemstrukturierung.....	50
3.1.1	Fertigungsbedingte Zwischenlagerung .....	51
3.1.2	Zusätzliche Erweiterung der Produktion.....	52
3.1.3	Hohe Durchlaufzeiten.....	53
3.1.4	Neue Raumkapazität.....	53
3.1.5	Schlechtes Bild für Kunden und Außenstehende .....	54
3.2	Organisation der Materialflussuntersuchung .....	55
3.3	Analyse der Materialflussbeziehungen und Datenaufnahme .....	56
3.4	Darstellung des Materialflusses .....	59
3.4.1	Maßstäbliches Materialflussbild .....	59
3.4.2	Sankey-Diagramm .....	61
3.4.3	Materialflussmatrizen .....	62
3.5	Schwachstellenanalyse .....	66
3.6	Ideallayout.....	70
3.7	Variantenbildung .....	72
3.8	Nutzwertanalyse.....	73
3.8.1	Kriterien.....	73
3.8.2	Präferenzenmatrix.....	80
3.8.3	Nutzwertbildung .....	81
3.9	Detaillayout und Realisierung.....	82
3.10	5S Konzept.....	84
3.10.1	Vorbereitungsphase .....	85
3.10.2	Umsetzung .....	87
3.10.3	Aussortieren .....	89
3.10.4	Anordnen .....	89

3.10.5	Arbeitsplatz säubern .....	90
3.10.6	Anordnungen zur Regel machen.....	91
3.10.7	Alle Phasen erhalten und verbessern .....	91
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	93
5	Literaturverzeichnis .....	96
6	Abbildungsverzeichnis.....	98
7	Tabellenverzeichnis.....	101
8	Abkürzungen .....	102
9	Anhang.....	i
9.1	Distanz- und Intensitätsmatrizen der Layoutvarianten.....	i
9.2	Präferenzenmatrizen und Nutzwertanalysen.....	vi
9.3	Layoutvarianten.....	ix
9.4	Verfeinerte Layoutvarianten_Nutzwertanalyse .....	xiv
9.5	Detaillayout und Ausgangssituation .....	xviii

---

# 1 Einleitung

Durch immer größer werdende Kundenanforderungen und wachsender nationaler und internationaler Konkurrenz ist es als Unternehmen heutzutage wichtiger denn je, den drei Kenngrößen Legitimität, Effektivität und Effizienz des industriellen Managements zu entsprechen.

Die Kunden erwarten von einem modernen Unternehmen innovative, kostengünstige, qualitativ hochwertige Produkte und geringe Lieferzeiten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und zusätzlich noch Umsätze zu steigern bzw. Kosten zu senken wird das Management diverser Unternehmen immer wieder vor neue Herausforderungen gestellt.

Zur Abhebung von der Konkurrenz, um Kunden an sich zu binden, neue Kunden zu generieren und das Überleben der Unternehmung auch zukünftig zu sichern, müssen laufend Maßnahmen, wie eine Sortimentserweiterung, die Erhöhung der Variantenvielfalt oder das Anbieten zusätzlicher Serviceleistungen durchgeführt werden. Solche Maßnahmen sind oft mit einer Expansion von Unternehmen bzw. einzelner Unternehmensabteilungen verbunden. Auch in der Endfertigung der Medienfabrik Graz wurden laufend neue Maschinen angeschafft, um den weitläufigen Kundenwünschen gerecht zu werden. Diese wurden aufgrund von akutem Platzmangel teilweise ungünstig aufgestellt, was den Materialfluss, die Transport- und Lagerlogistik in der ganzen Abteilung negativ beeinflusste.

Diese Arbeit behandelt die Thematik mit geeigneten Methoden des Industriellen Managements den Materialfluss und die Materiallogistik in einer der Hauptabteilungen der Medienfabrik Graz zu verbessern, und somit Kosten zu senken und ein strukturierteres Bild für Außenstehende und Kunden zu schaffen. Die genaue Aufgabenstellung und Zielsetzung der Masterarbeit wird im Punkt 1.2 bzw. 1.3 ausführlich erklärt.

Um die Vorgehensweise und Thematik der gesamten Arbeit besser zu verstehen werden im folgenden Kapitel die Medienfabrik Graz, ihre Produkte, Hauptabteilungen und vor allem die Abteilung, in der die Masterarbeit durchgeführt wurde, kurz beschrieben und erklärt.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die zusätzliche Formulierung der weiblichen Form verzichtet. Es soll deshalb darauf hinweisen werden, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form explizit als geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

---

## 1.1 Das Unternehmen Medienfabrik Graz

Die Medienfabrik Graz bzw. steiermärkische Landesdruckerei GmbH ist auf Druck und Kampagnendienstleistungen für die Werbe-, Marketing-, und Kommunikationsbranche spezialisiert. Es wird eine weitreichende Produktpalette aus eigenen Ressourcen heraus angeboten, wobei die Vereinigung von klassischem Offsetdruck, personalisierten Digitaldruck, Verpackungsdruck und Prototyping, Druckvorstufentechnik, sowie Mediendesign und Mediendienstleistungen für die E- Mediakommunikation im Vordergrund steht. Die Medienfabrik ist ein sehr innovatives Unternehmen, in dem die Kundenzufriedenheit höchste Priorität hat sowie Sonderwünsche und Spezialfragen ausdrücklich erwünscht sind.<sup>1</sup>

### 1.1.1 Produkte

Die Produktpalette der Medienfabrik Graz ist sehr umfangreich und kann grob in folgende Hauptbereiche eingeteilt werden:<sup>1</sup>

- Geschäftsdrucksorten (Briefpapier, Kuverts, Visitenkarten etc.)
- Werbedrucksorten (Flyer, Flugblätter, Folder, Kalender und vieles mehr)
- Broschüren, Blöcke, Zeitungen, Skripten, Produktkataloge
- Verpackungen
- Buchdruck
- Mailings & Personalisierung

### 1.1.2 Zahlen und Fakten

An dieser Stelle werden kurz die wichtigsten Zahlen und Rahmenbedingungen der Medienfabrik Graz erwähnt:

- Mitarbeiterzahl: ca. 80 Personen
- Gesamtfläche: 7286 m<sup>2</sup>
- Bebaute Fläche: 4200 m<sup>2</sup>
- Jahresumsatz: ca. € 9,5 Mio.
- Energieverbrauch: ca. 1500 MWh pro Jahr

---

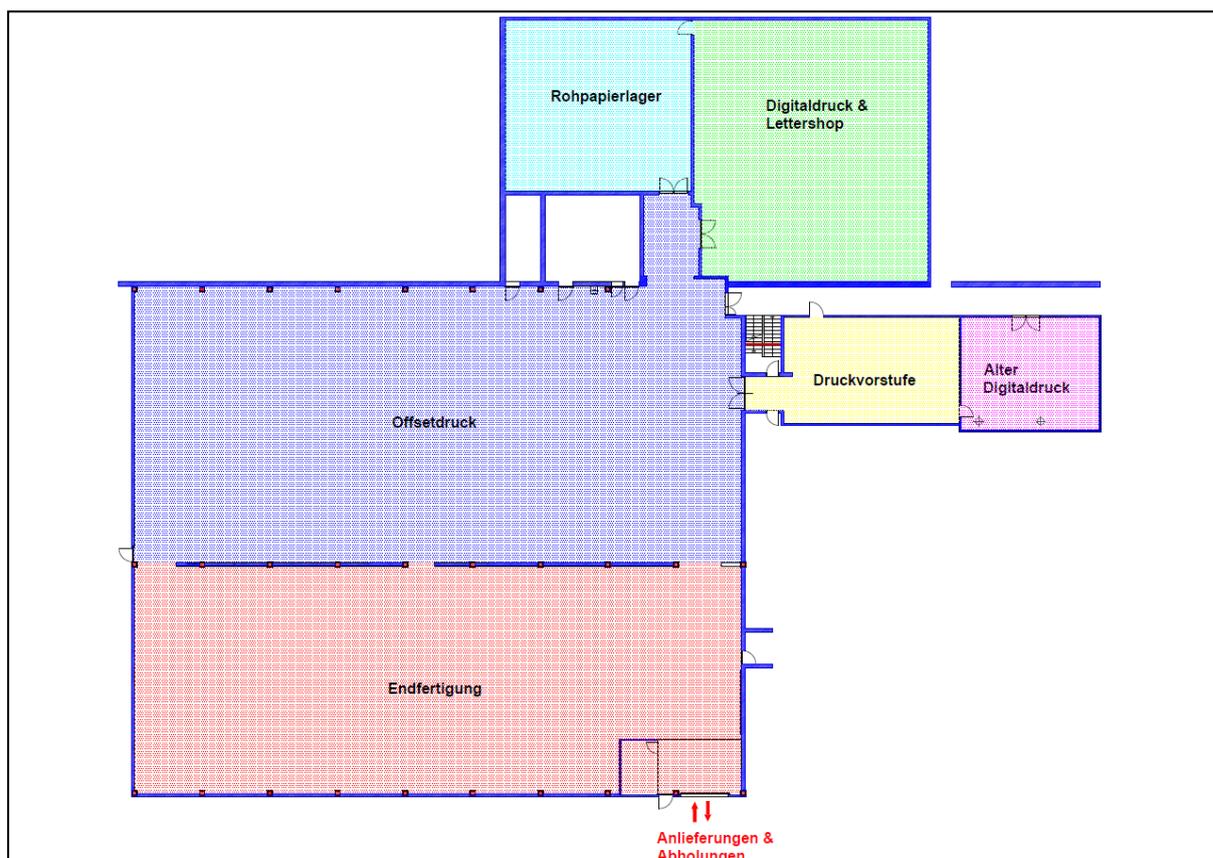
<sup>1</sup> vgl. Medienfabrik Graz: Webseite, [www.mfg.at](http://www.mfg.at), Zugriffsdatum 20.10.2014

### 1.1.3 Unternehmensbereiche

Die Wertschöpfung in der Medienfabrik Graz teilt sich grundsätzlich in fünf Hauptabteilungen (siehe Abb.: 1-1):

- Druckvorstufe
- Offsetdruck
- Digitaldruck
- Endfertigung
- Lettershop

Diese Masterarbeit bezieht sich dabei hauptsächlich auf den Bereich der Endfertigung, auf welchen auch genauer eingegangen wird. Die Grenzen der Abteilungen verläuft meist fließend. Vor allem Endfertigung und Offsetdruck sind sehr eng miteinander verbunden. Das resultiert zum Einen daraus, dass aufgrund von Platzmangel einige Produktionseinheiten der Endfertigung im Offsetdrucksaal Platz finden und zum Anderen, weil nahezu alle Produkte aus dem Offsetdruck in der Endfertigung weiterverarbeitet werden. Da es wichtig ist, den gesamten Arbeitsablauf zu verstehen, werden auch die anderen Abteilungen an dieser Stelle auch kurz beschrieben.



1-1: Hauptabteilungen

---

## **Druckvorstufe**

Im Begriff der Druckvorstufe werden alle benötigten Tätigkeiten vor dem eigentlichen Druckprozess zusammengefasst. Die Hauptaufgabe der Druckvorstufe ist es, die Daten vom Kunden am Computer in druckbare Daten zu verwandeln. Dabei müssen meist Bilder, Grafiken und Texte zu Druckvorlagen zusammengefügt werden. Danach wird, abhängig vom Druckverfahren eine entsprechende Druckform erstellt. In der Medienfabrik werden hier hauptsächlich Druckplatten für den Offsetdruck belichtet.

## **Offsetdruck**

Der Offsetdruck ist ein indirektes Druckverfahren, was heißt, dass der Druck nicht direkt von einer Druckplatte, auf den Stoff, welcher zu bedrucken ist, aufgebracht wird. Es kommen also die Druckplatte und der Druckträger nicht miteinander in Berührung. Ein Zylinder mit einem Gummituch bespannt, ist zwischen geschaltet, um einerseits die Druckplatte zu schonen und andererseits eine gleichmäßige Druckqualität auch bei hohen Auflagen auf den verschiedensten Materialien (Papier, Karton, Kunststoffe,...) zu erreichen. Beim Offsetdruck liegen Flächen, die bedruckt werden sollen und die, die nicht bedruckt werden sollen in einer Ebene. Alle zu druckenden Flächen werden auf der Druckplatte so präpariert, dass sie Wasser abstoßen und nicht druckende Stellen so, dass Wasser hier festgehalten wird. Im Konkreten wird die Druckwalze zunächst mit Feuchtwalzen befeuchtet und anschließend durch Farbwalzen mit Farbe versehen. Es gibt für jede der vier Grundfarben eine Druckplatte aus Aluminium, auf welcher nur jener Teil belichtet wird, auf dem die jeweilige Farbe gedruckt werden soll. Vom Druckbogen werden alle vier Druckwerke hintereinander durchlaufen und die Farben so übereinander gedruckt.<sup>2</sup>

Im Offsetdruck werden grundsätzlich Bogenoffset und Rollenoffset unterschieden. Der Unterschied ergibt sich aus der Verwendung des zu bedruckenden Papiers. In der Medienfabrik gibt es nur Bogenoffsetmaschinen, welche für kleinere bis mittlere Auflagen mit hoher Druckqualität bestens geeignet sind.

## **Digitaldruck**

Im Digitaldruck gibt es verschiedene Druckverfahren, die eines gemeinsam haben, nämlich, dass das gewünschte Druckbild direkt vom Computer auf das Druckgerät übertragen wird. Man erspart sich also eine Druckform, was bei kleineren Auflagen (bis 1.000 Stück) viel billiger kommt als z.B. beim Offsetdruck. Ein weiterer Vorteil, wenn

---

<sup>2</sup> vgl. Kipphan, H., (2010), S.11ff

<sup>3</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S. 1

man keine feste Druckvorlage verwendet, ergibt sich daraus, dass es möglich ist personalisierte Drucke herzustellen.

Die Drucksysteme sind oft noch mit zusätzlichen Einrichtungen zum Schneiden und Binden ausgestattet, was die Herstellung fertiger Druckprodukte in kurzer Zeit ermöglicht. Als Drucksystem wird meist ein elektrografisches System (z.B. Laserdrucker) verwendet. Für großformatige Poster finden auch andere Verfahren Anwendung, wie beispielsweise der Tintenstrahldruck.

Durch die immer besser werdende Druckqualität, und den immer innovativeren technischen Geräten, hat der Digitaldruck in den letzten Jahren einen regelrechten Boom erfahren.

### ***Lettershop***

Im Lettershop werden alle zu personalisierenden Sendungen so be- und verarbeitet, damit sie schließlich an die Post übergeben werden können. Die Adressierung erfolgt meist mittels Inkjet-Verfahren oder Laserdruck. Weiters werden im Lettershop, die einzelnen Bestandteile eines Mailings in eine Versandhülle kuvertiert, was weitgehend eine automatische Kuvertiermaschine erledigt.

### ***Endfertigung***

In der Endfertigung der Medienfabrik Graz werden verschiedenste Drucksorten, vor allem aus dem Offsetdruck zu fertigen Endprodukten weiterverarbeitet. Hier kommen verschiedenste Verfahren und Maschinen zur Anwendung, mit denen eine bemerkenswert große Produktpalette hergestellt werden kann. Da in dieser Arbeit hauptsächlich die Abläufe in diesem Bereich der Medienfabrik genau analysiert werden, wird anschließend auf die verschiedenen angewendeten Verfahren und Maschinen in der Endfertigung genauer eingegangen um die im Kapitel 3 erarbeiteten Konzepte besser zu verstehen.

Die fertig gedruckten Offsetdruckbögen, die auf Holzpaletten abgelegt sind, müssen bevor sie in der Endfertigung weiterverarbeitet werden, je nach Beschaffenheit (Farbe, Grammat, Papierqualität,...) eine gewisse Zeit trocknen, da ansonsten die Farbe verwischen würden. Nach diesem Trocknungsprozess gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie die Bögen weiterverarbeitet werden. Im Folgenden werden die einzelnen möglichen Arbeitsschritte und die dafür benötigten Maschinen und Einrichtungen erklärt.

---

- **Schneiden**

In der Endfertigung der Medienfabrik gibt es zwei Schneidmaschinen, mit welchen die bedruckten Bögen auf das richtige Format zugeschnitten werden. Wie zugeschnitten werden muss, hängt vom darauffolgenden Arbeitsschritt ab und ist meist auf den Druckbögen in Form von Schneidzeichen abgebildet. Da die bedruckten Rohpapierbögen eine gewisse Toleranz haben, müssen diese vor dem Schneiden gegen einen Anschlag gerüttelt werden. Eine Rütteleinrichtung ist bei beiden Schneidmaschinen integriert. Um die Durchlaufzeit zu erhöhen übernimmt diese Tätigkeit meist eine zweite Person, die den Papierschneider unterstützt. Einfache Produkte sind bereits nach dem Schneiden fertig und werden für den Versand verpackt, doch die Mehrzahl der geschnittenen Papierbögen durchlaufen nach dem Schneiden noch weitere Arbeitsschritte bis zum Endprodukt und werden wieder auf Paletten abgelegt.

- **Falzen**

Falzen ist ein Begriff aus der Papiertechnik, der die Herstellung einer Knickkante unter Verwendung einer Maschine oder eines Werkzeuges, in Papier oder Karton beschreibt. Es werden dabei verschiedenste Falzarten unterschieden.

Insgesamt sind drei verschiedene Falzmaschinen in der Endfertigung in Betrieb, wobei es sich um zwei Bogenfalzmaschinen und eine Halbbogenfalzmaschine handelt. Die Bezeichnung bezieht sich dabei auf das Papierformat welches in den Maschinen bearbeitet werden kann. So können in einer Bogenmaschine alle gängigen Rohpapierbögen verarbeitet werden, während eine Halbbogenmaschinen lediglich für bereits geschnittene Bögen verwendet werden kann, aber dafür auch für kleinste Formate geeignet ist.

Die zu falzenden, bedruckten Papierbögen kommen entweder direkt von den Druckmaschinen oder werden zuvor auf das jeweils benötigte Maß geschnitten und liegen vor dem Falzvorgang auf Holzpaletten. Bei den zwei großen Falzmaschinen können diese Paletten direkt in den Anleger gestellt werden und die zuvor für das jeweilige Produkt gerüstete Maschine versorgt sich selbst mit den Papierbögen durch Saugnäpfe. Bei der Halbbogenmaschine müssen die Bögen zuerst noch händisch in den Anleger gestapelt werden. Prinzipiell ist das Falzen ein komplexer Bearbeitungsschritt, bei dem sich Einflussfaktoren wie z.B. Stärke, Art, Qualität und Format des Papierses sowie die Falzart sehr stark auf die Falzgeschwindigkeit bzw. -qualität auswirken.

Die fertigen Falzprodukte werden entweder verpackt und für den Versand vorbereitet oder je nach Produkt für den nächsten Arbeitsschritt wieder auf Paletten abgelegt. Während Produkte wie Einladungen, Flyer und Landkarten meist nach dem Falzen fertig sind, müssen andere Produkte, wie Bücher, Magazine und Broschüren noch weiterverarbeitet werden.

---

- **Heften**

Für die Herstellung von Broschüren und verschiedener anderer gehefteter Produkte gibt es in der Endfertigung zwei Möglichkeiten. Zum einen kann das am sogenannten Sammelhefter bewerkstelligt werden, wo die zuvor gefalzten Druckbögen händisch in Stationen eingelegt werden. Diese fallen in der Maschine dann passend übereinander, werden geheftet und auf Endformat geschnitten. Die zweite Möglichkeit solche Produkte herzustellen wird im Stitchliner realisiert. Der wesentliche Unterschied zur Bearbeitung im Sammelhefter liegt darin, dass hier die einzelnen Bögen vorher nicht gefalzt, sondern lediglich auf das richtige Format beschnitten werden müssen. Diese beschnittenen Bögen werden wiederum händisch in die dafür vorgesehenen Fächer der Maschine eingelegt, von dieser einmal gefalzt, passend übereinander gelegt, geheftet und auf das Endformat zugeschnitten. Dieses Verfahren hat den großen Nachteil, dass bei Broschüren mit großer Seitenzahl eine sehr große Anzahl von Bögen entsteht, welche geschnitten und händisch in die Maschine eingelegt werden müssen. Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus der im Vergleich zum Sammelhefter viel geringeren Produktionsgeschwindigkeit. Resultierend aus diesen Rahmenbedingungen wird klar, dass der Stitchliner hauptsächlich für kleine Auflagen (bis ca. 5000 Stück), für welche sich ein Rüsten der Falzmaschinen nicht rentieren würde, und bei Kapazitätsengpässen zur Anwendung kommt.

Unabhängig von der jeweiligen Heftart, werden danach die jeweiligen Produkte verpackt, direkt auf Paletten für den Versand bereitgestellt oder noch im Lettershop personalisiert.

- **Stanzen und Veredeln**

Eine weitere, interessante Maschine der Medienfabrik Graz ist die Stanzmaschine. Bei diesem Bearbeitungsverfahren können verschiedenste Formen aus den bedruckten Papier- bzw. Kartonbögen gestanzt werden. Weiters ist es möglich Rillungen und Perforierungen für spezielle Produkte herzustellen. Da für nahezu jeden Kundenwunsch eine Stanzform angefertigt werden kann, ist diese Maschine sehr flexibel. Um Veredelungen, Prägungen und Stanzungen an kleinformatigen Produkten realisieren zu können, stehen den Mitarbeitern zwei Tiegeldruckpressen zur Verfügung. Diese haben den großen Vorteil, Prägen, Rillen, Stanzen und Drucken in einem Arbeitsgang durchführen zu können. Da die Tiegeldruckpressen nur selten verwendet werden bzw. keine nennenswerten Materialflüsse haben und die Stanzmaschine aus kostentechnischen Gründen nicht umgestellt werden sollte, sowie nicht der Endfertigung zugeordnet ist, werden diese Maschinen in der späteren Materialflussdatenaufnahme nicht berücksichtigt.

---

- **Klebebinden und Dreischneiden**

Um auch klebegebundene Bücher und Broschüren herstellen zu können, hat man sich in der Medienfabrik vor einiger Zeit entschlossen in einen Klebebinder zu investieren. In diesem werden die zuvor gefalzten und bereits in die richtige Reihenfolge gebrachten Druckbögen miteinander und mit dem Umschlag verleimt.

Dabei ist der zeitintensivste Arbeitsschritt die gefalzten Bögen in richtiger Reihenfolge aufzubereiten, da es dafür noch keine geeignete Maschine in der Medienfabrik Graz gibt. Deshalb beschränkte man sich bis dato im Bereich des Klebebindens auf Kleinauflagen (bis 5000 Stück). Eine wesentliche Teilaufgabe dieser Masterarbeit ist es, bei der materialflussoptimierten Maschinenanordnung Platz für eine Zusammentragemaschine (siehe Kapitel 3) zu schaffen, in welche in naher Zukunft investiert werden soll. Durch diese Maschine soll der gesamte Prozess, klebegebundene Produkte herzustellen, beschleunigt und die rentable Auflagenzahl vergrößert werden.

Die klebegebundenen Produkte werden anschließend im sogenannten Dreischneider auf Endformat beschnitten. Diese beiden Maschinen bilden eine Einheit und werden in der späteren Materialflussbetrachtung als solche behandelt. D.h. im weiteren Verlauf dieser Arbeit gemachten Aussagen über den Klebebinder, inkludieren auch den Dreischneider.

- **Cellophanieren und Einschweißen**

In der Cellophaniermaschine werden Drucksorten zusätzlich durch das Auftragen einer dünnen Folie veredelt. Durch die Cellophanierung wird die Lebensdauer des Produktes erhöht und das Aussehen verschönert.

Die Einschweißmaschine dient dazu, fertige Produkte (hauptsächlich Bücher) mit einer dünnen Kunststoffhülle zu verpacken.

Hier ist ergänzend zu erwähnen, dass beide Maschinen erst nach Erhebung der Materialflussdaten beschafft wurden. Sie sind daher von der Datenerhebung bei den folgenden Materialflussbetrachtungen ausgeschlossen. Da aber bekannt ist, dass meist Produkte aus dem Digitaldruck cellophaniert werden, und nur Fertigprodukte eingeschweißte werden, war es relativ einfach, diese Produktionseinheiten trotzdem materialflusstechnisch günstig im Layout zu berücksichtigen.

- **Aufspenden**

Für das Aufspenden von z.B. Kundenkarten auf Drucksorten hat die Medienfabrik eine Spezialmaschine, welche für einen Großkunden entwickelt wurde. Mit dieser Maschine ist es möglich, den aufgedruckten Barcod einer Kundenkarte zu lesen, diese auf die Drucksorte mittels Leim aufzuspenden, den zuvor eingelesenen Barcode auf das Produkt zu drucken und gleichzeitig, in einem Arbeitsschritt das Produkt auf Endformat zu

---

falzen. Aufgrund des flexiblen Aufbaus dieser Aufspendemaschine ist es aber auch möglich eine Vielzahl von weniger komplexen Produkten herzustellen.

- **Kleinmaschinen**

Weiters gibt es in der Endfertigung noch einige Kleinmaschinen, welche keine nennenswerten Materialflüsse aufweisen und aus diesem Grund in der Anordnungsoptimierung dieser Masterarbeit außer Acht gelassen werden. Dazu zählen unter anderem eine Ständerbohrmaschine, eine Handheftmaschine, eine Rillmaschine und ein Eckenabrundungsgerät.

## 1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

In der Medienfabrik Graz wurden in den letzten Jahren ständig das Sortiment und die Variantenvielfalt erweitert. Diese Innovationen wurden mit der Neuanschaffung einer Vielzahl von Fertigungsmaschinen begleitet und führten speziell in der Abteilung Endfertigung zur vollkommenen Auslastung der räumlichen Kapazitäten. Weiters wurde dabei der Materialfluss sowie die Transport- und Lagerlogistik negativ beeinflusst. Da eine weitere Expansion im Betriebsbereich der Endfertigung bevorstand, sowie eine neue kleine Räumlichkeit, deren Lage aber nicht optimal ist, als Kapazität für die Endfertigung generiert wurde, sollte nun im Zuge dieser Masterarbeit ein Layout erarbeitet werden, welches diesen neuen Gegebenheiten und Rahmenbedingungen materialflusstechnisch am besten gerecht wird.

Ein weiterer wichtiger Punkt der Arbeit war es, in der gesamten Endfertigung ein Push System einzuführen. Das war bei der aktuellen Maschinenanordnung nicht möglich, da vor den einzelnen Maschinen kein gekennzeichnete Platz bzw. nicht genug Platz für Zwischenprodukte vorgesehen wurde. Das führte dazu, dass die Zwischenprodukte direkt beim vorgelagerten Arbeitsprozess stehen blieben, oder diese in der ganzen Halle verteilt abgestellt wurden. Vor Arbeitsbeginn mussten diese dann vom Bediener der nachfolgenden Produktionseinheit zuerst gesucht werden, was natürlich die Durchlaufzeit verlängerte und somit zusätzliche Kosten verursachte. Für die Einführung eines Push Systems, war es also wichtig, die Größe der Puffer für Halberzeugnisse vor jeder Maschine zu quantifizieren und in der Layout-Planung zu berücksichtigen.

Zusätzlich sollte im Zuge dieser Arbeit, durch die verbesserte Gestaltung der einzelnen Arbeitsplätze und deren Umgebung, die Effizienz an den einzelnen Arbeitsplätzen gesteigert und das Bild für Kunden und Außenstehende, die die Medienfabrik Graz besuchen, verbessert werden.

---

### 1.3 Vorgehensweise

Vorab galt es, das vorhandene Wissen über diesen Themenbereich zu vertiefen und vergrößern, um überhaupt in der Lage zu sein, solch ein Projekt durchzuführen. Dies erfolgte durch eine ausführliche Literaturrecherche anhand verschiedener Quellen.

Zu Beginn der eigentlichen Arbeit war es von großer Bedeutung, die Leiter und Arbeiter der einzelnen betroffenen Abteilungen über das Projekt aufzuklären und ständig am Laufenden zu halten. Dazu wurden mit dem Geschäftsführer, dem Leiter der Endfertigung, dem Produktionsleiter und dem Zuständigen für Lager und Logistik alle zwei Wochen ein Meeting abgehalten, wo die Fortschritte der Arbeit vorgestellt und diskutiert wurden. Gleichvor weg muss man erwähnen, dass das gesamte Projekt, dass in dieser Masterarbeit vorgestellt wird, parallel praktisch umgesetzt wurde, was diese Meetings noch wichtiger machte.

Nach abgeschlossener Literaturrecherche und Ankündigung des Projekts im betroffenen Bereich war der erste Schritt die Analyse der Ist-Situation. Dazu wurden alle materialflusstechnisch relevanten Daten erhoben und parallel dazu ein Layout der Ist-Situation im Programm Auto-CAD erstellt. Diese gewonnenen Daten sind danach analysiert, auf Schwachstellen untersucht und mit verschiedenen Methoden dargestellt worden, um schließlich daraus ein Ideallayout für die Endfertigung der Medienfabrik Graz zu entwerfen, aus welchen durch verschiedenste Einschränkungen tatsächlich möglichen Reallayout-Varianten abgeleitet wurden. Durch Diskussion mit den Betroffenen wurde die Anzahl dieser Layout-Varianten im nächsten Schritt auf vier dezimiert, von denen keine klar beste Variante ersichtlich war. Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse in der verschiedenste Kriterien zur Anwendung kamen, hat man sich dann für eine Variante entschieden. Nach der Erstellung eines Detaillayouts jener Variante wurde auch gleich mit der Realisierung dieser begonnen. Im Zuge der praktischen Realisierung wurde für die Endfertigung ein „5S“ Konzept entwickelt, um dauerhaft die Effizienz der einzelnen Arbeitsplätze zu steigern und ein geordnetes Bild in der gesamten Abteilung zu schaffen. Alle hier angeschnittenen theoretischen Hintergründe werden im Kapitel 2 genauer erklärt.

## 2 Theorie / Literaturrecherche

In diesem Kapitel der vorliegenden Masterarbeit werden die theoretischen Hintergründe, die für die Lösung der Aufgabenstellung verwendet wurden, erklärt und erläutert. Im ersten Teil wird auf die Materialflussanalyse und Materialflussplanung, als Bestandteil der Fabrikplanung eingegangen. Im folgenden Abschnitt wird die 5S-Methode für die Optimierung von Prozessen und der Arbeitsumgebung und ihre Verbindung zum Lean Management erklärt.

### 2.1 Fabrikplanung

Eine der Hauptaufgaben dieser Masterarbeit war es den Materialfluss in der Endfertigung der Medienfabrik Graz zu untersuchen und aus den gewonnenen Daten ein neues, materialflusstechnisch günstigeres Layout zu planen. Die dazu nötigen Instrumente der Materialflussplanung machen einen wichtigen Teil des Fachgebietes der Fabrikplanung aus, auf welche darum an dieser Stelle zunächst eingegangen werden soll.

Als Fabrik wird dabei ein industrieller Produktionsbetrieb verstanden, dessen Zweck die Veredelung, Gewinnung oder Verarbeitung von Stoffen zur Erzeugung von Produktionsmitteln bzw. Konsumgütern ist. Die Aufgabe der Fabrikplanung ist die Schaffung von Voraussetzungen für die betriebliche Zielerreichung sowie die Implementierung der volkswirtschaftlichen und sozialen Funktionen einer Fabrik unter Berücksichtigung zahlreicher Rand- und Rahmenbedingungen.<sup>3</sup>

Die Fabrikplanung ist Teil der Unternehmensplanung und eng mit anderen Planungsgebieten verknüpft. Ihre Hauptziele leiten sich aus den Unternehmenszielen ab.<sup>4</sup>

Dabei können in der Fabrikplanung fünf Planungsgrundfälle unterschieden werden, welche sich bezüglich Komplexität, Problemumfang, Planungsmethodik und Aufgabencharakter unterscheiden:<sup>5</sup>

1. Neubau eines Industriebetrieb
2. Neu- und Umgestaltung von bereits bestehenden Industriebetrieben
3. Erweiterung bzw. Ausbau von bereits bestehenden Industriebetrieben
4. Rückbau von Industriebetrieben
5. Revitalisierung von Industriebetrieben

---

<sup>3</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S. 1

<sup>4</sup> vgl. Schmigalla, H., (1995), S.71

<sup>5</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 18f

Obwohl die Zielsetzungen und Aufgabenstellungen der einzelnen Planungsgrundfälle voneinander abweichen können, gibt es laut Grundig in der Fabrikplanung drei generelle Hauptziele, welche ungeachtet der jeweiligen Planungsvorgabe immer erfüllt werden sollen:<sup>6</sup>

- **Hohe Wirtschaftlichkeit der Fabrik bewahren:**

Bei der Herstellung von Produkten ist darauf zu achten, dass dies qualitäts- und termingerecht bei geringsten Durchlaufzeiten und weitgehender Vermeidung von Verschwendungen bzw. nicht wertschöpfender Tätigkeiten erfolgt. Weiters soll durch einen logistikgerechten Material- und Produktionsfluss die bestmögliche Ausnutzung aller Kapazitäten gewährleistet werden.

- **Hohe Flexibilität und Wandlungsfähigkeit der Fabrik bewahren:**

Alle technischen, infrastrukturellen, volkswirtschaftlichen, sozialen Strukturen und Einrichtungen sind wandlungsfähig bezüglich Änderungen des äußeren oder inneren Umfelds auszulegen.

- **Hohe Fabrikattraktivität bewahren:**

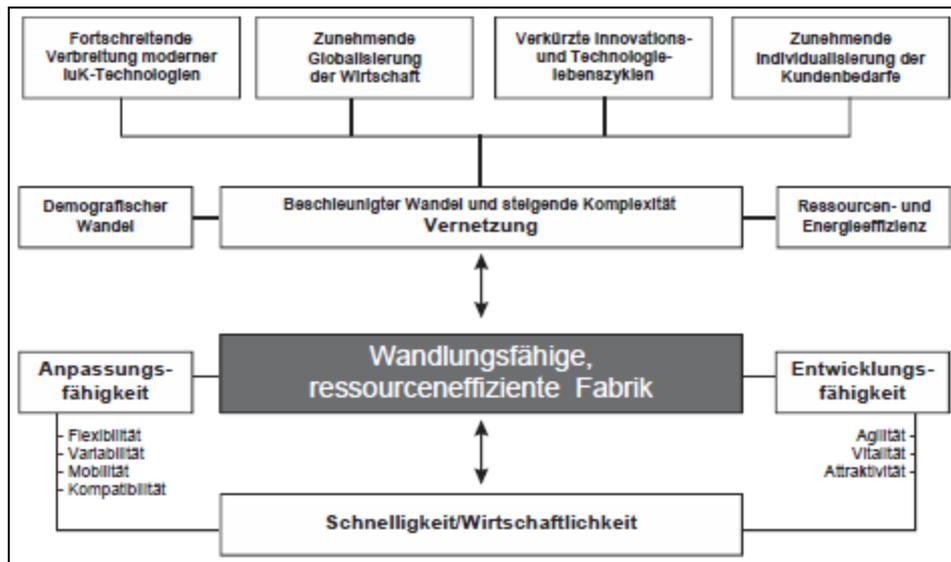
Durch geeignete Maßnahmen (z.B. motivierende Sozialbedingungen, Erfüllung ökologischer und ökonomischer Kriterien,...) soll die Fabrik für Mitarbeiter, aber auch für Share- und Stakeholder stets attraktiv bleiben.

Neben diesen Hauptzielen, ist es aufgrund der sich ständig verändernden Rahmenbedingungen, wie z.B. Steigerung der Konkurrenz durch Globalisierung, geringere Produktlebenszyklen bei höherer Variantenvielfalt, höhere Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen oder steigende Individualisierung von Kundenwünschen, wichtig mit der Fabrikplanung auch erweiterte und neue Ziele zu befriedigen. Diese erweiterte Zielpalette reicht von Umweltschutz, Innovativität, Kundenzufriedenheit, Wertstromdesign über Nachhaltigkeit bis hin zur Wandlungsfähigkeit. Vor allem die Bedeutung der Wandlungsfähigkeit eines Industriebetriebs wird immer wichtiger, um auch in der mittel- und langfristigen Zukunft wettbewerbsfähig bleiben zu können. Abbildung 2-1 zeigt zusammenfassend Wettbewerbsfaktoren und Entwicklungstendenzen für wandlungsfähige Fabriken.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 12

<sup>7</sup> vgl. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E., (2014), S. 40



2-1: Wettbewerbsfaktoren und Entwicklungstendenzen für wandlungsfähige Fabriken<sup>8</sup>

Für die weitgehende Erfüllung der genannten Zielsetzungen bei der Lösung komplexer Fabrikplanungsaufgaben ist die Einhaltung von verschiedenen Planungsgrundsätzen- und Empfehlungen unerlässlich. An dieser Stelle sollen diese Gesetzmäßigkeiten der Fabrikplanung kurz erklärt werden:<sup>9 10</sup>

### a) Wertschöpfungsanalyse

Am Anfang jeder Planung sollte eine Analyse der Wertschöpfungsketten, Leistungen und Produkte durchgeführt werden. Dabei sind nicht Wertschöpfende Prozessschritte so weit wie möglich zu minimieren bzw. zu verhindern und die wertschöpfenden Tätigkeiten so flexibel und rationell wie möglich zu gestalten.

### b) Ganzheitliche Planung

Ungeachtet des jeweiligen zuvor beschriebenen Planungsfalls besteht die Aufgabe der Fabrikplanung aus einer Vielzahl von Teilplanungsaufgaben, welche eng miteinander verknüpft sind. Diese verschiedenen Teilaufgaben dürfen auf keinen Fall isoliert voneinander bearbeitet werden, sondern es sollte immer die globale Problembetrachtung im Vordergrund stehen.

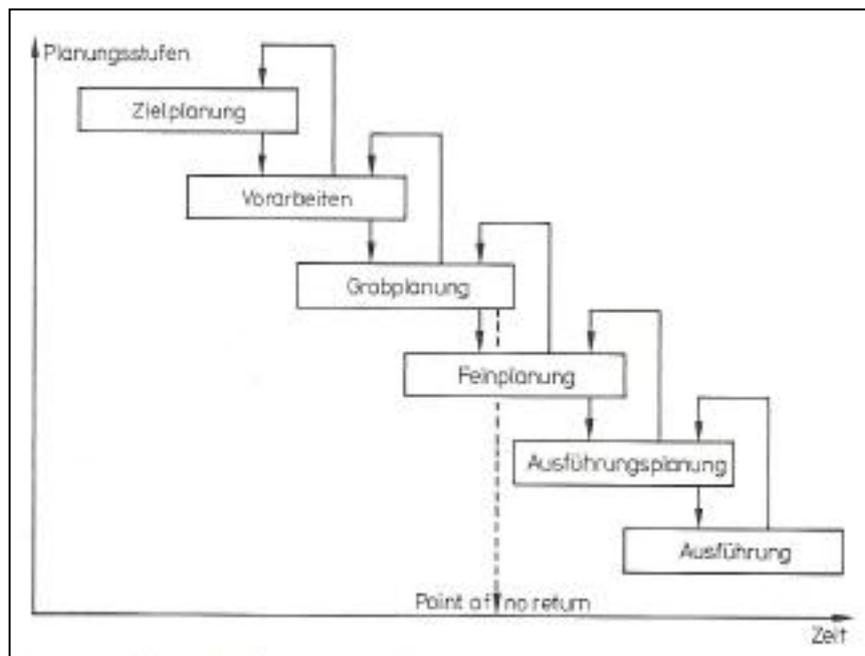
<sup>8</sup> Schenk, M., Wirth, S., Müller, E., (2014), S. 40

<sup>9</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 25ff

<sup>10</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R., (1984), S. 4ff

### c) Stufenweises Vorgehen

In der Fabrikplanung ist ein stufenweises Vorgehen bei der Bearbeitung der einzelnen Teil- und Gesamtaufgaben zur Sicherung systematischer und zielorientierter Abläufe unerlässlich. Dabei arbeitet man sich prinzipiell von Grobplanungen zu Feinplanungsinhalten, um erhöhten Aufwand und unnötige Arbeiten zur falschen Zeit zu vermeiden. Die hier zu durchlaufenden Planungsstufen sind klar voneinander abgegrenzt und auch nicht strikt nacheinander durchzuführen. Es gibt dabei vielmehr fließende Übergänge, ein Ineinandergreifen der einzelnen Stufen und zahlreiche Rückkopplungen im Planungsablauf, wie in Abb.: 2-2 erkennbar.



2-2: Zeitliche Überlappung von Planungsstufen<sup>11</sup>

### d) Variantenprinzip

Die Mehrzahl aller Fabrikplanungsaufgaben lässt eine Mehrzahl sinnvoller Lösungsvarianten zu. Diese Ausweitung des Lösungsraumes durch Variantenausarbeitung ist eine bewusst, wünschenswerte Vorgehensweise, da der Vergleich von verschiedenen Alternativen eine Auswahl unter Berücksichtigung verschiedener Entscheidungskriterien ermöglicht.

<sup>11</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R., (1984), S. 5

**e) Visualisierung**

Durch verschiedene bildhafte Darstellungsmöglichkeiten und Visualisierungen von Ergebnissen, wird zum Einen die widerspruchsfreie Zusammenarbeit verschiedener Fachgruppen gesichert und zum Anderen dienen diese Instrumente dazu, eine verständliche, überzeugende Lösungspräsentation z.B. vor Entscheidungsträgern zu gewährleisten.

**f) Wirtschaftlichkeit der Planung**

Da die Aktivitäten der Fabrikplanung erhebliche Kosten generieren, sind diese in ihrem Umfang prinzipiell zu budgetieren. Generell sollte eine Überplanung als auch eine Unterplanung vermieden werden, deshalb sollte der Abschätzung des tatsächlich erforderlichen Planungsaufwands größte Bedeutung zukommen.

**g) Notwendigkeit der Idealplanung**

Die Ausgangsbasis für das Erarbeiten von realisierbaren Lösungsvarianten sollte immer eine Idealplanung sein, da diese einen objektive Maßstab für die Realplanung vermittelt. Niveauabweichungen und Lösungskompromisse können damit schnell erkannt und begründet werden.

**h) Sicherung von Projekttreue**

Die Bearbeitung verschiedener Fabrikplanungsaufgaben kann einige Wochen, Monate, in Sonderfällen sogar Jahre dauern. Es sollten nachträglich keine Änderungen am Planungsobjekt zugelassen werden, außer es sind wesentliche Neuanforderungen zwingend zu berücksichtigen, oder wenn erkannte Projektfehler vorliegen. Der Grund dafür liegt darin, dass Änderungen, so verlockend sie auch sein mögen, nach fortgeschrittener Planungsphase meist eine negative Auswirkung auf das Gesamtkonzept und die gesamte Kosten- und Terminsituation haben.

**i) Sicherung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit**

Die Forderung nach Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Planungsergebnissen hat aufgrund veränderter Rahmenbedingungen für Fabriken höchste Bedeutung. Es sollte daher stets eine Wandlungs- und Anpassungsfähigkeit der Projektlösung gesichert werden.

**j) Komplexität von Arbeitsinhalten**

Teamarbeit sollte in der Fabrikplanung immer im Vordergrund stehen. Es ist also sehr wichtig die Fachplanungsingenieure frühzeitig zusammenzuführen, um einer gute und fruchtbare Zusammenarbeit zu gewährleisten.

**k) Vereinheitlichung und Ordnung**

Komplizierte und komplexe Fabrikplanungsaufgaben müssen geordnet und vereinheitlicht werden, um sie überschaubar zu halten. Um die Lösungen der verschiedenen Teilaufgaben in der Fabrikplanung möglich zu machen, ist es wichtig, dass der Gesamtzusammenhang dieser stets transparent bleibt.

**l) Partizipation bzw. Dezentralisierung**

Durch die Verlagerung von Entscheidungen und Planungsinhalten zu den Orten der Erfahrungen und des Wirkens, ist es möglich Komplexitäten abzubauen. Es wird eine Partizipation der Mitarbeiter im Planungsteam angestrebt. Diese direkte Einbindung der Mitarbeiter beabsichtigt Erfahrungsnutzung, praxisnahe Entscheidungsfindung und eine höhere Akzeptanz der Lösung.

**m) Funktionsintegration Fabrikplanung und Fabrikbetrieb**

Das Niveau der späteren Ablauforganisation und alle dazu erforderlichen Prinzipien werden bereits in der Planungsphase bestimmt. D.h. bei der Realisierung von Fabrikplanungsprojekten müssen Fachinhalte der Fabrikplanung und auch des Fabrikbetriebes unter Beachtung der Wechselzusammenhänge parallel und integriert bearbeitet werden.

## 2.2 Materialfluss

Da eine Materialflussanalyse ein elementarer Bestandteil der vorliegenden Masterarbeit ist, soll an dieser Stelle der Materialfluss und vor allem dessen Planung als Bestandteil der Fabrikplanung erläutert werden.

### 2.2.1 Begriffserklärung und Bedeutung einer Materialflussplanung

Zahlreiche Studien und Untersuchungen belegen, dass der Materialfluss in Industriebetrieben als erheblicher Kostenfaktor große Einsparung- und Rationalisierungspotentiale mit sich bringt. Mit Ausnahmen von organisatorisch gewünschten und produktionstechnischen Wartezeiten, sind bei Materialflussprozessen die kleinstmöglichen Durchlaufzeiten bei geringsten Beständen anzustreben.<sup>12</sup>

Unter dem Begriff „Materialfluss“ wird ein Bündel betrieblicher Teilfunktionen eingeschlossen. Die Definition laut Nestler lautet: „Der Materialfluss ist die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie der Verteilung von Gütern inner-

---

<sup>12</sup> vgl. Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.1

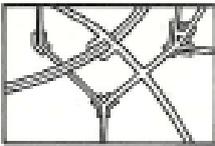
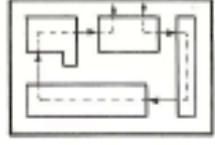
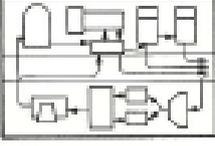
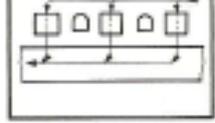
halb festgelegter Bereiche. Dabei zählen zum Materialfluss alle Durchlaufformen von Arbeitsgegenständen durch ein System.“<sup>13</sup>

Die Vorgänge des Materialflusses können dabei unterteilt werden in:<sup>14</sup>

- Bearbeiten (dabei wird der Arbeitsgegenstand dem Zielzustand näher gebracht)
- Transportieren (Bewegung von Personen und Arbeitsgegenständen)
- Handhaben (Bewegungen bei Einleiten oder Beenden eines Vorganges)
- Prüfen (jeglicher Kontrollvorgang im Materialfluss)
- Materialaufenthalte (Ungeplantes Liegen des Arbeitsgegenstandes)
- Lagerung (geplantes Liegen des Arbeitsgegenstandes)

### 2.2.2 Materialflussbereiche

Der Materialfluss wiederum kann auf fünf Materialflussbereiche mit unterschiedlichen Materialflussaufgaben aufgeteilt werden wie in Abb.: 2-3 ersichtlich.

Bereich (Intern/extern)		Materialflussaufgaben
	Regionale und überregionale Ebene (extern)	Öffentliche Verkehrsplanung, Energienetz, Beschaffungs- und Absatzmärkte
	Lokale Ebene (extern)	Standortwahl, Verbindung der Fabrikanlage mit dem Verkehrsnetz, innerbetriebliche Transportachsen
	Betriebsinterne Ebene (intern)	Funktionsgerechte Generalbebauung, innerbetriebliches Förderwesen, innerbetriebliche Verkehrswege
	Gebäudeinterne Ebene (intern)	Layoutbestimmung und Maschinen-aufstellung
	Arbeitsplatzbezogenen Ebene (intern)	Handhabung am Arbeitsplatz, Einrichtungsfeinplanung

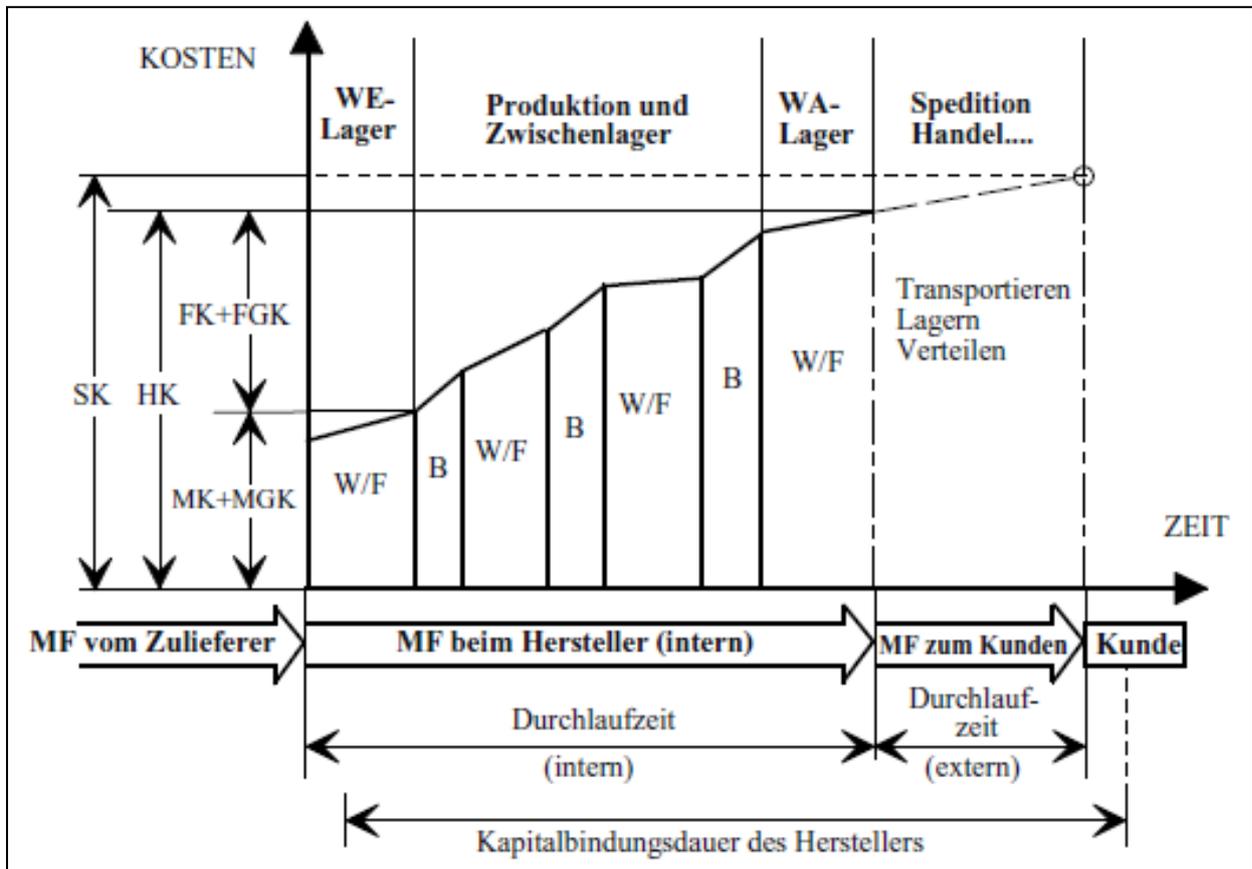
2-3: Materialflussbereiche<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Nestler, H., (1974), S.1f

<sup>14</sup> vgl. Nestler, H. (1974), S.1f

Bei der systematischen Fabrikplanung liegt das Hauptaugenmerk auf der betriebs- und gebäudeinternen Materialflussplanung. Dieser Materialfluss kann dabei unterschiedlichste Formen annehmen und es gibt in der Regel keine Anordnung, welche für alle Fälle die gleichen Resultate liefert. Allgemein gilt aber die Forderung nach möglichst geringen Transportwegen in Verbindung mit minimalen Gegenläufigkeiten bzw. Kreuzungen im Materialfluss.<sup>15</sup>

Abb.: 2-4 zeigt wie sich die Kosten, von den Materialkosten bis hin zu den Selbstkosten parallel zu den jeweiligen Materialflussbereichen entwickeln. Die verwendeten Abkürzungen sind dem Abkürzungsverzeichnis zu entnehmen.



2-4: Kostenentwicklung im Materialfluss<sup>16</sup>

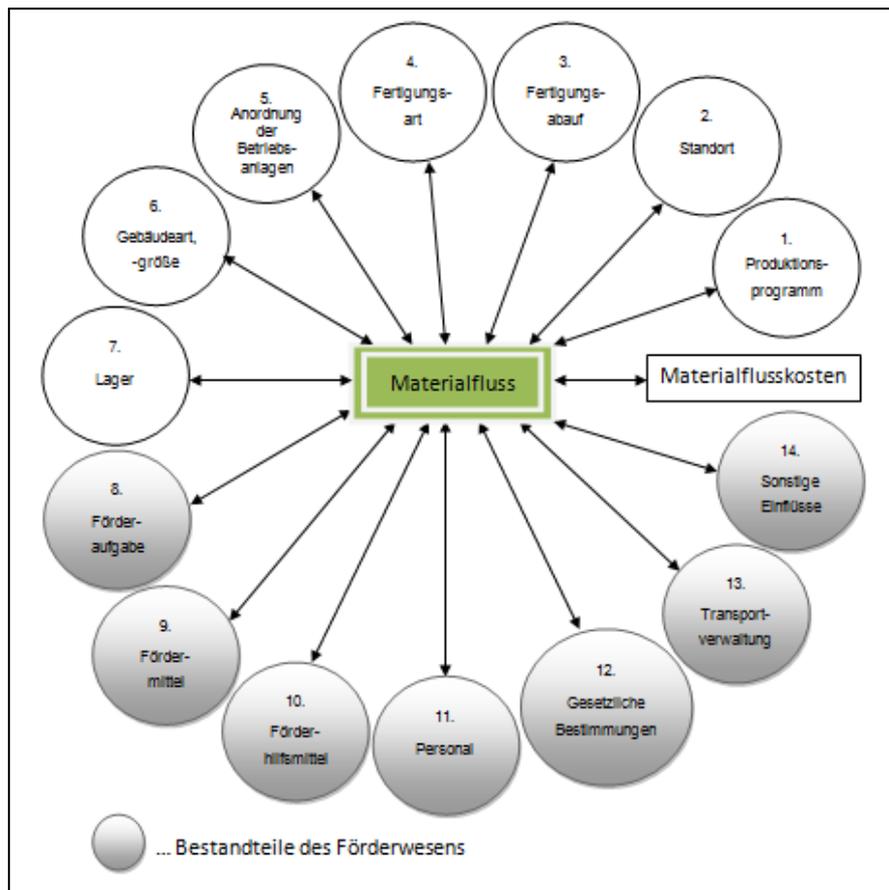
### 2.2.3 Einflüsse auf den Materialfluss

Unabhängig davon, ob es sich um ein Um-, Erweiterungs- oder Neuplanungsobjekt handelt, wird der Materialfluss von sehr vielen Faktoren bestimmt und beeinflusst. Als Einflussfaktoren sind dabei alle Umstände, welche die Materialflussvorgänge bzw. de-

<sup>15</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.158

<sup>16</sup> Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.4

ren Organisation, Aufgabe und die dabei entstandenen Kostenarten auf irgendeine Weise Wirkung ausüben, definiert. Bereits aus dieser Definition lässt sich erkennen, dass nahezu jede betriebliche Funktion einen gewissen Einfluss auf den Materialfluss hat. In Abb.: 2-5 werden die Einflussfaktoren ersten Grades gezeigt. Die darin vorkommenden Doppelpfeile weisen auf eine gegenseitige Beeinflussung von Einflussfaktor und Materialfluss hin.<sup>17</sup>



2-5: Einflussfaktoren auf den Materialfluss<sup>18</sup>

### 2.3 Vorgehensweise bei Materialflussuntersuchungen

Als Materialflussuntersuchung bzw. Materialflussanalyse bezeichnet man die Erfassung des Transportvorgangs und -ablaufs sowie aller Lagerungen, unabhängig ob gewollt oder ungewollt, aller Materialien eines innerbetrieblichen Fabrikbereichs. Oberstes Ziel dabei ist es Schwachstellen im Materialfluss und deren Ursachen zu erkennen und

<sup>17</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.162f

<sup>18</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.163

wenn möglich zu beseitigen. Da der Materialfluss einen wesentlichen Kosten- und Zeitfaktor widerspiegelt, wird ihm hohe strategische Bedeutung zugesprochen.<sup>19</sup>

Bei der Neuplanung einer Fabrikanlage liegt die Notwendigkeit einer Materialflussanalyse klar auf der Hand, da diese fester Bestandteil der Planungsaufgabe ist. Handelt es sich hingegen um eine Um- oder Erweiterungsplanung ist vorab zu klären, aus welchen Gründen eine Materialflussuntersuchung durchgeführt wird. Möglich Gründe sind Zusatzbeschaffung oder Austausch von Maschinen, Verschlechterungen im Materialflussbereich, neue Fertigungstechnologien, geänderte Produktionsprogramme, usw. In diesen Fällen ist genau zu prüfen in wie fern der vorhandene Materialfluss beeinflusst wird, und ob sich die veränderten Rahmenbedingungen auf dessen Wirkungsgrad niederschlagen. Dabei ist es von großer Bedeutung, den Untersuchungsbereich sowie den Umfang der Untersuchungen klar abzugrenzen und zuvor eine detaillierte Problemanalyse durchzuführen.<sup>20</sup>

Die wichtigsten Gründe für eine Materialflussuntersuchung, welche zu einer Um- oder Erweiterungsplanung führen kann, sind dabei:<sup>20</sup>

- Lange Durchlaufzeiten
- Große Lager- und Zwischenlagerbestände
- Viele Störungen im Lager- und Transportbereich
- Überschrittene Kostenziele
- Behördliche Auflagen
- Unzureichende Kostentransparenz

Es gibt prinzipiell drei Anlässe, welche zu einer Notwendigkeit einer Materialflussplanung führen können:<sup>21</sup>

- Neubau
- Umbau oder Erweiterung
- Verbesserung des vorhandenen Materialflusses

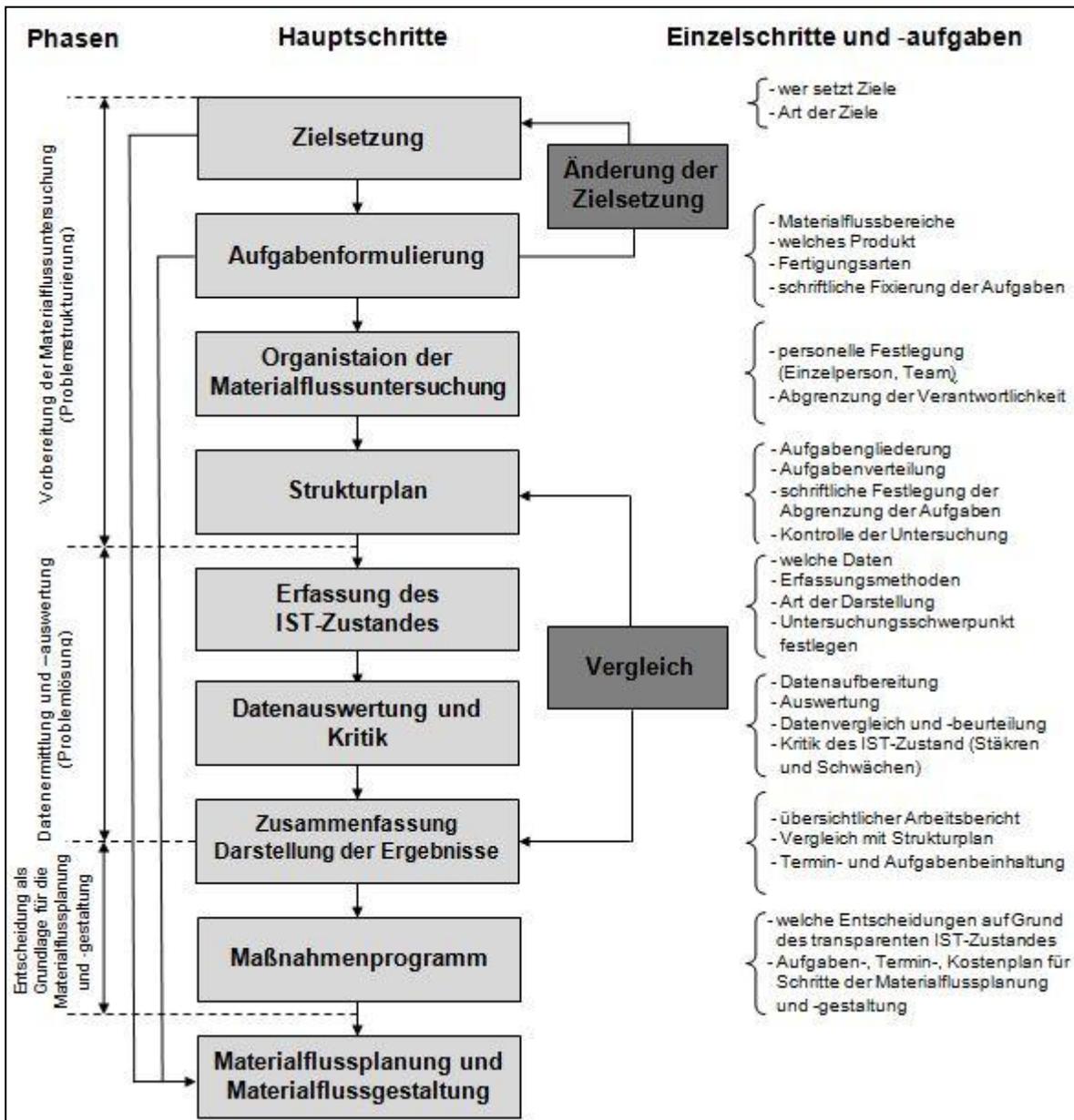
---

<sup>19</sup> vgl. Heinrich, M., (2011), S.29

<sup>20</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.164

<sup>21</sup> vgl. 2689, VDI Richtlinie (1974), S.2

Die genannten Gründe stehen in enger Beziehung zueinander. Laut Kettner ist bei der Untersuchung von Materialflussproblemen eine systematische Vorgehensweise, wie in Abb.: 2-6 ersichtlich von Vorteil.



2-6: Vorgehensweise bei der Untersuchung von Materialflussproblemen<sup>22</sup>

Um den Untersuchungsablauf zu erleichtern und zu beschleunigen ist es wichtig, vor Beginn einer Materialflussanalyse eine Vorbereitungsphase zu durchlaufen. Diese gliedert sich generell in folgende Schritte:

<sup>22</sup> vgl. Nestler, H., (1974), S.26

### 2.3.1 Zielsetzung einer Materialflussuntersuchung

Die Zielsetzungen leiten sich grundsätzlich aus den Anlässen für Materialflussuntersuchungen ab. Wichtig ist, dass die gesetzten Ziele im Nachhinein überprüft werden können. Zielsetzungsbeispiele sind:<sup>23</sup>

- Verminderung von Durchlaufzeiten
- Erhöhte Wirtschaftlichkeit des Transportwesens
- Verbesserte Flächen- und Raumausnutzung
- Senkung der Betriebskosten
- Erhöhung der Flexibilität

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Verbesserung des vorhandenen Materialflusses. Die Hauptgründe für eine solche Maßnahme sind:<sup>24</sup>

- Räumliche Enge resultierend aus einer Produktionsabweichung
- Hohe Personalkosten und umständliche Ablauforganisation
- Hohe Transport- und Lagerkosten
- Unstrukturiertes Lager- und Logistiksystem
- Beseitigung von Schwachstellen

### 2.3.2 Aufgabenstellung einer Materialflussuntersuchung

Aus den grundlegenden Zielsetzungen ist nun eine detaillierte Aufgabenstellung zu erarbeiten, in welcher man auch bereits einzelne Teilaufgaben erkennen kann. Bei der Formulierung dieser Aufgabenstellung kann es zu einer Korrektur der erarbeiteten Zielsetzungen kommen, was jedoch nur nach Absprache mit dem Auftraggeber möglich ist. Die fertige Aufgabenstellung sollte auch den zu untersuchenden Bereich sowie die zu untersuchenden Produkte und Fertigungsarten enthalten und jedenfalls schriftlich festgehalten werden.

### 2.3.3 Organisation einer Materialflussuntersuchung

Um eine effektive Materialflussanalyse durchführen zu können, muss die Organisation an die jeweiligen Ereignisse angepasst werden. Diese Organisation beinhaltet ausgehend von der Aufgabenstellung alle Kompetenzen und Verantwortlichkeiten und legt

---

<sup>23</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.164f

<sup>24</sup> vgl. Heinrich, M., (2011), S.30

den Informationsfluss in Art und Umfang fest. Da die meisten Materialflussprobleme auch Schnittstellenprobleme beinhalten, ist es ratsam die Planungsarbeit in Teams durchzuführen. Diese Teams sollten um Fachleute aus den jeweiligen Untersuchungsbereichen erweitert werden, um Sachkenntnisse und Erfahrungen zu fördern und die Planung möglichst realitätsnahe durchführen zu können. Der definierte Gruppenleiter muss die technischen und betriebswirtschaftlichen Hintergründe des Untersuchungsbereichs gut kennen und Erfahrung, methodische Denkansätze und Führungseigenschaften mitbringen.<sup>25</sup>

### **2.3.4 Strukturplan einer Materialflussuntersuchung**

Den letzten Teil der Vorbereitungsphase bildet die Erarbeitung eines Strukturplanes. Dieser Plan ist als Regelwerk für die gesamte Planungsaufgabe zu sehen und beinhaltet neben dem Budget und dem Zeitplan für Teilaufgaben auch sämtliche wichtige Ecktermine. Er muss für alle Mitwirkenden stets zugänglich sein und dient neben der besseren Veranschaulichung des gesamten Projekts auch der Selbstkontrolle.<sup>26</sup>

### **2.3.5 Datenermittlung und Auswertung in Materialflussuntersuchungen**

In dieser zweiten Phase der Materialflussanalyse werden zuerst alle für das Planungsobjekt relevanten Daten ermittelt und danach mit verschiedensten Methoden ausgewertet.

#### ***Datenerfassung***

Die Erfassung der Ausgangsdaten ist eine wesentliche Grundlage für die Materialflussanalyse und die anschließende Materialflussplanung, weshalb sie sehr genau und gewissenhaft durchgeführt werden muss. Laut Arnold, wird das Erfassen, Ermitteln und Beurteilen eines aktuellen Materialflusssystemzustands als Ist-Aufnahme verstanden. Das oberste Ziel dieser Aufnahme ist, einen wirtschaftlichen und rationellen Daten- und Materialfluss zu generieren. Sehr wichtig ist es, dass vor dem Start einer Aufnahme des Ist-Zustands die gesamte Vorbereitungsphase der Materialflussanalyse abgeschlossen ist.<sup>27</sup>

---

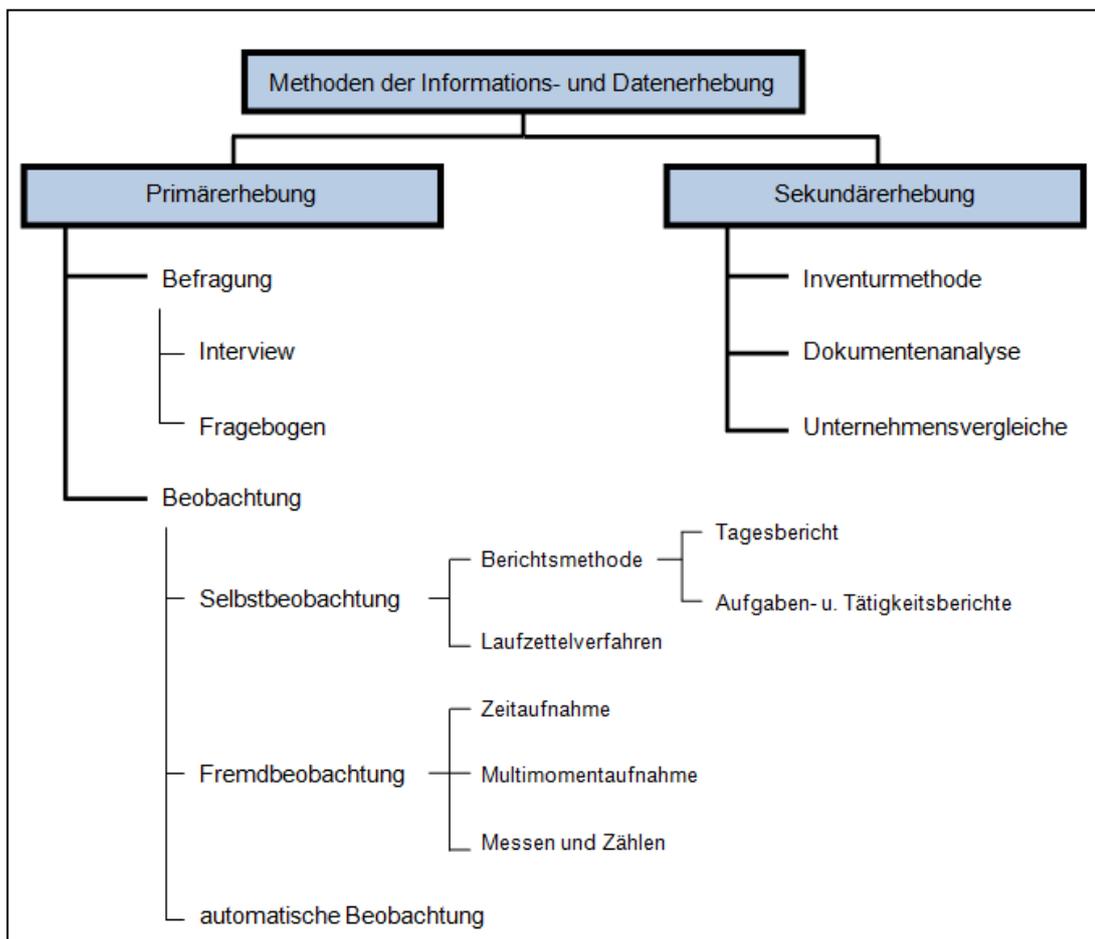
<sup>25</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.166

<sup>26</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.166

<sup>27</sup> vgl. Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.244f

Prinzipiell können die Methoden der Datenerfassung in zwei Gruppen eingeteilt werden, wie in Abb.: 2-7 ersichtlich:<sup>27</sup>

1. **Direkte Datenerfassungsmethoden (Primärmethoden):** Die benötigten Daten extra für die Analyse ermittelt. Dies ist meist dann der Fall, wenn keine oder Daten mit geringer Qualität vorliegen. Diese Art der Datenerhebung ist im Allgemeinen viel umfangreicher als die Sekundärerhebung.
2. **Indirekte Datenerfassung (Sekundärerhebung):** Dabei werden bereits bestehende Daten, welche für andere Zielsetzungen ermittelt wurden, zur Ist-Aufnahme verwendet. Da diese Methode mit geringerem Zeitaufwand verbunden ist, die Daten oft über lange Zeitintervalle vorliegen und dadurch eine hohe Aussagekraft haben, ist diese Methode, wenn brauchbare Daten vorliegen, der direkten Datenermittlung vorzuziehen.



2-7: Datenerhebungsmethoden<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Mitterer, G., (2013), S.19

Je nachdem, was mit den erhobenen Daten erreicht werden soll und welches Ziel man mit der Datenanalyse befriedigen will, muss eine für den jeweiligen Anwendungsfall geeignete Methode zur Datenermittlung ausgewählt werden. Aufgrund der komplexen Materialflusssituation, erfolgt die Datenerhebung im praktischen Teil der vorliegenden Masterarbeit mittels selbst erstelltem Erhebungsbogen. Für den Materialflussplaner ist es bei der Erstellung solcher Erhebungsdokumente immer wichtig, sich folgende W-Fragen zu stellen:<sup>29</sup>

- **Warum** wird gelagert bzw. transportiert (Notwendigkeit des Transports)
- **Wie viel** bzw. was wird bewegt und gelagert (Menge, Art, Eigenschaften)
- **Wohin** und **woher** wird transportiert (Quellen und Senken)
- **Womit** wird gelagert bzw. bewegt (Fördermittelart)
- **Wie lange** und **wann** wird transportiert und gelagert (Dauer, Datum)

### ***Datenauswertung und Darstellung der Ergebnisse***

Ist die Datenerfassung abgeschlossen, werden diese Daten im nächsten Schritt der Materialflussanalyse mit geeigneten Methoden dargestellt und veranschaulicht, um einerseits einen kompakten Überblick über die Ist-Situation zu erhalten und andererseits Schwachstellen herauszufiltern bzw. Handlungsempfehlungen abzuleiten. Vor der Datenaufbereitung sollten diese unbedingt noch auf Plausibilität und Relevanz geprüft werden, dabei werden meist Soll- und Plandaten als Vergleichsgrößen herangezogen.<sup>30</sup>

Die nun herausgefilterten relevanten und plausiblen Ergebnisse können nun auf verschiedene Weisen dargestellt werden (siehe Abb.: 2-8).

Die dabei auftretenden Materialflussbeziehungen unterteilen sich in:<sup>31</sup>

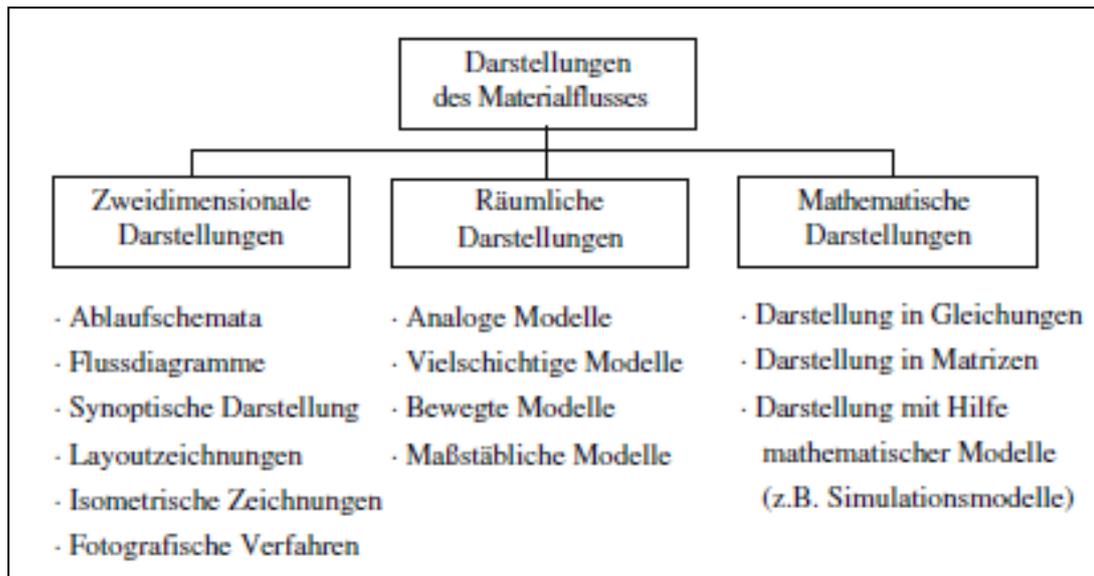
- **Quantitative Materialflussmerkmale:** Die typischen Beschreibungsmerkmale hierbei sind, die Materialflussmenge pro Zeitraum sowie die Materialflussintensität zwischen Arbeitsplätzen und Bereichen. Die entstehenden Datenmengen können durch ABC-, PQ-Analysen, Herausfiltern repräsentativer Produkte und Zusammenfassen in Materialflussgruppen gesichtet bzw. begrenzt werden.
- **Qualitative Materialflussmerkmale:** Diese sind meist durch eine technologische Abfolge von Arbeitsschritten und Fertigungsstufen definiert. Die Flussrichtung und das Vorhandensein von Materialflussbeziehungen, sind die dabei relevanten Beschreibungsmerkmale.

---

<sup>29</sup> vgl. Heinrich, M., (2011), S.31

<sup>30</sup> vgl. Kettner, H., Schmied, J. & Greim, H.-R. (1984), S.172

<sup>31</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 121f



2-8: Darstellungsformen der ausgewerteten Daten<sup>32</sup>

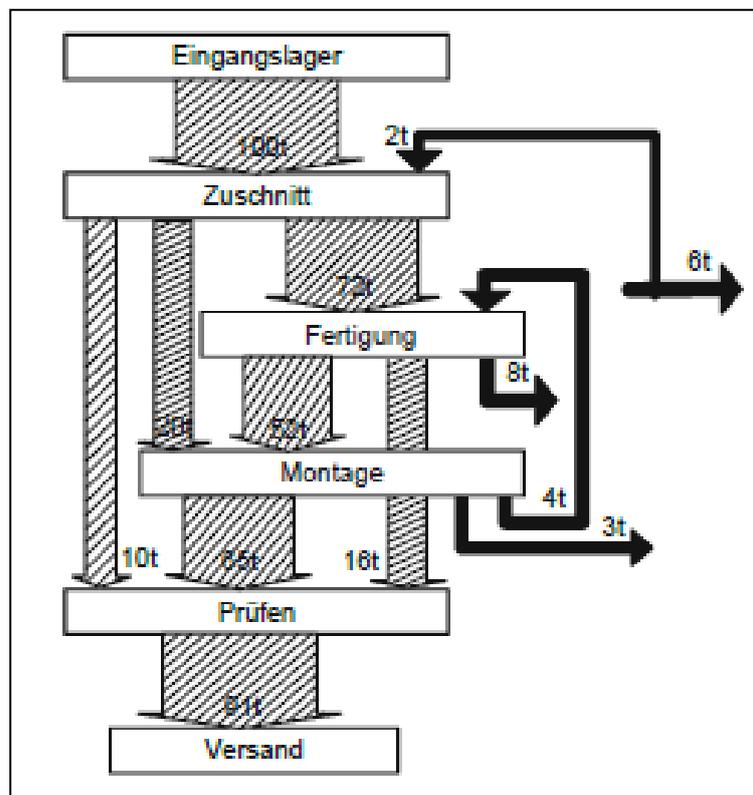
Im Anschluss wird auf jene Darstellungsmethoden des Materialflusses genauer eingegangen, welche laut Literatur die größte Resonanz haben. Da eines der Hauptziele eine optimierte materialflussgerechte Maschinenanordnung war, wurden hauptsächlich Darstellungsmethoden gewählt, welche auch eine Anordnungsoptimierung zulassen. Dabei können diese Methoden zur Optimierung der Anordnung von Betriebsmitteln bei der Reorganisation und bei Neu- oder Erweiterungsplanung einer Fabrik angewendet werden.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.252

<sup>33</sup> Schmigalla H., Stanek, W., (1991), S.23ff

## Sankey-Diagramm

Eine sehr übersichtliche und einfache Darstellung der Materialflussbeziehungen sind über ein sogenanntes Sankey-Diagramm möglich. Es handelt sich dabei um ein Flussdiagramm in mengenmaßstäblicher Darstellung, in dem die Verzweigungen und die quantitativen Verhältnisse leicht erkennbar zur Schau gestellt werden. Dabei werden die benötigten Ausgangsdaten meist aus Materialflussmatrizen (siehe nächste Seite) bezogen. Im hier angeführten Beispiel (siehe Abb.: 2-9) stellen die schraffierten Pfeile die Materialflussbeziehungen zwischen den einzelnen Abteilungen dar. Aus deren Dicke kann direkt auf die Materialflussintensität zwischen den jeweiligen Abteilungen geschlossen werden. Durch die schwarzen Pfeile lassen sich Aussagen über die Intensität des anfallenden Abfalls machen der teilweise in den vorgelagerten Abteilungen wiederverwendet werden kann. Die tatsächliche räumliche Anordnung der Betriebsgegenstände wird aber in dieser Darstellungsform nicht berücksichtigt.<sup>34</sup>

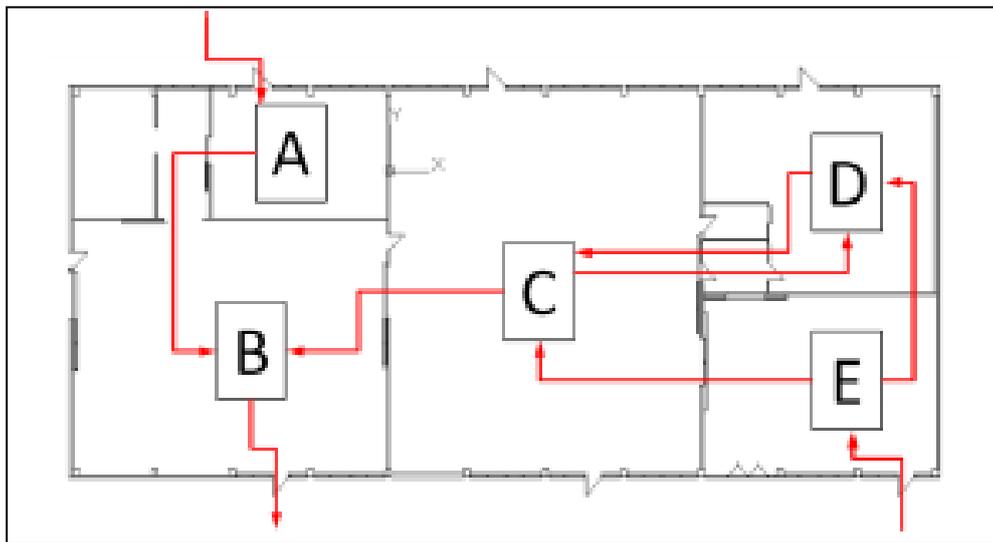


2-9: Sankey-Diagramm<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Pawellek, G. (2008), S.150

## Layout-Zeichnung und Materialflussbild

Eine maßstäbliche Layout-Zeichnung ist ab einem gewissen Planungsumfang und Planungsfortschritt unabdinglich, da unter Anwendung von CAD Systemen auch umfangreiche Darstellungen in kürzester Zeit änderbar sind. Dabei ist aber zu erwähnen, dass alleine durch isometrische Zeichnungen das materialflusstechnisch günstigste Layout nicht identifiziert werden kann. Werden nun die Materialflussbeziehungen in das maßstabsgetreue Layout eingezeichnet, erhält man eine isometrische Darstellung des Materialflusses. Diese bildhafte Darstellungsform hat in der Praxis große Bedeutung, weil man sich dadurch sehr schnell einen Überblick der vorhandenen Materialflussstruktur verschaffen kann. Abb.: 2-10 zeigt ein einfaches Materialflussbild eines Betriebes. Dabei sind A, B, C, D, E die einzelnen Abteilungen in einer isometrischen Grundrissdarstellung und die roten Pfeile stellen deren Materialflussbeziehungen dar.<sup>35</sup>



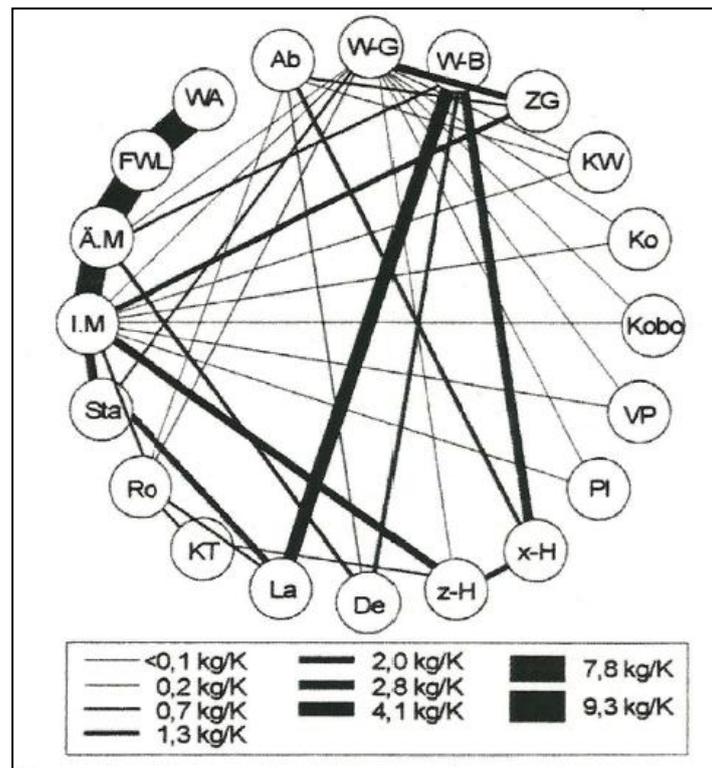
2-10: Maßstäbliches Materialflussbild<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.253

<sup>36</sup> Mitterer, G., (2013), S.21

### Kreisdiagramm (Strukturdiagramm)

Bei dieser Darstellungsform des Materialflusses werden die Betriebsmittel so angeordnet, dass sie einen Kreis bilden. Die Materialflussbeziehungen mit intensitätsbelasteten Pfeilen sind dabei zwischen diesen dargestellt. Durch Vertauschen der jeweiligen Positionen kann der Materialfluss entscheidend verbessert werden. Weiters kann aus der Richtung und Anordnung der Pfeile auf die vorliegende Fertigungsart geschlossen werden. Abb.: 2-11 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines solchen Strukturdiagramms. Die Abkürzungen in den Kreisen stehen dabei für die verschiedenen Betriebsmittel eines Unternehmens. Grundlage für diese Methode ist wiederum die Materialflussintensität, welche aus Materialflussmatrizen (siehe nächste Seite) bestimmt werden kann.<sup>37</sup>



2-11: Strukturdiagramm<sup>38</sup>

<sup>37</sup> vgl. Pawellek, G. (2008), S.150

<sup>38</sup> Wohniz, J., (2013/2014), S.40

## Materialflussmatrix

Die Darstellung der Mengenbeziehungen im Materialfluss wird an dieser Stelle in Form einer Matrixschreibweise realisiert, was vor allem bei größeren Datenumfängen von Vorteil ist.

Materialflussmatrizen, sind grundsätzlich so aufgebaut, dass die Elemente (z. B. Betriebseinheiten) in den Zeilen als Empfangselemente, und jene in den Spalten als Absenderelemente fungieren. Die einfachste Matrixform stellt die sogenannte Adjazenzmatrix dar, in welcher lediglich die Ziffer „0“ und „1“ eingetragen werden, wobei diese Folgendes bedeuten:<sup>39</sup>

**0...** Diese Betriebseinheiten haben keine Materialflussbeziehung zueinander

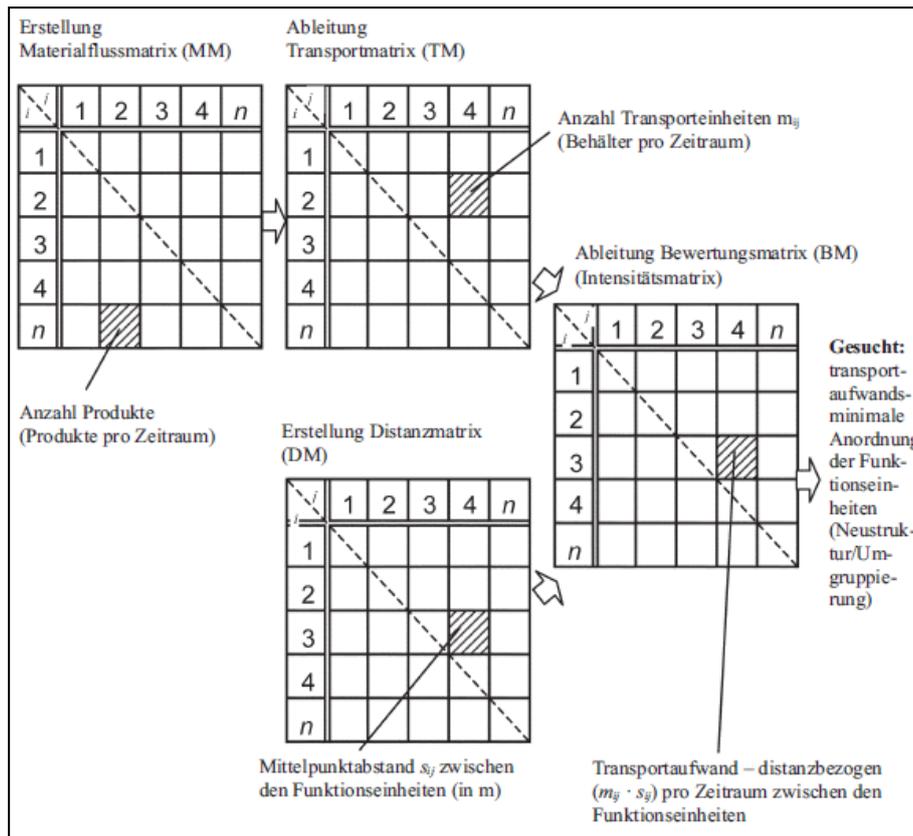
**1...** Es ist eine Materialflussbeziehung zwischen diesen Betriebseinheiten vorhanden

Diese Matrix ist hilfreich, um sich einen Überblick über die qualitativen Materialflussbeziehungen zu schaffen. Die nächste Ebene der Darstellungsformen in Matrizen ist die Materialflussmatrix, die grundsätzlich gleich aufgebaut ist, nur dass statt den Einsen die Stückzahlen pro Zeiteinheit, welche zwischen den Betriebseinheiten bewegt wird, eingetragen werden. Weiters ist in den Matrizen, falls die Betriebseinheiten richtungsorientiert eingetragen sind, zu sehen, ob es sich bei den Materialflussbeziehungen um Hin- oder Rückflüsse handelt. Alle Hinflüsse sind oberhalb der Matrixdiagonale angesiedelt, und alle Rückflüsse unterhalb. Rückflüsse bedeuten dabei, dass Produkte von einer Funktionseinheit höherer Ordnung, zu einer von niedrigerer Ordnung zurückspringen und sind weitgehend zu vermeiden. Wie man die Anordnung auf diese Weise optimieren kann, um Rückflüsse zu minimieren wird im Kapitel 0 gezeigt. Da aus der Materialflussmatrix alleine keine Rückschlüsse auf die Anzahl der Transporte gezogen werden können, muss diese zur sogenannten Transportmatrix weiterentwickelt werden. Dazu ist eine Analyse der verwendeten Fördermittel und deren Ladekapazität notwendig. Werden anschließend die Materialflüsse aus der Materialflussmatrix durch die Ladekapazität der jeweiligen Transportmittel dividiert, ergibt sich die sogenannte Transportmatrix mit der Einheit Transporte/Zeit.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> vgl. Mitterer, G., (2013), S.22

<sup>40</sup> vgl Grundig, C.-G., (2004), S. 123ff



2-12: Ableitung verschiedener Materialflussmatrizen<sup>41</sup>

Parallel zur Transportmatrix kann eine Abstandsmatrix aufgebaut werden, in welcher die Mittelpunktabstände der jeweiligen Betriebseinheiten eingetragen werden. Durch Multiplikation der Transportmatrix mit der Abstandsmatrix erhält man die Transportintensitätsmatrix mit der Einheit Abstand/Zeit. Diese ist von größter Bedeutung, da man daraus direkt auf die Intensität des Materialflusses bei der jeweiligen Betriebsmittelanordnung schließen kann, und so z.B. verschiedene Aufstellungsvarianten bezüglich ihrer Materialflussintensität bewerten kann. Abb.: 2-12 zeigt alle zuvor besprochenen Matrizen und deren Entstehung.<sup>42</sup>

Mit Hilfe dieser Matrizen können nicht nur verschiedenste Materialflussschaubilder erstellt werden, es können auch die Anordnung der Betriebsmittel (siehe Kapitel 2.4.1) optimiert bzw. Schwachstellen erkannt werden.

<sup>41</sup> Grundig, C.-G., (2004), S. 126

<sup>42</sup> vgl Grundig, C.-G., (2004), S. 124f

### **2.3.6 Maßnahmenprogramm und Schwachstellenanalyse bei Materialflussuntersuchungen**

Während der Schwachstellenanalyse werden alle aufgenommenen Materialflussdaten hinsichtlich möglicher Schwachstellen untersucht. Als Schwachstellen gelten dabei Mängel innerhalb des Prozesses, welche es zu planen gilt. Die dabei entlarvten Schwachstellen müssen anschließend analysiert werden. Die Untersuchung möglicher Ursachen und Auswirkungen steht hierbei im Vordergrund. Den Abschluss der Schwachstellenanalyse bildet ein sogenanntes Maßnahmenprogramm, in welchem Vorschläge für Verbesserungen eingetragen werden.<sup>43</sup>

## **2.4 Vorgehensweise, bei einer Materialfluss- bzw. Layoutplanung**

Da die abschließende Darstellung der Planungsergebnisse einer Materialflussplanungsaufgabe meist ein flächen- und raumbezogenes Layout ist, wird in diesem Kapitel auf die Vorgehensweise bei der Erstellung einer Layout-Planung mit den Ausgangsdaten der Materialflussanalyse eingegangen.

Im Allgemeinen gibt ein Layout die räumlichen Anordnungsformen von Funktionseinheiten grafisch wieder. Das Layout ist also ein grafischer Ausdruck der vorausgedachten Produktion. Die Layout-Darstellung beruht dabei auf zwei Hauptunterscheidungskriterien:<sup>44</sup>

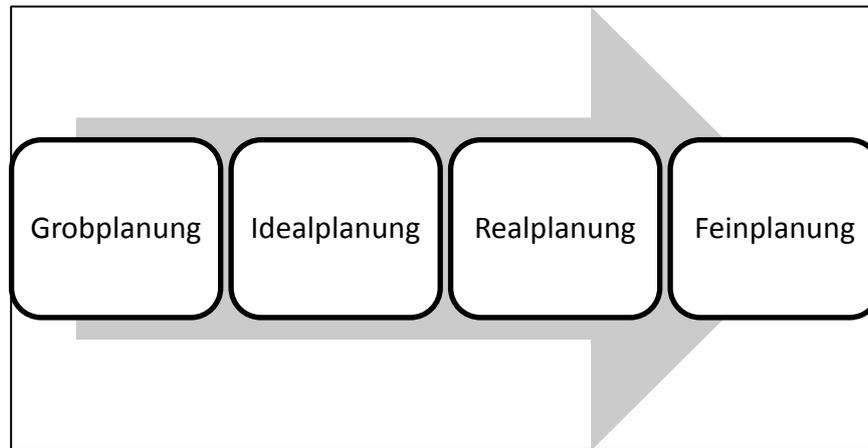
- die Abstraktionsebene (Fabrik, Bereiche, Werkstätten)
- der Detaillierungsgrad ( Block-, Grob-,Feinlayout)

In der Praxis hat sich bewährt die Planungsarbeit ökonomisch sinnvoll, in Stufen durchzuführen, wie in Abb.: 2-13 ersichtlich ist.

---

<sup>43</sup> vgl. Brunner, F., Wagner, K. (2008), S.67

<sup>44</sup> vgl Grundig, C.-G., (2004), S. 159



2-13: Planungsstufen der Materialflussplanung<sup>45</sup>

### 2.4.1 Grobplanung

Im Grobplanungsabschnitt der Materialflussplanung gilt es mit Hilfe der Daten der Materialflussanalyse einerseits die Anordnung der Betriebsmittel zu optimieren und andererseits den zukünftigen Flächenbedarf für Puffer- und Fertigungsflächen zu berechnen. Hauptziel der Grobplanung ist also, neben der Sichtung der materialflusstechnisch optimalen Betriebsmittelanordnung, die Ermittlung des zukünftigen Flächenbedarfs des Planungsobjektes. Für diese Anordnungsoptimierung gibt es in der Literatur eine Vielzahl verschiedener Methoden. Die wichtigsten davon werden im folgenden Abschnitt kurz erläutert.<sup>46</sup>

#### ***Anordnungsoptimierung der Betriebsmittel***

Da der Materialfluss in den meisten Unternehmen die dominante Rolle spielt, ist das Hauptziel bei der Zuordnungsoptimierung meist die Minimierung des Transportaufwands.<sup>47</sup>

Um dieser Zielfunktion gerecht zu werden, gibt es eine Reihe von grafischen und mathematischen Verfahren. Eine wesentliche Rolle spielen dabei der Transportweg und die Transportintensität zwischen zwei Struktureinheiten.

<sup>45</sup> vgl. Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.269

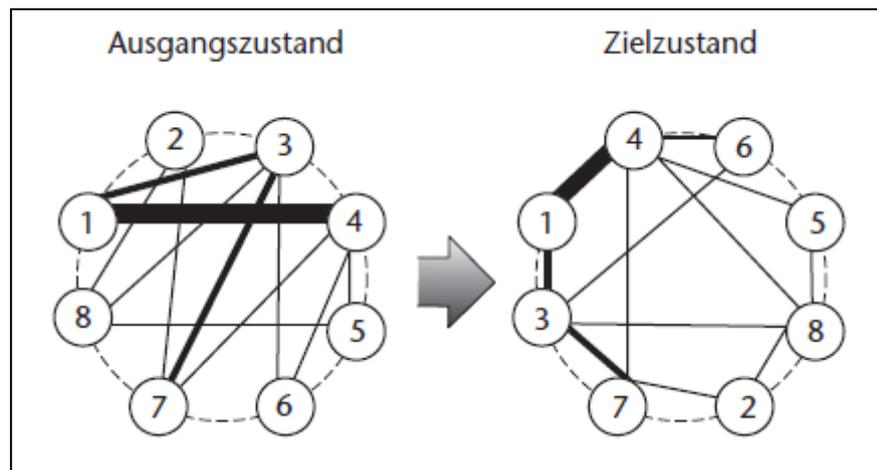
<sup>46</sup> vgl. Pawellek, G. (2008), S.148

<sup>47</sup> vgl. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E., (2014), S. 340

### Strukturdiagramm und Dreiecksmethode (Schmigallverfahren)

Durch Umschichtung der Anordnungsstruktur der Strukturelemente des Kreises des zuvor beschriebenen Strukturdiagramms, wird schrittweise die Anordnungsstruktur so verändert, dass transportintensive Objekte am Kreisumfang einen möglichst geringen Abstand haben. Es soll dabei erreicht werden, dass transportintensive Verbindungen möglichst tangential auf dem Kreisumfang liegen und nicht durch den Kreis verlaufen.<sup>48</sup>

Abb.: 2-14 veranschaulicht dieses Prinzip, die Ziffern von 1 bis 8 stellen dabei einzelne Produktionseinheiten dar.

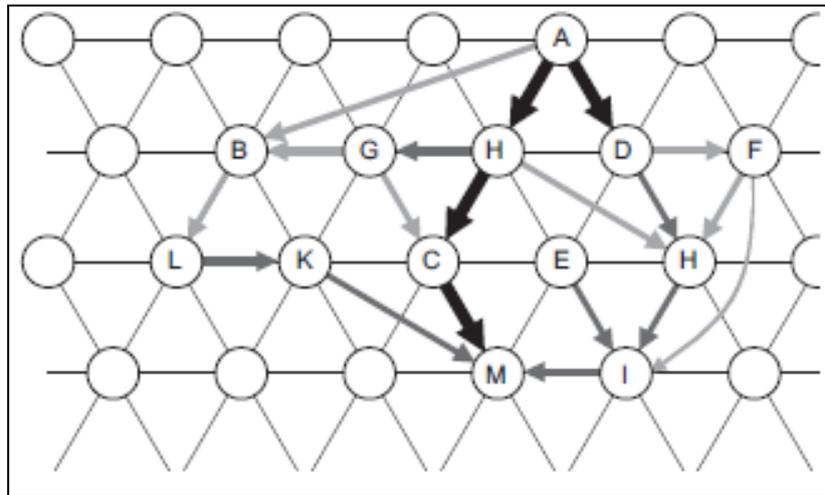


2-14: Anordnungsoptimierung mittels Strukturdiagramm<sup>49</sup>

Eine hierbei etwas weiterführende Methode, der Anordnungsoptimierung ist die sogenannte Dreiecksmethode (siehe Abb.: 2-15). Dabei wird davon ausgegangen, dass der Transportaufwand von miteinander in Verbindung stehender Betriebsmittel dann am geringsten ist, wenn sie in einem Dreieck angeordnet sind. Ein weiteres Betriebsmittel kann immer nur zu zwei Betriebsmitteln optimal angeordnet werden. Dabei wird die Dreieckprobiermethode, in welcher die ideale Maschinenanordnung durch Probieren erreicht werden soll, von der Dreieck-Berechnungsmethode unterschieden, in der die Anordnungsreihenfolge der Betriebsmittel berechnet wird.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 166

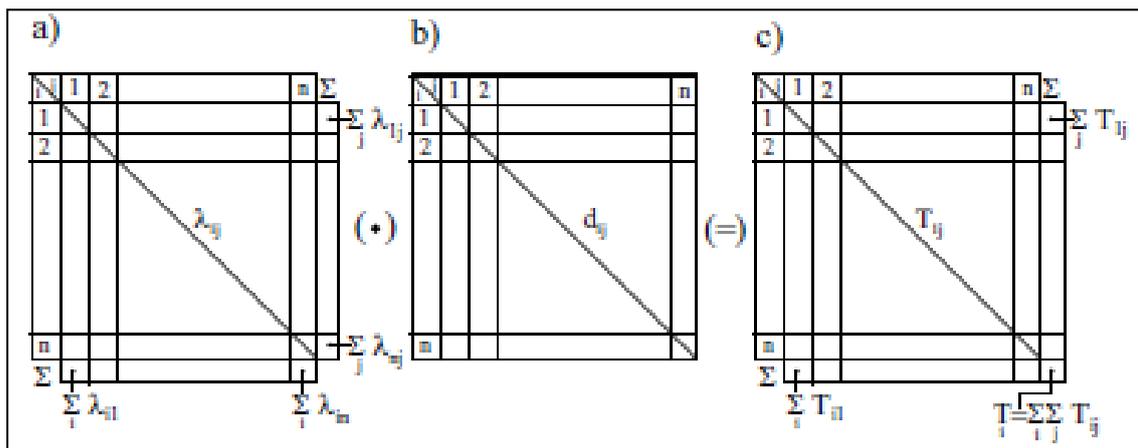
<sup>49</sup> vgl. Pawellek, G. (2008), S.152



2-15: Dreiecksmethode<sup>50</sup>

### Materialflussmatrizen

Eine typische Tätigkeit in der Grobplanung ist die Beschäftigung mit Materialflussmatrizen. Hauptaugenmerk wird dabei wieder auf die Minimierung des Gesamttransportaufwands gelegt. Transportaufwände berechnen sich, wie bereits beschrieben, durch Multiplikation der Abstandsmatrix mit der Transportmatrix (siehe Abb.: 2-16). Der kleinste Transportaufwand entsteht, wenn ein Materialfluss von der größten Quelle zur größten Senke, mit weitgehend gleichbleibenden Richtungssinn und minimalen Rückströmungen erreicht wird. Im Algorithmus, welcher dazu hinführt, werden die Elemente der Transportmatrix  $\lambda_{ij}$  wie folgt verwendet:<sup>51</sup>



2-16: Abstandsmatrix, Transportmatrix und Transportaufwandsmatrix<sup>52</sup>

<sup>50</sup> Grundig, C.-G., (2004), S. 130

<sup>51</sup> vgl. Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.271ff

<sup>52</sup> Arnold, D., Furmans, K., (2006), S.272

Zuerst wird der Quotient der ersten Zeilensumme und der ersten Spaltensumme der Transportmatrix gebildet. Gleiches passiert mit der zweiten Zeile und der zweiten Spalte, bis hin zur n-ten Zeile bzw. Spalte. Nach dem Bilden all dieser Quotienten wird der größte Quotient ausfindig gemacht und dessen Zeile und Spalte eliminiert. Aus der nun mehr (n-1) Zeilen und Spalten umfassenden Matrix, werden dann wiederum jene mit dem maximalen Wert des Quotienten eliminiert. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die gesamte Matrix aufgelöst ist. Die günstigste Anordnung der Strukturelemente ist gleichbedeutend der Reihenfolge des Eliminierens und liefert den minimalen Gesamttransportaufwand. Im Idealfall, verschwinden dabei alle Elemente unterhalb der Matrixdiagonale, was bedeutet, dass es keine Materialrückflüsse mehr gibt. Der tatsächliche Transportaufwand kann erst, wenn Informationen über die räumliche Anordnung Strukturelemente vorliegen, d.h. die Abstandsmatrix vorliegt, berechnet werden.

### ***Flächenbedarfsermittlung***

Dabei wird zuerst der Ist-Zustand auf Maschinenebene analysiert und bezüglich Unzulänglichkeiten bereinigt. Danach werden verschiedene Fertigungsbereiche zusammengefasst und der Transportwegzuschlag addiert, um schließlich auf den gesamten Fertigungsflächenbedarf zu kommen. Weiters müssen im Layout verschiedene Pufferflächen für Zwischenprodukte sowie Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffe berücksichtigt werden. Je nach Komplexität des Produktes müssen dabei mehrere Lagerebenen unterschieden werden und das zu bereitstellende Teilespektrum differenziert werden.<sup>53</sup>

Da im praktischen Teil dieser Masterarbeit jedoch ein Unternehmensbereich behandelt wird, in dem keine Rohstoffe und nur mehr wenige Hilfs- und Betriebsstoffe in das Produkt eingebracht werden, ist dieser Flächenbedarf zu vernachlässigen. Die benötigte Fertigungsfläche der einzelnen Produktionseinheiten kann aus der Ausgangssituation entnommen werden. Ein relevanter und in der Vergangenheit nicht berücksichtigter Flächenbedarf ergibt sich jedoch aus der Vielzahl von Zwischenprodukten, die teilweise auf den nachgelagerten Fertigungsprozess warten müssen.

Das Ergebnis der Groblayout-Planung stellt ein vereinfachtes Blockschaubild der Funktionseinheiten in optimierter Anordnung dar, in welchem auch die benötigten Flächen berücksichtigt werden.

---

<sup>53</sup> vgl. Pawellek, G. (2008), S.153f

## 2.4.2 Idealplanung

Unter Idealplanung versteht man eine flächenbezogene, flussgerecht optimale, idealisierte Anordnung der Betriebsmittel der untersuchten Abstraktionsebene. Dabei werden die Struktureinheiten nur nach Aspekten der Austauschbeziehungen und des Flächenbedarfes zugeordnet. Alle weiteren Einflüsse und Restriktionen werden ausgeblendet. Diese idealisierte Betrachtung bringt vor allem zwei essentielle Vorteile mit sich:<sup>54</sup>

- Nachteile, die sich aufgrund bestehender Gegebenheiten und Restriktionen ergeben, können durch die so gegebene Auflösung von „Betriebsblindheit“ leichter erkannt werden.
- Der Planer wird dazu veranlasst, die Vorteile der Idealplanung bei der Erstellung des Reallayouts weitgehend zu verwirklichen.

Als Basis für die Erstellung des Ideallayouts dienen die in der Reihenfolgeoptimierung der Grobplanung ermittelten Daten und der Flächenbedarf der einzelnen Struktureinheiten. Die vollständige Realisierung der Idealplanung ist meist nur bei der Neuplanung einer Fabrik möglich, da keinerlei Restriktionen wie z.B. vorliegende Gebäudegrundrisse berücksichtigt werden.<sup>55</sup>

## 2.4.3 Realplanung

Das Reallayout stellt eine tatsächlich realisierbare Prinzip-Lösung dar. Es ist ein Kompromiss aus dem Ideallayout, den wirklich verfügbaren Raum- und Flächenstrukturen bzw. weiteren Einflussfaktoren.<sup>56</sup>

Die Einflüsse für die Gestaltung des Reallayouts werden meist aus folgenden Komponenten abgeleitet:<sup>57</sup>

- Raum- und Flächenverhältnisse (Grundriss, Gebäudestruktur)
- Flusssysteme (Material-, Informations- und Energiefluss)
- Fertigungsgestaltung (Betriebsmittel, Organisationsform, Fertigungsbedingungen, Arbeitsgestaltung, ...)

Diese verschiedenen Einflussfaktoren sind oft widersprüchlich, weshalb durch diesen Anpassungsprozess des Ideallayouts oft eine Vielzahl von Reallayout-Varianten abgeleitet werden. Der Anpassungsprozess wird dabei maßgeblich vom Planungsgrundfall (Neuplanung, Umplanung, Erweiterungsplanung) und der jeweiligen Planungsebene

---

<sup>54</sup> vgl. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E., (2014), S. 336

<sup>55</sup> vgl. Pawellek, G. (2008), S.159

<sup>56</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 168

<sup>57</sup> vgl. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E., (2014), S. 343

(z.B. bereichs- oder werkstattbezogen) abgeleitet. Aus den abgeleiteten Real-Layout-Varianten erfolgt die Auswahl von Vorzugslösungen, welche dann mit verschiedenen Methoden bewertet werden können, um die technisch und wirtschaftlich optimale Variante zu sichten.<sup>58</sup>

Die Bewertung erfolgt hauptsächlich durch Überprüfung der Zielerreichung, dabei gibt es quantitativ erfassbare (Materialflussintensität, Flächennutzungsgrad, Investitionskosten) und quantitativ nicht erfassbare (Flexibilität, Übersichtlichkeit, geringe Störanfälligkeit) Kriterien. Da beide dieser Kriterien-Gruppen berücksichtigt werden können, wurde im vorliegenden Projekt für die Variantenbewertung eine Nutzwertanalyse durchgeführt, welche anschließend kurz erläutert wird.<sup>58</sup>

#### 2.4.4 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse dient bei der Auswahl von Projektvarianten zur systematischen Entscheidungsvorbereitung. Der erste Schritt ist die Definition von Kriterien, welche in der Nutzwertanalyse berücksichtigt werden sollten. Diese werden meist aus den Zielen des Projektes abgeleitet. Im nächsten Schritt werden diese Kriterien in die Zeilen und Spalten einer Matrix eingetragen. Nun wird spaltenweise oder zeilenweise jedes Kriterium der Frage unterworfen, ob es wichtiger oder unwichtiger wie die in der übrigen Zeile bzw. Spalte stehenden Kriterien ist. Dabei wird immer die Nummer des wichtigeren Kriteriums in die Matrix eingetragen. In der letzten Zeile trägt man ein, wie oft das jeweilige Kriterium wichtiger als die anderen Kriterien war. Durch die in Abb.: 2-17 eingetragene einfache Formel lassen sich nun die normierten Gewichte der einzelnen Kriterien berechnen. Die hier abgeleitete Matrix nennt sich Präferenzenmatrix und man erkennt sofort, wie subjektiv die Gewichtungen, welche aus dieser Matrix resultieren, sind. Diese Subjektivität der Gewichtungen ist auch gleichzeitig der größte Nachteil der Nutzwertanalyse und sollte, wenn möglich durch die Bewertung mehrerer involvierter Personen entkräftet werden.<sup>59 60</sup>

Die aus der Präferenzenmatrix (siehe Abb.: 2-17) berechneten Gewichtungen werden dann in die eigentliche Nutzwertanalyse (siehe Abb.: 2-18) eingetragen. Zusätzlich werden an dieser Stelle auch alle Varianten, welche bewertet werden sollen, eingetragen und hinsichtlich der gewählten Kriterien bewertet. Die Skala für die Bewertung kann dabei z.B. von 1 bis 5 reichen, wobei die Eins für die jeweils niedrigste Bewertung steht

---

<sup>58</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 168ff

<sup>59</sup> vgl. Wiedentdahl, H.-P.; Reichhardt, J.; Nyhuis, P., (2009), S.504f

<sup>60</sup> vgl. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E., (2014), S. 746f

und die Fünf für die höchste. Im Vorhinein muss genau definiert werden, welche Anforderungen eine Variante erfüllen muss, um die jeweilige Bewertung zu erhalten.<sup>61</sup>

Die gewichtete Bewertung in Prozent ergibt sich durch:<sup>61</sup>

$$(Kriteriengewichtung \times Bewertung) \div \text{Bewertungsmaximalwert}$$

Durch abschließende Summierung der gewichteten Bewertungen erhält man den Nutzwert der jeweiligen Variante. Die Vorteile der Nutzwertanalyse sind systematisches und strukturiertes Vorgehen, die einfache Handhabbarkeit und, dass auch qualitative, nicht erfassbare Kriterien bei der Entscheidungsfindung mitberücksichtigt werden können. Dem gegenüber steht das hohe Maß an Subjektivität einer Nutzwertanalyse.<sup>61</sup>

Nr.	Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gewicht [%]
1	Produkthandling										2,78
2	Volumenflexibilität	2									13,89
3	Rückverfolgbarkeit	1	3								2,78
4	Umlaufflexibilität	4	2	4							8,33
5	inkrementelle Kapazitätsanpassung	5	5	5	5						19,44
6	Störungsflexibilität	6	2	6	4	5					11,11
7	Variantenflexibilität	7	2	7	7	5	6				11,11
8	Überholflexibilität	8	2	8	8	5	6	7			8,33
9	Prozesssicherheit	9	9	9	9	9	9	9	9		22,22
		1	5	1	3	7	4	4	3	8	100,00

Häufigkeit  $H_x$  mit der Kriterium  $K_x$  wichtiger als die anderen Kriterien bewertet wurde

$$G_x = \frac{H_x}{\sum_{x=1}^n K_x} \cdot 100$$

H: Häufigkeit, K: Kriterium, x: Nummer Kriterium, G: Gewichtung, n: Anzahl Kriterien

2-17: Präferenzenmatrix<sup>61</sup>

Nr.	Kriterien	Kriterien-Gewichtung [%]	Konzept 1		Konzept 2		Konzept 3		Konzept 4	
			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	Überholflexibilität	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
	<b>Gesamtwert</b>	100,00		<b>53,33</b>		<b>42,22</b>		<b>81,67</b>		<b>83,33</b>

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

2-18: Nutzwertanalyse<sup>62</sup>

<sup>61</sup> Wiedentahl, H.-P.; Reichhardt, J.; Nyhuis, P., (2009), S.504

<sup>62</sup> Wiedentahl, H.-P.; Reichhardt, J.; Nyhuis, P., (2009), S.505

### 2.4.5 Fein- bzw. Detailplanung

In der Feinplanung wird die Grundriss-Geometrie der Funktionseinheiten aufbauend auf die gewählte Real-Layout-Variante, unter Beachtung aller detaillierten Kriterien und Rahmenbedingungen, dargestellt.<sup>63</sup>

Dabei werden alle Betriebseinrichtungen mit ihren tatsächlichen Formen und Abmessungen und eine Fülle von kleinen Objekten wie Verteilerschränke, Abfallbehälter, Kästen, usw. mit ihrer exakten Positionierung berücksichtigt. Weiters müssen alle Verkehrswege und die Ver- und Entsorgung von Maschinen mit Energie und anderen Ressourcen bestimmt und eingezeichnet sein. Ziel der Feinplanung ist es die gewählte Real-Layout-Variante bis zur Ausführungsreife zu verfeinern. Dabei kann es je nach Komplexität des Planungsobjektes noch zu einem erheblichen Arbeits- und Zeitaufwand kommen.<sup>64</sup>

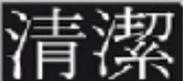
---

<sup>63</sup> vgl. Grundig, C.-G., (2004), S. 167

<sup>64</sup> vgl. Wiedentahl, H.-P.; Reichhardt, J.; Nyhuis, P., (2009), S.506f

## 2.5 5S Methode

5S ist ein einfaches, wenig pragmatisches Konzept um intelligenter und effizienter zu arbeiten, dessen Bekanntheitsgrad in den letzten Jahrzehnten auffällig gestiegen ist. Die Thematik bezieht sich auf Ordnung und Sauberkeit, welche oft als selbstverständlich hingenommen wird. Dennoch gibt es genau hier in vielen Unternehmen sehr großes Verbesserungspotential. Durch die Implementierung von 5S wird der Arbeitsplatz bzw. die Arbeitsumgebung so gestaltet, damit man sich optimal auf die wertschöpfenden Tätigkeiten konzentrieren kann. 5S steht dabei für die Anfangsbuchstaben der 5 Durchsetzungsphasen in japanischer Sprache und wird im deutschen Sprachgebrauch auch oft als 5A Methode bezeichnet, wie in Abb.: 2-19 ersichtlich.<sup>65 66</sup>

5S Japanisch	5S Deutsch	5A Deutsch
 <b>Seiri</b>	Sortieren	Aussortieren
 <b>Seiton</b>	Systematisieren	Anordnen
 <b>Seiso</b>	Sauberkeit	Arbeitsplatz säubern
 <b>Seiketsu</b>	Standardisieren	Anordnungen zur Regel machen
 <b>Shitsuke</b>	Selbstdisziplin	Alle Phasen erhalten und verbessern

2-19: 5S Umsetzungsphasen in Japanisch und Deutsch

<sup>65</sup> vgl. Kroslid, D, und Ohnesorge, D. (2014), S.1f

<sup>66</sup> vgl. Kamiske, G.-F.. (2013), S.661f

5S wird auch als die Gestaltung, Standardisierung und Organisation von Gegenständen beschrieben. Die 5S Methode gehört zu den wichtigsten Umsetzungsmethoden des Lean Managements, weshalb an dieser Stelle kurz auf dieses eingegangen wird.

### 2.5.1 Lean Management

Lean Management hat sich vom Begriff Lean Production weiterentwickelt, welcher, die von japanischen Automobilherstellern entwickelte Produktionsorganisation beschreibt. Die unter dem „Lean“ (übersetzt: „schlank“) Begriff, bzw. unter dem Namen „Toyota Production System“ (TPS) bekannt gewordenen Methoden stellen eine wichtige Basis für einen effizienten, modernen und konkurrenzfähigen Produktionsablauf dar und finden in nahezu allen Branchen Anwendung.<sup>67</sup>

Die Hauptziele der Produktion sind dabei:<sup>68</sup>

- Steigerung der Produktivität, durch Minimierung von Verschwendungen
- Hohe Produktqualität durch sichere Prozesse
- Hohe Flexibilität aufgrund reaktionsfähiger Mitarbeiter und Arbeitsplätze
- Maximale Förderung des Wissens einzelner Mitarbeiter und daraus resultierende Humanität

Das Lean Management generell, baut auf einem Bündel von Methoden, Maßnahmen und Prinzipien auf, wobei das Hauptaugenmerk auf Kundenbeziehungen und der Vermeidung von Verschwendungen gelegt wird. Abb.: 2-20 zeigt ein umsetzungsorientiertes „Lean Haus“, in dem die Hauptelemente des Lean Managements mit deren Konzepten und Werkzeugen abgebildet sind. Dabei wird zwischen Kernelementen, Hauptdimensionen und Werkzeugen unterschieden.<sup>69</sup>

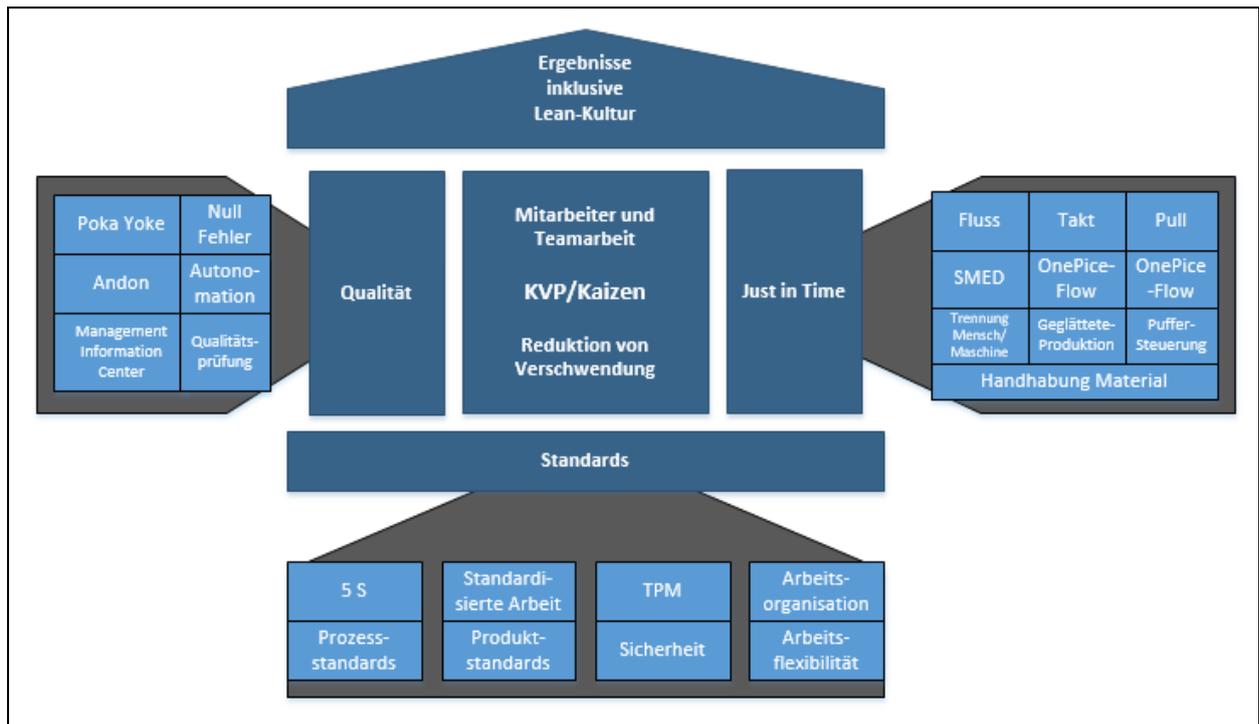
Das Erkennen von wertschöpfenden Tätigkeiten und die Vermeidung von Verschwendung sind zentrale Ansätze im Lean Management. Dabei wird als Verschwendung jede Tätigkeit, die keinen Wert aus Kundensicht erzeugt, aber Ressourcen verbraucht, definiert. Ein Wert aus Sicht des Kunden ist nur dann gegeben, wenn er bereit ist, für eine bestimmte Tätigkeit einen höheren Preis für das Produkt zu bezahlen.<sup>69</sup>

---

<sup>67</sup> vgl. Dickmann, P, (2008), S.6f

<sup>68</sup> vgl. Wiedentdahl, H., Reichhardt, J. und Nyhuis, P. (2009), S.90

<sup>69</sup> vgl. Kroslid, D, und Ohnesorge, D. (2014), S.8

2-20: Lean Haus<sup>70</sup>

Die erwähnte Verschwendung wird dabei in 8 Formen unterteilt:<sup>71</sup>

- **Überproduktion:** Aufbauen von Lagerbeständen, durch die Produktion ohne spezifische Kundenaufträge.
- **Unnötiger Transport:** Oft werden Halbfabrikate oder Materialien und Betriebsmittel über weitere Wege bzw. öfter als notwendig transportiert. Die Form der Verschwendung ist zwar gewissermaßen notwendig, kann aber auf ein Mindestmaß reduziert werden.
- **Wartezeit:** Warten ist eine sehr oft angetroffene Verschwendungsform. Diese bezieht sich nicht nur auf den Menschen, es können z.B. auch halb fertige Produkte warten müssen. Während der Wartezeit können meist keine wertschöpfenden Tätigkeiten am Produkt durchgeführt werden.
- **Falsche bzw. unnötige Prozesse:** Hier sind aufgrund verschiedenster Rahmenbedingungen komplizierte, unnötige und komplexe Prozesse, die für den Kunden keinen Mehrwert bringen, gemeint.

<sup>70</sup> Kroslied, D. und Ohnesorge, D. (2014), S.9

<sup>71</sup> vgl. Gorecki, P. & Pautsch, P. (2013), S.24f

- **Unnötige Bewegungen:** Oft müssen Arbeiter viele unnötige Bewegungen machen und unnötig weite Wege zurücklegen, um die Wertschöpfung voranzutreiben, was sich oft durch verbesserte Organisation verhindern lässt.
- **Defekte:** Diese Verschwendungsform behandelt die Herstellung defekter oder mangelhafter Teile. In diesem Fall ist die bis jetzt geleistete Wertschöpfung entweder teilweise (Nacharbeit) oder vollkommen (Ausschuss) verschwendet.
- **Überflüssige Bestände:** Überflüssige Bestände an Rohmaterialien, Halbfabrikaten und Fertigprodukten stellen eine weitere Form von Verschwendung dar.
- **Ungenutzte Kreativität der Mitarbeiter:** Werden die Mitarbeiter nicht in Verbesserungsprozesse einbezogen, verliert man dadurch Fähigkeiten, Ideen und Verbesserungspotentiale.

5S ist also ein Grundbaustein des Lean Managements und folgt dem Gedanken der Eliminierung bzw. Verringerung der erklärten Verschwendungsarten. Dies wird durch Standardisierung von Tätigkeiten und Abläufen direkt am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung erreicht.

### 2.5.2 Nutzen von 5S

Das Spektrum von Nutzen, welche eine Implementierung von 5S mit sich bringt ist sehr weitläufig. Der Hauptnutzen, der sich bei der Einführung ergibt, sind organisierte und saubere Arbeitsplätze, an denen alle Werkzeuge und Materialien einen definierten und gekennzeichneten Platz haben. Weiters steigt nachweislich die Effektivität und Effizienz, da die Mitarbeiter selbst einbezogen werden und ihre Arbeitssituation positiv beeinflussen können. Die Erfolge nach einer erfolgreichen Umsetzung von 5S können in direkte und indirekte Nutzen eingeteilt werden.<sup>72</sup>

#### **Direkter Nutzen (sichtbar):**<sup>73</sup>

- Standardisierung und Ordnung am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung
- Transparenz und Übersicht
- Größeres Platzangebot
- Das gesamte Erscheinungsbild für Außenstehende wird verbessert
- Bewussterer Umgang mit Maschinen, Werkzeugen und Gegenständen
- Erhöhte Effizienz und Motivation

<sup>72</sup> vgl. Kamiske, G.-F.. (2013), S.661f

<sup>73</sup> vgl. Kroslid, D, und Ohnesorge, D. (2014), S.11

---

**Indirekter Nutzen (nicht direkt sichtbar):**<sup>92</sup>

- Klare Strukturen
- Komplexität wird geringer
- Verantwortungsbereiche werden geschaffen
- Kosten und Fehler werden gesenkt
- Motivation und Teamgedanken werden gesteigert
- Vereinbarte Standards und Regeln sind im Bewusstsein der Mitarbeiter verankert
- Anzahl von Maschinenstörungen sinkt

**2.5.3 5S Umsetzungsmöglichkeiten**

5S kann abhängig von den organisatorischen Möglichkeiten des jeweiligen Unternehmens auf drei verschiedene Arten implementiert werden.<sup>74 75</sup>

**Intensive Umsetzung**

Wählt man diese kompakte Umsetzung, werden die ersten vier der fünf Umsetzungsphasen in drei bis fünf Tagen durchgeführt. Dazu ist es notwendig, dass während dieser Zeit alle betroffenen Mitarbeiter mitwirken können und die Abläufe von einem erfahrenen 5S Koordinator begleitet und überwacht werden. Bei dieser Umsetzungsmethode besteht allerdings die Gefahr, dass die Implementierung in so einem engen Zeitfenster nicht möglich ist und die Verbesserungen nach der Einführung wenig spürbar und nachhaltig sind.

**Gestaffelte Umsetzung**

Für diese Umsetzungsmöglichkeit benötigt man für die Einführung von 5S einen Zeitraum von fünf bis zehn Wochen. Nach der anfänglichen Kommunikation von 5S wird jede der fünf Phasen in einer bis zwei Wochen vorgestellt und praktisch umgesetzt. So haben die Mitarbeiter mehr Zeit, um die Inhalte der verschiedenen Phasen besser zu verstehen. Ein großer Vorteil dieser Umsetzungsmöglichkeit ergibt sich daraus, dass mehrere Arbeitsbereiche parallel 5S implementieren können und die Einführung neben dem Tagesgeschäft erfolgen kann.

---

<sup>74</sup> vgl. Kroslid, D, und Ohnesorge, D. (2014), S.22ff

<sup>75</sup> vgl. Kamiske, G.-F.. (2013), S.664f

---

## **Organisatorische Umsetzung**

Bei dieser Möglichkeit wird 5S über mehrere Monate hinweg eingeführt, was zwar sehr zeitintensiv ist, aber auch den Vorteil einer langsam aber stetig wachsenden 5S Kultur mit sich bringen kann. Der größte Nachteil dieser Umsetzungsmöglichkeit ist die Gefahr, dass man über den langen Zeitraum das eigentliche Ziel aus den Augen verliert und die Aktivitäten noch weiter verzögert oder überhaupt abgebrochen werden.

In den meisten Fällen wird 5S gestaffelt oder kompakt implementiert, weil diese Arten der Einführung die Möglichkeit einer zeitnahen Umsetzung bieten und die Abbruchwahrscheinlichkeit geringer ist.<sup>74</sup>

### **2.5.4 Vorbereitungsphase**

Vor der praktischen Umsetzung der fünf Phasen, welche anschließend erklärt werden, müssen noch wichtige vorbereitende Tätigkeiten in der sogenannten Vorbereitungsphase von 5S durchgeführt werden. Dabei ist es wichtig, das Unternehmen in Arbeitsbereiche aufzuteilen und festzulegen wo 5S genau eingeführt werden soll. Dies sollte unterstützend in einer isometrischen Zeichnung gekennzeichnet sein, damit die Grenzen der 5S Bereiche genau sichtbar und festgelegt sind. Als nächster Schritt wird die Umsetzungsart bestimmt und ein genauer Zeitplan, für die Durchführung der fünf Phasen, erstellt. Anschließend erfolgt die Einteilung der verschiedenen 5S Funktionen und Definition der jeweiligen Aufgaben. Dabei gibt es im Wesentlichen fünf Funktionen, deren Besetzung äußerst wichtig ist für die erfolgreiche Durchführung von 5S.<sup>76</sup>

### **Der Auftraggeber**

Diese Rolle übernimmt in kleineren Unternehmen meist der Geschäftsführer, er entscheidet über Umsetzungsart, Budget und Zeitplan. Wichtig ist, dass der Auftraggeber aufrichtig hinter der Einführung von 5S steht und während der Umsetzungsphase und den Informationsveranstaltungen anwesend ist, um den Mitarbeitern die Wichtigkeit der Einführung zu verdeutlichen.

---

<sup>76</sup> vgl. Kroslid, D, und Ohnesorge, D. (2014), S.68ff

### **Der Koordinator**

Eine weitere essentielle Rolle bei der Einführung von 5S spielt der 5S Koordinator, der die gesamte Einführung begleitet und steuert.

Die Aufgaben des Koordinators sind relativ weitschichtig. So ist er für die Erstellung von Einführungsplänen und der Kommunikation bzw. Schulung von 5S verantwortlich. Weiters zählen die Beratung der Führungskräfte, sowie die Koordination der verschiedenen Maßnahmen ebenso zu seinen Aufgaben.

### **Der Berater**

Bei einem 5S Pilotprojekt wird oft ein externer Berater hinzugezogen, da das konkrete Wissen der Materie meist noch nicht oder unzureichend vorhanden ist. Der Berater nimmt eine unterstützende Tätigkeit ein, ist aber vor allem in der Anfangsphase aktiv mitwirkend.

### **Die Arbeitsbereichsführungskraft**

Um die erfolgreiche Integration von 5S in den täglichen Produktionsablauf zu gewährleisten, ist es wichtig die Linienführungskräfte aktiv einzubinden. Sie haben die Aufgabe, alle involvierten Mitarbeiter im Bezug auf 5S zu koordinieren, motivieren und kontrollieren.

### **Der Mitarbeiter**

Die wichtigste Rolle bei einer erfolgreichen Einführung von 5S nehmen die Mitarbeiter ein. Sie müssen aktiv in alle Phasen von 5S involviert werden, damit ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess entstehen kann.

Der letzte, aber sehr wichtige Schritt in der Vorbereitungsphase von 5S, ist die Kommunikation der geplanten Maßnahmen in den betroffenen Bereichen. Die wird oft in Form einer Informationsveranstaltung für die Mitarbeiter durchgeführt. Nach Abschluss der Vorbereitungsphase kann mit der Durchführung der fünf Phasen begonnen werden.<sup>76</sup>

## 2.5.5 5S Umsetzungsphasen

Bei der erfolgreichen Implementierung von 5S müssen, wie bereits in der Einleitung in die Thematik beschrieben, fünf Phasen durchlaufen werden, auf welche folgend näher eingegangen wird:<sup>77 78</sup>

### ***Seiri (Aussortieren)***

In dieser ersten Phase werden alle Gegenstände im jeweiligen Arbeitsbereich der Frage unterworfen, ob sie regelmäßig an diesem Arbeitsplatz benutzt werden. Jene Gegenstände, die regelmäßig benötigt werden, verbleiben am Arbeitsplatz. Müll und Wertloses wird direkt entsorgt. Gegenstände, welche zwar nicht regelmäßig benutzt werden, aber einen Wert haben, kommen in einen sogenannten Quarantänebereich. Über das Schicksal der Gegenstände im Quarantänebereich entscheidet später eine befugte Person. Es wird also der gesamte Arbeitsbereich sortiert, mit dem Ziel, dass nur Gegenstände zurückbleiben, welche auch regelmäßig Verwendung finden. Diese erste Phase von 5S ist relativ einfach durchführbar und bringt vor allem schnell sichtbare Erfolge.

### ***Seitien (Anordnen)***

Hier werden nun alle Gegenstände, die im Arbeitsbereich verbleiben, geordnet. Dabei erhalten diese einen markierten und definierten Platz. Die Anordnung erfolgt dabei nach der Häufigkeit der Verwendung und nach ergonomischen bzw. arbeitsflusstechnischen Gesichtspunkten. Das Hauptziel dieser zweiten Phase von 5S ist es eine Struktur und ein System im jeweiligen Arbeitsbereich zu schaffen, welche es ermöglichen Gegenstände schneller zu finden. Dabei wird der Aufbewahrungsort so gekennzeichnet und markiert sein, dass auch ein Mitarbeiter, der nur selten in diesem Bereich tätig ist, die zur Durchführung der Arbeitsaufgabe notwendigen Gegenstände schnell findet. Durch verschiedene Visualisierungsarten (Schattentafeln, Lochplatte usw.) können Abweichungen vom Sollzustand schnell erkannt und beseitigt werden. Nach Abschluss dieser Phase sollen auch alle fehlenden Hilfsmittel, welche noch benötigt werden, bestellt sein.

---

<sup>77</sup> vgl. Wagner, K.-W., Lindner, A.-M. (2013), S.231ff

<sup>78</sup> vgl. Kamiske, G.-F.. (2013), S.663f

***Seiso (Arbeitsplatz säubern)***

In der dritten Phase wird der gesamte Arbeitsplatz und die dazugehörige Arbeitsumgebung grundlegend gesäubert. Parallel dazu sollten Auslöser für die Verschmutzung in diesem Arbeitsbereich identifiziert und, wenn möglich, beseitigt werden. Bei der Säuberung von Maschinen geht eine Kontrolle auf etwaigen Wartungsbedarf einher, um spätere Maschinenausfälle zu vermeiden. Den Abschluss dieser Phase bildet eine Reparatur aller schadhafte Maschinen, Gegenstände und Einrichtungen und, wenn nötig, die Definition von Reinigungsverantwortlichkeiten.

***Seiketsu (Anordnungen zur Regel machen)***

Diese Phase dient vor allem dazu, das erreichte Niveau, welches aus der Durchführung der ersten 3 Phasen entstanden ist, zu sichern. Um dies zu erreichen, werden Richtlinien und Regeln für Ordnung und Sauberkeit erarbeitet und visualisiert. Meist wird das mit sogenannten One-Page-Standards verwirklicht. Diese Standards enthalten in kompakter Form die Standards und Regeln für Sauberkeit und Ordnung. Meist bestehen diese aus einer Kombination von Bildern und kurzem, aussagekräftigem Text auf einer A4 oder A3 Seite. Wichtig ist, dass diese One-Page-Standards direkt am Ort, den sie betreffen, sichtbar ausgehängt bzw. angebracht werden. Zusätzlich sind oft optische Hilfsmittel wie Bodenmarkierungen und Schilder für die Einhaltung dieser Standards von Vorteil. Weiters ist es noch wichtig, dass es für alle diese Standards klar definierte Verantwortungen gibt.

***Shitsuke (Alle Phasen erhalten und verbessern)***

An dieser Stelle wird vor allem das erarbeitete Niveau von Ordnung und Sauberkeit mit einem Bewertungsbogen, auditiert und überprüft. Dabei werden alle Maßnahmen der vorhergehenden Phasen mit einem Schulnotensystem bewertet. Falls das Ergebnis nicht zufriedenstellend ist, müssen einzelne 5S Phasen gegebenenfalls wiederholt werden. Speziell kurz nach der Implementierung von 5S sind diese Audits regelmäßig durchzuführen. Um die Nachhaltigkeit von 5S sicherzustellen ist es wichtig, dass die Ergebnisse der Audits zusätzlich in 5S Runden kommuniziert und diskutiert werden. Weiters sollte in dieser Phase ein Verbesserungsmanagement eingeführt werden, das eine Realisierung von Verbesserungsvorschlägen ermöglicht. Ziel dieser letzten Phase sollte es sein, das entstandene 5S Niveau ständig zu verbessern bzw. zumindest zu halten. Zum Abschluss der erfolgreichen Implementierung von 5S kann noch ein 5S Diplom ausgestellt werden, um die Motivation der Mitarbeiter zu steigern.

Wird das vorgestellte 5S Konzept nachhaltig in die tägliche Arbeit integriert, werden Voraussetzungen für Qualität, Effizienz, Sicherheit und Ordnung geschaffen. Zusätzlich kann die erfolgreiche Implementierung auch als erster Schritt am Weg in Richtung Lean Management gesehen werden.

### 3 Praxisbetrachtung

In diesem Kapitel der vorliegenden Masterarbeit wurden die im Kapitel 2 erläuterten theoretischen Hintergründe auf die vorliegende praktische Problemstellung in der Medienfabrik Graz angewendet. Zu Beginn werden die vorliegenden Probleme bzw. Diskrepanzen und die daraus abgeleiteten Ziele und Aufgabenstellungen, welche zur Durchführung einer solchen Arbeit anregen, in einer Problemstrukturierung nochmals genau beleuchtet. Dieser Schritt stellt gleichzeitig auch den Beginn der Materialflussanalyse dar und dient als Grundlage für alle weiteren Betrachtungen. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird erklärt, wie die verschiedenen qualitativen und quantitativen Materialflussdaten generiert wurden. Die zum Verständnis dieser Daten nötigen Hintergrundinformationen über die verschiedenen Arbeitsabläufe und Produktionsmittel wurden bereits im Kapitel 1 beschrieben. Danach werden diese Daten auf verschiedene Weisen visualisiert und dargestellt, um schließlich unter Beachtung verschiedener Restriktionen mit der Anordnungsoptimierung der Betriebsmittel zu beginnen. Welche Restriktionen das sind und wie schließlich die Anordnung der Betriebsmittel optimiert wird und man daraus ein Ideallayout ableitet, wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels erklärt. Weiters wird darauf eingegangen, welche Groblayoutvarianten sich aus den bisherigen Erkenntnissen ableiten lassen und wie aus dieser Vielzahl von Varianten, unter Beachtung verschiedenster Kriterien, schließlich die für die Anforderungen der Endfertigung der Medienfabrik Graz am besten passende Variante erarbeitet wird.

Zum Abschluss dieses ersten Teils der Praxisbetrachtung werden noch kurz die Umsetzung der gewählten Variante sowie die Verbesserungen im Vergleich zur Ausgangssituation erläutert.

Im zweiten Teil dieses Kapitels wird schließlich noch das genaue Konzept, nach welchem 5 S in der Endfertigung der Medienfabrik Graz implementiert werden soll, vorgestellt.

#### 3.1 Problemstrukturierung

Um den stets steigenden Kundenanforderungen gerecht werden zu können, wurde in der Medienfabrik Graz in den letzten Jahren stets in neue Produktionseinheiten und Innovationen investiert. Daraus resultiert vor allem im Bereich der Endfertigung eine gewisse räumliche Enge. Auch wurden die neu angeschafften Betriebsmittel und Produktionseinheiten aufgrund von Zeit- und Platzmangel meist nicht materialflusstechnisch günstig aufgestellt. Zusätzlich ist eine weitere Vergrößerung des Maschinenparks der Endfertigung geplant, was aufgrund der vorherrschenden Platzsituation aber ein-

fach nicht realisierbar ist. Auch die bisherige Situation der fertigungsbedingten Lagerung von Zwischenprodukten stellt sich aufgrund des Platzmangels als schwierig dar.

Um das Platzproblem besser in den Griff zu bekommen, steht in der Zukunft ein kleiner Raum, welcher aber materialflusstechnisch sehr ungünstig liegt, der Endfertigung als Kapazität zur Verfügung.

Aus diesen verschiedenen Restriktionen und Rahmenbedingungen lassen sich vorab bereits einige Problemstellungen und Schwachstellen erkennen, aus denen Ziele abgeleitet werden können, die im Zuge dieser Arbeit erreicht werden sollen und auf welche an dieser Stelle näher eingegangen wird.

### **3.1.1 Fertigungsbedingte Zwischenlagerung**

Vorab ist an hier zu erwähnen, dass die Medienfabrik Graz nur auftragsbezogen und nicht auf Lager produziert. Es ergeben sich aber trotzdem fertigungsbedingte Zwischenlagerungszeiten aus denen vorzusehende Pufferflächen vor den Produktionseinheiten abzuleiten sind. Diese Zeiten ergeben sich hauptsächlich daraus, dass die bedruckten Papierbögen trocknen müssen, bevor sie weiterbearbeitet werden können. Weiters resultieren Wartezeiten aus der abweichende Dauer der unterschiedlichen Arbeitsschritte. Aufgrund der Komplexität der Produkte ergeben sich auch öfters ungeplante Stillstände und längere Bearbeitungszeiten, die sich wiederum mit der Anhäufung von Zwischenprodukten vor der jeweiligen Produktionseinheit niederschlagen.

Ein großes Problem der bisherigen Maschinenanordnung ist es, dass Pufferflächen vor den Betriebsmitteln kaum oder gar nicht berücksichtigt sind, was dazu führt, dass die verschiedenen Zwischenprodukte in der ganzen Halle verteilt, wo gerade Platz ist, abgestellt werden. Zum Einen macht das ein sehr unschönes und unstrukturiertes Bild für Außenstehende und Kunden, zum Anderen müssen die jeweiligen Zwischenprodukte von den Bedienern der nachgelagerten Produktionseinheit vor Arbeitsbeginn gesucht und herangeschafft werden, was sich sehr negativ auf den Materialfluss und die Durchlaufzeit auswirkt.

Höchst unbefriedigend ist die Situation hinter den Druckmaschinen, wo alle, auf Paletten abgelegten, frischen Produkte von den Druckern auf einen großen Lagerplatz (siehe Abb.: 3-1), in Form einer Blocklagerung abgestellt werden. Bis zu 110 Paletten sind hier abgestellt. Diese große Zahl resultiert daraus, dass in drei Schichten gedruckt wird und die Mitarbeiter der Endfertigung nur zweischichtig arbeiten. Weiters werden auch alle Arbeiten, die fremdvergeben werden, hier abgestellt. Die Mitarbeiter der Endfertigung bzw. des Expedits müssen also die Produkte, die sie gerade benötigen zuerst hier suchen und holen. Resultierend aus dieser Lagerart passiert es auch oft, dass einige

Paletten verschoben werden müssen, um das jeweilige Produkt zu erreichen. Gäbe es aber genug Pufferplatz vor den nachgelagerten Fertigungseinheiten, könnten die Drucker die Paletten gleich dort hinstellen, was für die Mitarbeiter der Endfertigung eine extreme Zeitersparnis bedeutet und die Druckzeit nicht entscheidend verlängern würde.



**3-1: Zwischenlagerplatz im Offsetdrucksaal**

Es ist also ein wichtiges Ziel der vorliegenden Masterarbeit, die GröÙer der Puffer, welche vor den Produktionseinheiten vorzusehen sind, um ein durchgängiges „Push System“ in der Produktion der Medienfabrik Graz implementieren zu können, zu berechnen. Unter dem Begriff „Push System“ versteht man, dass die Zwischenprodukte, welche bei einer bestimmten Produktionseinheit produziert werden, direkt auf einen dafür vorgesehenen Platz beim nachgelagerten Fertigungsprozess gebracht werden und das vom ersten bis zum letzten Fertigungsschritt. Im Zuge dessen soll auch der erwähnte große Puffer hinter den Druckmaschinen aufgelöst werden.

### **3.1.2 Zusätzliche Erweiterung der Produktion**

Der Maschinenpark der Endfertigung sollte im Zuge der materialflussgerechten Maschinenanordnung um weitere zwei Produktionseinheiten erweitert werden. Dabei handelt es sich um eine Zusammentragmaschine (Abb.: 3-2), welche, den vorgelagerten Arbeitsschritt des Klebebindens, der bis dato händisch erledigt wird, erleichtern soll. Die zweite Maschine, welche neu angeschafft wird, ist ein Laminator (Abb.: 3-3), mit dem es möglich ist, verschiedenste Kunststoffkarten (z.B. Kundenkarten) herzustellen.

Das Problem, welches sich hier ergibt, ist, dass diese Maschinen bei der vorliegenden Platzsituation nicht aufgestellt werden können. Ziel für diese Arbeit ist es Platz für diese Betriebsmittel zu generieren und sie günstig in das Materialflusskonzept einzubinden.



**3-2: Zusammentragmaschine**



**3-3: Laminator**

### 3.1.3 Hohe Durchlaufzeiten

Ein weiteres wichtiges Ziel sollte es sein, die hohe vorliegende Materialflussintensität zu verringern. Diese ergibt sich Großteils aus der zuvor im Punkt 3.1.1 beschriebenen Situation, aber auch aus der vorliegenden Maschinenanordnung, in welcher materialflusstechnische Aspekte, aufgrund von Zeit- und Platzmangel meist nicht berücksichtigt wurden. Im Zuge der Arbeit sollte die Materialflussintensität der vorherrschenden Situation berechnet werden. Anschließend besteht die Aufgabe darin, unter Beachtung aller relevanten Rahmenbedingungen, diese Materialflussintensität durch eine optimierte, materialflussgerechte Maschinenanordnung zu minimieren.

### 3.1.4 Neue Raumkapazität

Im Zuge einer Umstrukturierung wurde eine kleine Räumlichkeit (Abb.: 3-23) frei, welche in Zukunft für die Endfertigung genutzt werden kann, um die in 3.1.2 beschriebene Produktionserweiterung bewerkstelligen zu können. Die Lage dieser Räumlichkeit ist aber materialflusstechnisch äußerst schlecht. Die Aufgabe besteht nun darin, diese zusätzliche räumliche Kapazität in das ausgearbeitete Materialflusskonzept mit einzubeziehen und zu entscheiden, welche der Produktionseinheiten in diese ausgelagert werden sollen.

### 3.1.5 Schlechtes Bild für Kunden und Außenstehende

Die Medienfabrik Graz ist Mitglied der Erlebniswelt Wirtschaft. Das heißt, dass jeder, der Interesse hat, das Unternehmen besichtigen kann und ständig Führungen durch das Werk abgehalten werden. Auch Kunden sind öfters in den Produktionshallen anzutreffen, da sie die Möglichkeit haben ein neues Produkt direkt vor Ort zu begutachten, ob es auch ihren Vorstellungen entspricht, oder noch etwas verändert werden soll. Aus der vorherrschenden Materialflusssituation und dem akuten Platzmangel hat sich aber ein sehr unstrukturiertes und unordentliches Bild (Abb.: 3-5) vor allem im Bereich der Endfertigung entwickelt. Eine weitere wichtige Aufgabe ist es dieses Erscheinungsbild zu verbessern. Das ergibt sich zum Teil bereits durch die Einführung eines durchgängigen „Push Systems“, in welchem fixe Plätze für Zwischenprodukte eingeplant sind. Weil sich aber das vorherrschende Bild auch aufgrund fehlender Verantwortungen und Standards am Arbeitsplatz (Abb.: 3-4) bzw. in den Arbeitsbereichen so negativ entwickelt hat, wird ein 5S Konzept für die Endfertigung in diesem Kapitel erarbeitet, um die Situation wirklich signifikant zu verbessern. Dieses Konzept soll auch Aspekte wie Verkürzung der Durchlaufzeit und Steigerung der Effizienz zusätzlich positiv beeinflussen.



3-4: Arbeitsplatzsituation



3-5: Zwischenlagerungssituation

## 3.2 Organisation der Materialflussuntersuchung

Wie bereits im theoretischen Teil erwähnt wurde, ist es wichtig bei Materialflussuntersuchungen systematisch vorzugehen, und den genauen Arbeitsablauf in einer Vorbereitungsphase festzulegen. Der erste wichtige Schritt ist, aus vorliegenden Problemen Ziele und schließlich Aufgabenstellungen abzuleiten, was bereits im Punkt 3.1 weitgehend gemacht wurde. Aus diesen globalen Aufgabenstellungen lassen sich nun folgende Teilaufgaben für die Materialflussanalyse ableiten:

- Analyse der Istsituation und Materialflussdatenerhebung
- Darstellung der Istsituation in einem isometrischen Layout
- Darstellung der Materialflusszusammenhänge
- Berechnung der vorliegenden Transportintensität
- Berechnung der nötigen Pufferflächen der Produktionseinheiten
- Schwachstellenanalyse
- Anordnungsoptimierung der bestehenden Betriebsmittel mittels geeigneten Verfahren
- Berücksichtigung der neuen Produktionseinheiten und materialflusstechnisch günstige Einbettung in das zukünftige Layout
- Erstellen eines Ideallayouts
- Erstellen von Reallayoutvarianten unter Berücksichtigung der neuen räumlichen Kapazität und aller anderen vorliegenden Restriktionen
- Sichtung und Bewertung dieser Varianten nach unterschiedlichen relevanten Kriterien, um jene, welche den Anforderungen am besten entspricht auswählen zu können
- Erstellen eines Detaillayouts
- Praktische Umsetzung des Detaillayouts in der Medienfabrik Graz
- Erstellen eines Konzeptes, um 5S in der Endfertigung zu implementieren
- Einführung von 5S in der Endfertigung

Die letzten beiden hier angeführten Teilaufgaben sind zwar nicht mehr Teil der Materialflussuntersuchung, werden an dieser Stelle der Vollständigkeit halber trotzdem angeführt.

Der nächste Schritt war es, einen Meilensteinplan für diese Teilaufgabenliste zu erstellen und den Informationsfluss abzuklären. Um das Projekt anzukündigen bzw. vorzustellen, wurde eine kurze Einführungspräsentation abgehalten. Damit alle Beteiligten laufend über den derzeitigen Stand des Projektes informiert waren, hat man sich dazu entschlossen, alle zwei Wochen einen Besprechungstermin zu fixieren. Bei diesen Be-

sprechungsterminen waren neben dem Verfasser dieser Arbeit und dem Geschäftsführer der Medienfabrik Graz auch der Produktionsleiter, der Leiter der Endfertigung sowie der Logistikbeauftragte der Medienfabrik Graz anwesend. Nach Abschluss dieser Vorbereitungsphase konnte mit der Analyse der Materialflussbeziehungen bzw. der Ist-Datenaufnahme begonnen werden.

### 3.3 Analyse der Materialflussbeziehungen und Datenaufnahme

Die qualitativen Materialflussbeziehungen der einzelnen Produktionseinheiten innerhalb der Endfertigung sowie alle abteilungsübergreifenden Beziehungen konnten durch Befragungen und Beobachtungen relativ schnell ausgeforscht werden. Aus diesen war es dann möglich, eine Adjazenzmatrix sowie ein maßstäbliches Materialflussbild abzuleiten, auf welches im Abschnitt 3.4 genauer eingegangen wird. Die tatsächliche Anzahl der Transporte zwischen den Produktionseinheiten in der Endfertigung zu ermitteln, stellte sich als relativ schwierig heraus, da auf den jeweiligen verwendeten Transporteinheiten stets unterschiedliche Stückzahlen transportiert werden und man deshalb aus der Gesamtstückzahl nicht auf die Anzahl der Transporte schließen kann. Folgende Gründe sind für diese, für die Datenaufnahme ungünstige Tatsache verantwortlich:

- Unterschiedlich hohe Produktauflagen
- Unterschiedliches Material (dünnes Papier versus Karton)
- Hohe Produktpalette (Visitenkarte versus A3 Broschüre)

Die angesprochenen Transporteinheiten sind dabei meist Paletten mit den Abmessungen 70cm x 100cm. Bei gefalzten Zwischenprodukten, die am Sammelhefter weiterverarbeitet werden, kommen zusätzlich „Pöcke“ (Abb.: 3-6) und Wagen (Abb.: 3-7) zum Einsatz, da diese bei der Weiterverarbeitung eine ergonomischere Arbeitsweise zulassen. Als Transportmittel werden entweder manuelle oder elektrische Hubwagen verwendet.



3-6: "Pöcke"

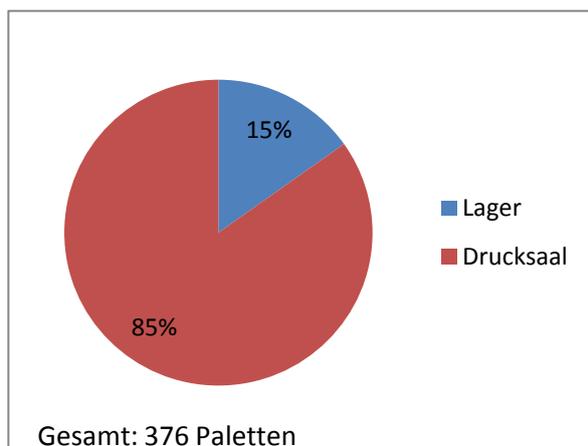


3-7: Wagen

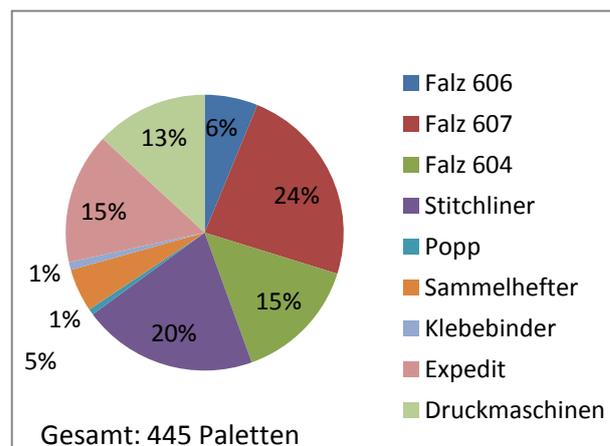
Da man, wie angekündigt aus den produzierten Stückzahlen nicht auf die Anzahl der Transporte zwischen den Produktionsmitteln schließen kann, war eine Sekundärdatenermittlung im vorliegenden Fall nicht möglich. Auch in vorgefertigten Materialflussbögen sind nicht alle nötigen Anforderungen erfüllt, deshalb wurde der Materialfluss mit eigens dafür erstellten Input-Output-Formularen (siehe Abb.: 3-8) untersucht. Diese Formulare füllten die Bediener der jeweiligen Produktionseinheit über einen Zeitraum von sechs Wochen aus und wurden anschließend vom Endfertigungsleiter auf Plausibilität kontrolliert. Dabei hat man jeden Tag die Anzahl an Inputs sowie Outputs der jeweiligen Produktionseinheit eingetragen und zusätzlich wurde die Art der verwendeten Transporteinheit berücksichtigt. Beim Output hat man dabei ergänzend erfasst, welche die nachgelagerte Produktionseinheit ist. Das Ergebnis dieser Analyse war die Anzahl der Inputtransporte sowie die der Outputtransporte im Beobachtungszeitraum jeder Produktionseinheit sowie die Aufteilung dieser. Abb.: 3-9 und Abb.: 3-10 veranschaulichen das beispielhaft anhand der Produktionseinheit SM 1. Die dabei abweichende Anzahl von eingehenden und ausgehenden Paletten resultiert daraus, dass die Zwischenprodukte teilweise nach dem Schneiden auf mehrere Paletten aufgeteilt werden.

Input-Output-Analyse: Falzmaschine 607										
Datum	Schicht	Eingang	Ausgang						Unterschrift	
		Palette	Sammelhefter			Klebebinder				Expedit
			Pock	Palette	Wagen	Pock	Palette	Wagen		
	VM									
	NM									
	VM									
	NM									
	VM									

3-8: Input-Output-Formular\_Falz 607



3-9: Input SM 1

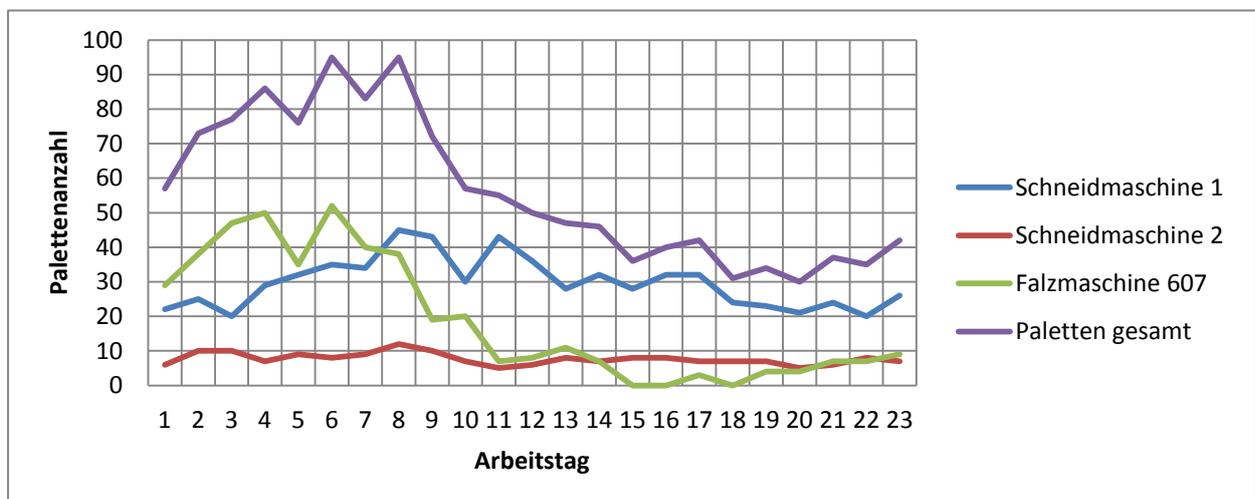


3-10: Output SM 1

Darüber hinaus wurde täglich vom Endfertigungsleiter eine Palettenbestandsaufnahme des zuvor beschriebenen großen Puffers hinter den Druckmaschinen durchgeführt. Im Zuge dessen war es möglich zum Einen die Anzahl der Paletten mit für die Endfertigung relevanten Produkten, zu eruieren und zum Anderen auch die jeweils nachgelagerte Produktionseinheit zu bestimmen. Dabei zeigten sich grundsätzlich drei Möglichkeiten:

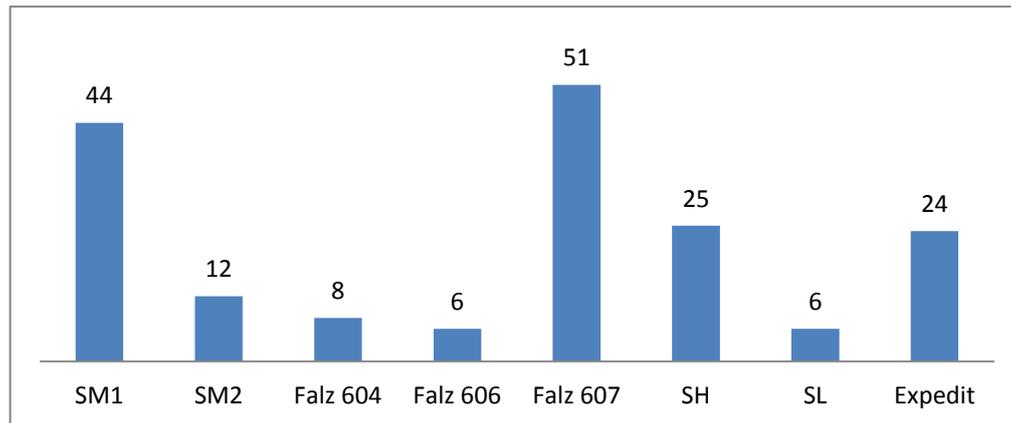
- 1) Weiterverarbeitung SM1
- 2) Weiterverarbeitung SM2
- 3) Weiterverarbeitung Falz 607

Wie genau sich die Gesamtanzahl und die Aufteilung dieser Paletten in einem Zeitraum von fünf Wochen veränderte, sieht man in Abb.: 3-11.



3-11: Verteilung und Anzahl der Produkte des großen Puffers

Aus diesen Daten konnte unter Berücksichtigung des Anfangsbestandes der Größenverlauf des vorzusehenden Puffers vor den Maschinen ermittelt werden. Mit einem abgesprochenem Zuschlag von 10 %, aufgrund von Produktionsschwankungen, auf den höchsten berechneten Pufferwert während des Beobachtungszeitraumes konnten nun die im neuen Layout vorzusehenden Pufferflächen (Abb.: 3-12) für Zwischenprodukte ermittelt werden. Nach Diskussion und Rücksprache dieser Daten wurde der Pufferplatz für die Falzmaschine 607 von 51 auf 35 Palettenabstellplätze reduziert, da die enorme Palettenanzahl auf ein Spezialprodukt zurückzuführen ist, welches im Beobachtungszeitraum gefertigt wurde. Im Regelfall werden diese Kapazitäten aber nicht benötigt. Um trotzdem auch solchen Rahmenbedingungen gewachsen zu sein, sollte aber im Drucksaal ein kleiner Reservepuffer mit 20 Stellplätzen vorgesehen werden.



**3-12: Einzuplanende Palettenabstellplätze für Zwischenprodukte**

Zusätzlich war es möglich aus den gewonnenen Daten die Anzahl der Transporte zwischen den Betriebsmitteln in diesem Zeitraum zu berechnen, und somit den Materialfluss zu quantifizieren.

Als nächstes galt es die Aussagefähigkeit dieser Daten zu prüfen. Dies geschah Einerseits durch Befragungen und Andererseits durch Vergleich mit der Anzahl der gesamten monatlich bedruckten Bögen. Diese korreliert grundsätzlich mit der Materialflussintensität. Das Ergebnis der Befragungen war, dass sich der Beobachtungszeitraum als materialflussintensiver und repräsentativer Zeitraum darstellte. Auch die Anzahl der insgesamt gedruckten Bögen lag in diesem Zeitraum leicht über dem Durchschnitt, was diese Aussagen bestätigte. Im nächsten Schritt wurden nun diese gewonnenen Daten durch verschiedene Methoden dargestellt.

### 3.4 Darstellung des Materialflusses

Die gewonnenen Materialflussdaten können durch verschiedene Methoden dargestellt werden. Diese Veranschaulichung dient dazu, sich einen schnellen Überblick über den vorherrschenden Materialfluss verschaffen zu können. Weiters stellen diese Veranschaulichungsmöglichkeiten gleichzeitig die Grundlage für die anschließende Reihenfolgeoptimierung bzw. Materialflussintensitätsminderung dar.

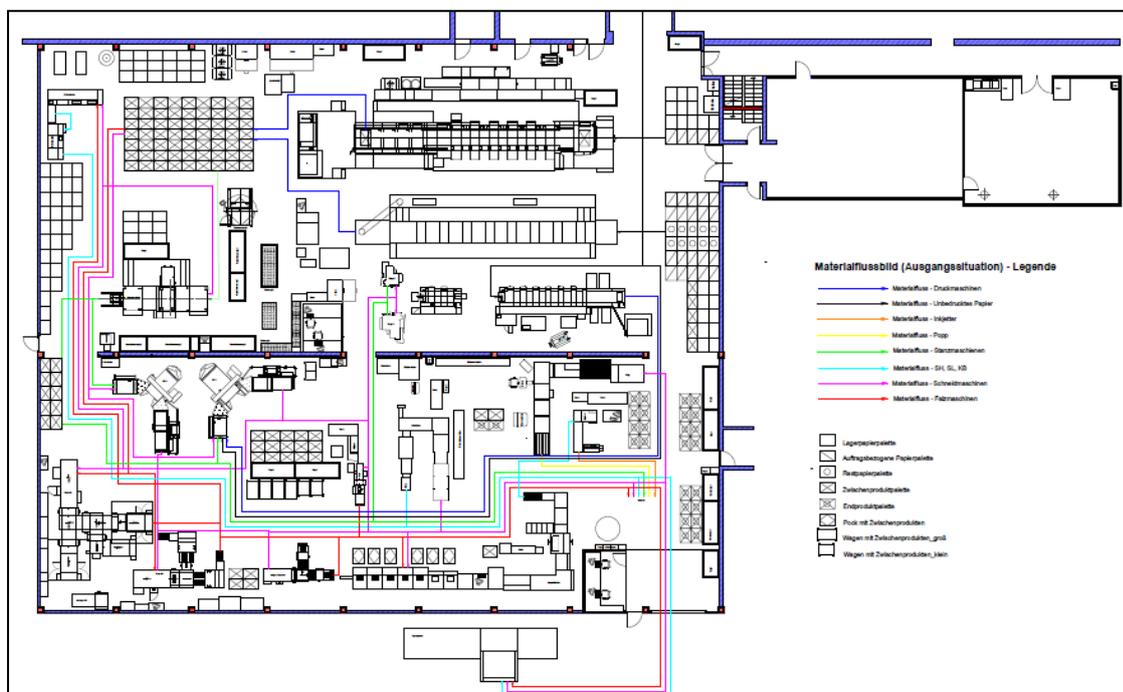
#### 3.4.1 Maßstäbliches Materialflussbild

Bevor es möglich war ein maßstäbliches Materialflussbild anzufertigen, musste ein maßstäbliches Layout der vorliegenden Situation angefertigt werden. Es stand zwar eine isometrische Zeichnung mit den räumlichen Gegebenheiten zur Verfügung, die

meisten Betriebsmittel waren aber darin nicht eingezeichnet, mussten daher zuvor vermessen und gezeichnet werden. Zur Darstellung verwendete man das Programm AutoCAD 2015, da es ideal für die Erstellung von Grundrissen und Layouts geeignet ist.

Ein vereinfachtes Layout der Ausgangssituation von Endfertigung bzw. Offsetdrucksaal ist im Abschnitt 3.5 (mit eingezeichneten Schwachstellen) ersichtlich. Das genaue Layout ist dem Anhang zu entnehmen. Mit Hilfe dieses Layouts war es möglich ein isometrisches Materialflussbild (Abb.: 3-13) anzufertigen, aus welchem die verschiedenen Materialflussbeziehungen in der Endfertigung abgelesen werden können. Da im Laufe der durchgeführten Arbeiten immer klarer wurde, dass die Abteilungen Endfertigung und Offsetdruck sehr eng miteinander verzweigt sind, hat man sich dazu entschieden, hier auch die qualitativen Materialflüsse des Offsetdrucks zu berücksichtigen. Bei der Datenaufnahme wurden diese nicht berücksichtigt, weil sich die Aufgabenstellung der Materialflussanalyse klar auf den Bereich der Endfertigung beschränkt war und aus Kostengründen nie zur Debatte stand, eine der Offsetdruckmaschinen bzw. die Stanzmaschine neu anzuordnen. Aber um in der Endfertigung die Materialflussintensität maßgeblich und nachhaltig zu reduzieren, war es trotzdem von großer Bedeutung auch den Offsetdruck kritisch zu betrachten (siehe 3.5 Schwachstellenanalyse)

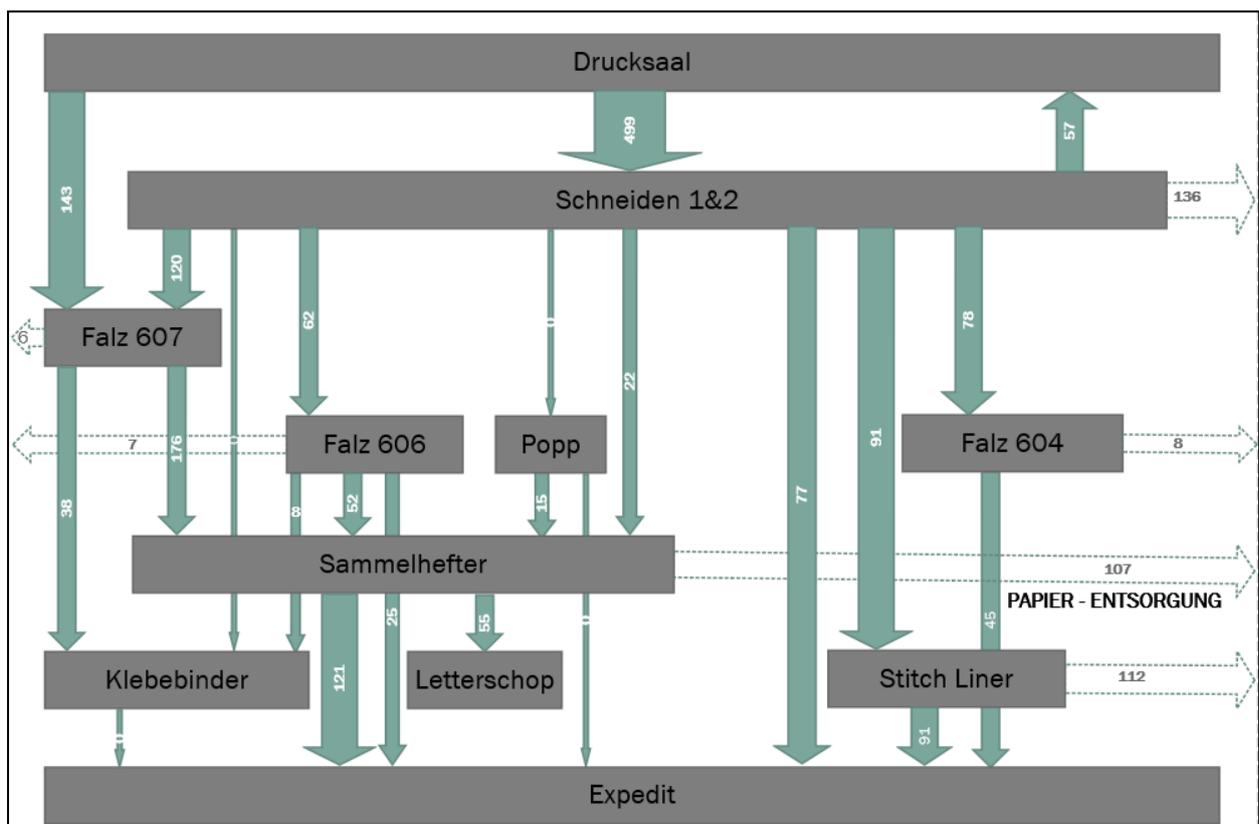
Zusätzlich können aus dem Layout der Ausgangssituation auch die Transportwege zwischen den Produktionseinheiten gemessen werden, welche für die spätere Berechnung der Transportintensität von großer Bedeutung sind.



3-13: Isometrisches Materialflussbild

### 3.4.2 Sankey-Diagramm

Wie schon im theoretischen Teil der Arbeit erwähnt, kann auch mit Sankeydiagrammen der Materialfluss sehr übersichtlich dargestellt werden. Die Dicke der Verbindungslinien bzw. die darin vermerkte Zahl, lässt dabei direkt auf die Intensität der Materialflüsse zwischen den jeweiligen Produktionseinheiten im besagten Beobachtungszeitraum schließen. Abb.: 3-14 zeigt ein Sankeydiagramm des in der Endfertigung vorherrschenden Materialflusses. Bereits hier ist klar zu sehen, dass die Entsorgung von Papierabfällen einen beträchtlichen Teil des gesamten Materialflusses ausmacht. Auf diese ungünstige Situation wird im weiteren Verlauf der Masterarbeit nochmals genauer eingegangen.



3-14: Sankey-Diagramm\_Endfertigung

### 3.4.3 Materialflussmatrizen

Die aus der Datenermittlung gewonnenen Daten können auch mit Hilfe von Matrizen dargestellt werden. Die theoretischen Hintergründe dazu sind in Kapitel 2 weitgehend beschrieben.

#### Adjazenzmatrix

Aus dieser Matrix kann abgelesen werden, ob zwischen den jeweiligen Betriebsmitteln eine Materialflussbeziehung besteht. Zwischen allen Betriebsmitteln, die den Matrixeintrag „1“ besitzen, besteht eine Materialflussbeziehung, zwischen jenen mit dem Eintrag „0“ nicht. Abb.: 3-15 zeigt die Adjazenzmatrix der Ausgangssituation in der Endfertigung. Alle abteilungsinternen Materialflüsse sind dabei gelb gekennzeichnet und alle abteilungsübergreifenden rot. Dabei ist auffällig, dass relativ wenige Einsen unter der Matrixdiagonale stehen, was bedeutet, dass es wenige Materialrückflüsse gibt. In anderen Worten ausgedrückt, ist die Reihenfolge der Betriebsmittel relativ gut gewählt.

NACH VON	DS	KB	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	Ents.	Expedit	Lettesh.	DM
DS	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
SM 1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
SM 2	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
Falz 604	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
Falz 606	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Falz 607	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Popp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
SH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
SL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Ents.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Expedit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lettesh.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3-15: Adjazenzmatrix\_Endfertigung

### Transportmatrix

Um diese Matrix zu erhalten, werden die Einsen aus der Adjazenzmatrix durch die tatsächlichen Transporte zwischen den Betriebsmitteln, welche während der Datenermittlung erhoben wurden, ersetzt. Abb.: 3-16 zeigt die abgeleitete Transportmatrix, wobei die Transporte für den Beobachtungszeitraum von sechs Wochen gelten, diese können aber auf jeden beliebigen Zeitraum hochgerechnet werden.

NACH VON	DS	KB	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	Ents.	Expedit	Lettesh.	DM
DS		0	319	80	1	0	143	0	0	0	0	20	0	0
KB	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
SM 1	0	4		0	64	27	103	89	22	3	102	67	0	57
SM 2	0	2	0		14	35	17	2	0	0	34	10	0	0
Falz 604	0	1	0	0		0	0	0	32	0	21	45	0	0
Falz 606	0	8	0	0	0		0	0	52	0	0	25	0	0
Falz 607	0	38	0	0	0	0		0	176	0	0	13	0	0
Popp	0	0	0	0	0	0	0		15	0	0	15	0	0
SH	0	0	0	0	0	0	0	0		0	107	121	55	0
SL	0	0	0	0	0	0	0	0	0		112	91	0	0
Ents.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
Expedit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Lettesh.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

3-16: Transportmatrix\_Endfertigung

### Distanzmatrix

Aus dem erstellten maßstäblichen Layout der Ausgangssituation können die Abstände zwischen den Betriebsmittel, welche Materialflussbeziehungen aufweisen, gemessen werden. Trägt man diese wiederum in eine Matrix ein, so erhält man die sogenannte Distanzmatrix, welche in Abb.: 3-17 ersichtlich ist.

NACH VON	DS	KB	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	Ents.	Expedit	Lettesh.	DM
DS		0,0	50,5	33,3	32,5	0,0	44,7	0,0	0,0	0,0	0,0	70,8	0,0	0,0
KB	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,9	0,0	0,0
SM 1	0,0	42,0		0,0	18,0	24,5	18,6	20,0	24,0	48,1	54,0	31,0	0,0	41,7
SM 2	0,0	29,6	0,0		6,4	14,1	8,3	22,5	0,0	0,0	58,2	34,3	0,0	0,0
Falz 604	0,0	26,1	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	23,7	0,0	57,1	40,8	0,0	0,0
Falz 606	0,0	43,8	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	26,7	0,0	0,0
Falz 607	0,0	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	13,1	0,0	0,0	32,9	0,0	0,0
Popp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		14,4	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0
SH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	32,2	6,5	11,2	0,0
SL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		51,8	18,2	0,0	0,0
Ents.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Expedit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Lettesh.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
DM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

3-17: Distanzmatrix\_Endfertigung\_Ausgangssituation

### **Materialflussintensitätsmatrix**

Multipliziert man die Transportmatrix mit der Distanzmatrix, so erhält man eine Materialflussintensitätsmatrix. Aus dieser kann die Materialflussintensität zwischen zwei beliebigen Betriebsmitteln entnommen werden. Auch die gesamte Materialflussintensität lässt sich durch Summierung der Einträge ganz einfach berechnen. Darüber hinaus ist es auch möglich, die Summe der Materialflüsse bzw. Rückflüsse zu bestimmen, indem man die Elemente oberhalb bzw. unterhalb der Diagonale getrennt voneinander summiert. Abb.: 3-18 zeigt die Materialflussintensitätsmatrix der Endfertigung.

NACH VON	DS	KB	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	Ents.	Expedit	Lettesh.	DM
DS		0,0	16109,5	2664,0	32,5	0,0	6392,1	0,0	0,0	0,0	0,0	70,8	0,0	1416,0
KB	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	659,0	0,0	0,0
SM 1	0,0	168,0		0,0	1152,0	661,5	1915,8	1780,0	528,0	1098,0	5508,0	2077,0	0,0	2376,9
SM 2	0,0	29,6	0,0		89,6	493,5	141,1	45,0	0,0	0,0	1978,8	343,0	0,0	0,0
Falz 604	0,0	26,1	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	758,4	0,0	1199,1	1836,0	0,0	0,0
Falz 606	0,0	350,4	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	254,8	0,0	0,0	667,5	0,0	0,0
Falz 607	0,0	1375,6	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	2305,7	0,0	0,0	427,7	0,0	0,0
Popp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		216,0	0,0	0,0	159,0	0,0	0,0
SH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	3445,4	786,5	616,0	0,0
SL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			5801,6	1656,2	0,0	0,0
Ents.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Expedit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
Lettesh.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
DM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

3-18: Materialflussintensitätsmatrix\_Ausgangssituation

Daraus ergeben sich, auf ein Jahr aufgerechnet folgende Materialflussintensitäten für die Ausgangssituation der Endfertigung mit der Einheit Transporte x Meter:

3-1: Materialflussintensitäten\_Endfertigung\_Ausgangssituation

<b>Gesamte Materialflussintensität:</b>	<b>552.184 [Trm] (1.104.368 [Trm])</b>
<b>Intensität der Rückflüsse:</b>	<b>15.621,6 [Trm] (31.243,2 [Trm])</b>
<b>Intensität der Vorwärtsflüsse:</b>	<b>536.562,4 [Trm] (1.073.124,8 [Trm])</b>

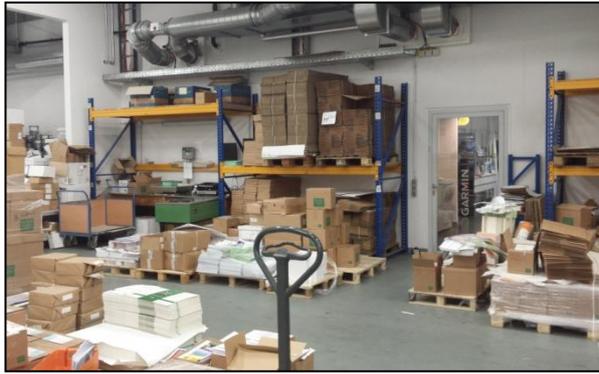
Inklusive Leerfahrten sind die Intensitäten doppelt so hoch, wie der eingeklammerte Wert zeigt. Diese gesamte Materialflussintensität gilt es nun zu minimieren. Sie stellt eine sehr wichtige Bezugsgröße dar, weil sie für alle Veränderungen am Layout mit einer dazugehörigen neuen Distanzmatrix und Intensitätsmatrix berechnet werden kann. Vergleicht man diese neue Intensität dann mit der Ausgangssituation, erkennt man sofort, ob sich die Materialflussintensität erhöht oder verkleinert.

### 3.5 Schwachstellenanalyse

Im Zuge der Problemstrukturierung wurden bereits einige Schwachstellen der Ausgangssituation in der Endfertigung erkannt und analysiert. Durch die Analyse des Materialflusses bzw. der Erstellung eines Layouts der Ausgangssituation konnte diese Liste noch erweitert werden. Hierbei war es wichtig, um die Materialflussintensität in der Endfertigung maßgeblich und nachhaltig reduzieren zu können, auch alle Schwachstellen vom Offsetdruck, die sich teils stark auf die Arbeitsabläufe in der Endfertigung auswirken, zu sichten.

Die dabei zusätzlich gefundenen Schwachstellen der Ausgangssituation sollen an dieser Stelle kurz erläutert werden:

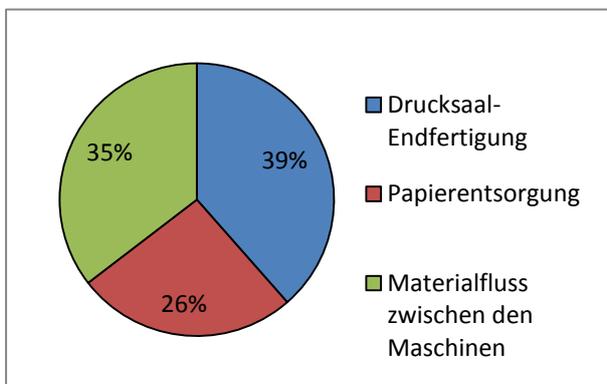
- Ein Durchgang vom Drucksaal in die Endfertigung, welcher Materialflusssdistanzen stark verkürzt, ist von Betriebseinheiten im Drucksaal versperrt.
- Aufgrund des mangelhaften Platzangebotes stehen im Drucksaal an jeder freien Stelle Leerpapierpaletten. Diese lassen sich prinzipiell einteilen in Lagerpapierpaletten, auftragsbezogene Leerpapierpaletten und Restpapierpaletten. Diese sind teilweise aus Platzgründen vermischt, was den Zeitaufwand für Materialsuche maßgeblich erhöht. (Abb.: 3-22)
- Regale mit völlig unsortierten Druckfarben, von denen der Großteil zu entsorgen ist, beanspruchen viel Platz im Drucksaal. (Abb.: 3-20)
- Durch die Materialflussanalyse stellte sich heraus, dass der Klebebinder und der Dreischneider auf einem materialflusstechnisch völlig ungeeigneten Platz stehen.
- Paletten mit Fertigprodukten versperren den Zugang zu Regalen im Expeditbereich, weil das Platzangebot sehr gering ist und hier auch viele Reste aus Überproduktion abgestellt sind. (Abb.: 3-19)
- Es gibt in der ganzen Endfertigung nur einen Drucker, mit welchem Etiketten für fertige Produkte ausgedruckt werden können, was zu unnötigen Wegen bzw. teilweise zu Wartezeiten vor diesem Drucker führt.
- Die Materialflussintensität für Papierentsorgung und jene für die Bereitstellung von bedruckten Zwischenprodukten für die Endfertigung ist mit 39 % der gesamten Materialflussintensität sehr hoch (Abb.: 3-21).
- Engstellen auf langen Materialflusseruten führen zu Wartezeiten bei Gegenverkehr.



3-19: Produkte vor Regalen



3-20: Farbegale



3-21: Verteilung des Materialflusses in der Endfertigung

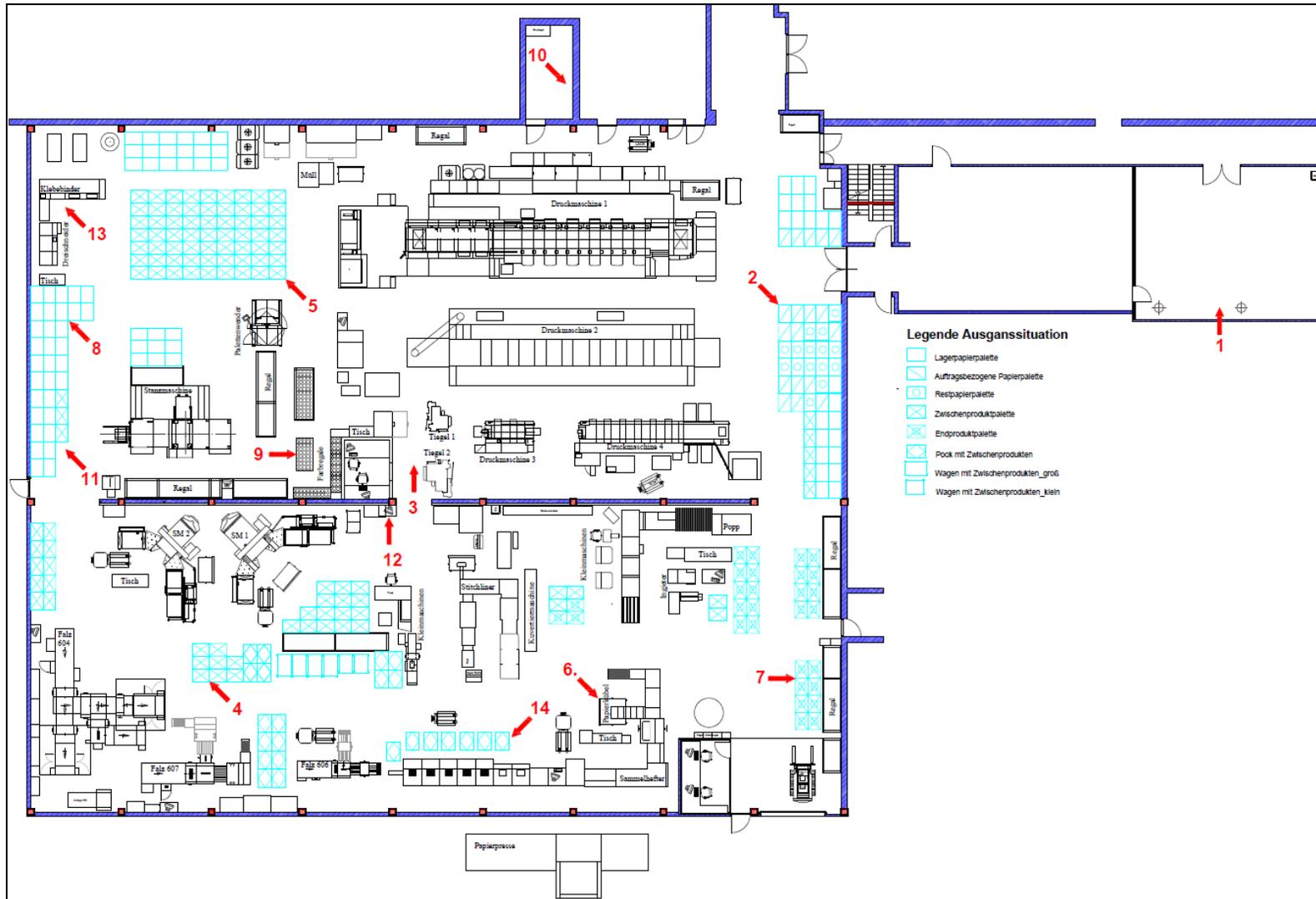


3-22: Vermischte Leerpapierpaletten

Abb.: 3-23 zeigt das Layout der Ausgangssituation mit eingezeichneten Schwachstellen und Restriktionen, welche in der folgenden Layoutplanung berücksichtigt werden sollen. Diese sind dabei folgend nummeriert bzw. zusammengefasst:

- 1... Neue räumliche Kapazität materialflusstechnisch äußerst ungünstig
- 2... Vermischte Paletten
- 3... Versperrter Durchgang
- 4... Verteilte Zwischenprodukte
- 5... Großer Puffer im Drucksaal
- 6... Hohe Materialflussintensität für Papierentsorgung
- 7... Produkte verstellen den Zugang von Regalen
- 8... Herumstehende Lagerpapiere
- 9... Farbegale benötigen viel Platz
- 10... Ungenützte räumliche Kapazitäten
- 11... Engstellen im Materialfluss
- 12... Einziger Drucker für Palettenetiketten
- 13... Klebebinder und Dreischneider stehen materialflusstechnisch äußerst ungünstig
- 14... Keine ausreichenden Puffer für Zwischenprodukte
- Xxx...** Unschönes Gesamtbild bzw. unstrukturiertes Lager- und Logistiksystem
- Xxx...** Hohe Materialflussintensität

Die mit Xxx gekennzeichneten Schwachstellen können nicht direkt im Layout eingezeichnet werden, sind aber wegen Vollständigkeitsgründen trotzdem erwähnt.



3-23: Layout der Ausgangssituation mit markierten Schwachstellen

### 3.6 Ideallayout

Bei der folgenden Layoutplanung sollten die erwähnten Schwachstellen weitgehend beseitigt und alle relevanten Restriktionen berücksichtigt werden. Der Ausgangspunkt jeder Layoutplanung ist die Erstellung eines Ideallayouts, in welchem die Betriebsmittel optimal bezüglich des vorherrschenden Materialflusses angeordnet sind.

Um ein solches Ideallayout erstellen zu können, musste zuerst die vorherrschende Anordnung der Betriebsmittel optimiert und alle neuen Produktionseinheiten passend in den Materialfluss eingebettet werden. Die Einbettung der neuen Produktionseinheiten stellte sich als relativ einfach heraus. In der Zusammentragemaschine wird der, dem Klebebinden vorgelagerten Arbeitsschritt durchgeführt. Das bedeutet, dass sich die vorherrschenden Materialflussbeziehungen nicht ändern, sondern nur eine zusätzliche Produktionseinheit vorm Klebebinden eingelagert wird. Der Laminator ist in den abteilungsinternen Materialfluss der Endfertigung überhaupt nicht eingebettet und ist dem Digitaldruck zugeteilt, muss aber in den räumlichen Kapazitäten der Endfertigung Platz finden. Er wird direkt vom Digitaldruck mit Material versorgt und die entstandenen Produkte werden vom Expedit versandt. Der Flächenbedarf der neuen Maschinen ist aus den Maßblättern und Zuschlägen für Wartung, Bedienung und Sicherheit ermittelt worden.

Um die Materialrückflüsse zu minimieren, führte man eine Reihenfolgeoptimierung der Transportmatrix wie in Kapitel 2 erläutert durch. Durch neue Anordnung von Klebebinde- und Dreischneider konnten alle Materialrückflüsse beseitigt werden. Unter Beachtung dieser neuen Transportmatrix (Abb.: 3-25) war es nun möglich, ein Ideallayout zu erarbeiten. Dabei war bei der Betriebsmittelanordnung immer folgende Zielfunktion dominierend:

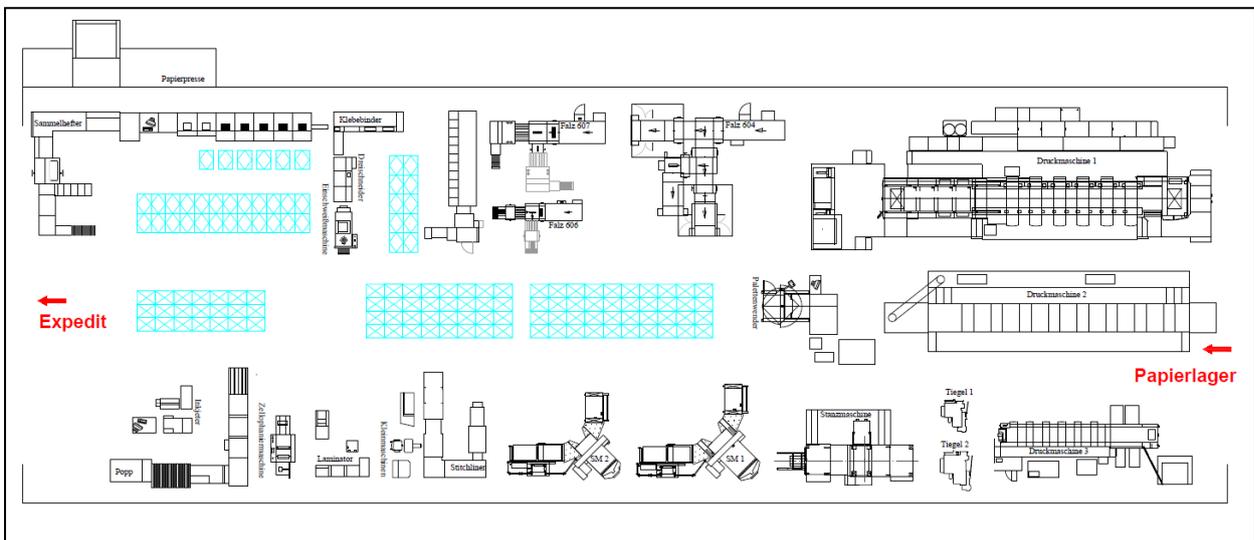
$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{i=j}^n m_{ij} s_{ij} \quad \rightarrow \text{Minimum}$$

3-24: Dominierende Zielfunktion

Das daraus resultierende Ideallayout der Endfertigung, in welchem auch bereits die neuen Betriebsmittel berücksichtigt sind, ist in Abb.: 3-26 zu sehen. Durch die Bildung einer Abstandmatrix des Ideallayouts und Ableitung einer Transportintensitätsmatrix (siehe Anhang) konnte berechnet werden, dass sich die Intensität des Materialflusses im Ideallayout um 30,3 % global und um 40,1 % bezogen auf die Endfertigung, im Vergleich zur Ausgangssituation verringern würde.

NACH VON	DS	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettes.	DM
DS		319	80	1	0	143	0	0	0	0	0	20	0	0
SM 1			0	64	27	103	89	22	12	4	102	67	0	57
SM 2				14	35	17	2	0	0	1	34	10	0	0
Falz 604					0	0	0	32	0	1	21	45	0	0
Falz 606						0	0	52	0	8	0	25	0	0
Falz 607							0	176	0	38	0	13	0	0
Popp								15	0	0	0	15	0	0
SH									0	0	107	121	55	0
SL										0	112	91	0	0
KB											0	10	0	0
Ents.												0	0	0
Expedit													0	0
Lettes.														0
DM														

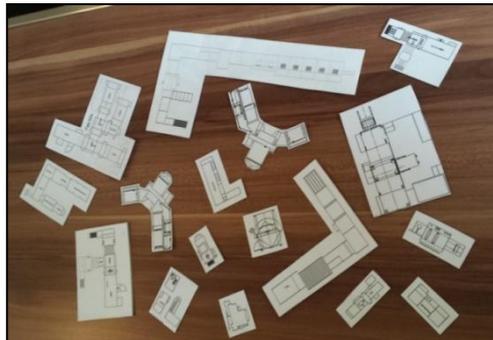
3-25: Reihenfolge optimierte Transportmatrix



3-26: Ideallayout

### 3.7 Variantenbildung

Unter Berücksichtigung des Ideallayouts wurden nun geeignete Groblayoutvarianten entwickelt, in welchen alle Rahmenbedingungen und Restriktionen berücksichtigt sind. Zusätzlich wurde versucht die beschriebenen Schwachstellen weitestgehend zu beseitigen. Um Varianten auch in Gruppen ausarbeiten und um diese schnell variieren zu können, fertigte man maßstäbliche Schablonen der Betriebsmittel und Räumlichkeiten an (Abb.: 3-27).



3-27: Maßstäbliche Schablonen

Dabei entstanden acht potentielle Groblayoutvarianten, welche man schließlich durch Besprechungen und Definition weiterer Restriktionen auf vier dezimierte. Entscheidend dabei war, dass festgelegt wurde, keine Schneidmaschine in den Drucksaal zu stellen. Diese Rahmenbedingung resultierte aus drei maßgeblichen Gründen:

- Kosten der Schneidmaschinenumstellung sehr hoch
- Räumliche Abteilungsgrenzen sollten weitgehend erhalten bleiben
- Kompetenzzentrum Schneiden sollte erhalten bleiben

Ebenfalls fiel die Entscheidung, die Aufspendemaschine in die neu zur Verfügung stehende räumliche Kapazität zu stellen. Dies wurde folgend begründet:

- Die Materialflussintensität dieser Produktionseinheit ist sehr gering
- Durch den geometrischen Aufbau verschwendet die Maschine sehr viel Platz, wenn sie nicht in einer Ecke platziert werden kann.

Diese vier Varianten wurden zu Reallayouts verfeinert. Auf den ersten Blick war nicht zu sehen, welche Variante den Anforderungen der Endfertigung am besten entspricht, deshalb hat man sich dazu entschlossen eine Nutzwertanalyse durchzuführen. Die hier angesprochenen Varianten sind aus Übersichtlichkeitsgründen dem Anhang dieser Arbeit zu entnehmen.

## 3.8 Nutzwertanalyse

Wie im theoretischen Teil bereits weitgehend beschrieben wurde, dient die Nutzwertanalyse bei der Auswahl von Projektvarianten zur systematischen Entscheidungsvorbereitung. Im ersten Schritt sollten die Kriterien, die dabei zum Tragen kommen definiert werden. Diese werden meist aus der Zieldefinition bzw. Aufgabenstellung abgeleitet. Im Folgenden wird auf die hier abgeleiteten Kriterien und die dazugehörigen Bewertungsskalen eingegangen.

### 3.8.1 Kriterien

Wie bereits angedeutet, werden die Kriterien aus den Zielen, Aufgabenstellungen und zu beseitigenden Schwachstellen abgeleitet. Im Falle der vorliegenden Arbeit wurden folgende Kriterien, zur Variantenbeurteilung festgelegt. Auch die verwendeten Bewertungsskalen sowie die Variantenbewertungen sind anschließend an die Kriterienbeschreibung angeführt.

#### ***Materialflussintensität***

Aus den jeweiligen maßstäblichen Layouts der zur Auswahl stehenden Varianten war es möglich wiederum Distanzmatrizen zu generieren, und diese in Kombination mit der Transportmatrix zu Materialflussintensitätsmatrizen weiterzuentwickeln. Daraus wurden anschließend die Materialflussintensitäten der vier Varianten berechnet und mit jener der Ausgangssituation verglichen. So war es möglich, die Materialflusserparnis in Prozent bezogen auf die Ausgangssituation zu berechnen. Die Layouts der Varianten A-D sowie die dazugehörigen Distanz- und Intensitätsmatrizen sind dem Anhang zu entnehmen. Dabei ist zu erwähnen, dass die gesamte Fertigung in diesen Varianten auf einem Push System basiert, d.h. dass auch Produkte der Druckmaschinen von den Mitarbeitern des Offstdrucks auf die dafür vorgesehenen Plätze in die Endfertigung gebracht werden. Dieser abteilungsübergreifende Arbeitsschritt bedeutete in der Vergangenheit ein Drittel des gesamten Materialflusses in der Endfertigung. Man muss nun unterscheiden, ob man die globalen Materialflusseinsparungen der gesamten Produktion betrachtet, oder wirklich nur jenen der Endfertigung, in welchen die Materialflüsse dieses Arbeitsschrittes nicht mehr vorkommen. Aussagekräftiger ist die globale Betrachtung, da dieser Arbeitsschritte trotzdem ausgeführt werden muss und lediglich von einer anderen Abteilung bewerkstelligt wird. Aufgrund klarer Verkürzungen der Distanzen sowie materialflussgerechtere Maschinenanordnung konnten aber auch global gesehen beachtliche Einsparungswerte erzielt werden. Für folgende Einsparungsbezüge wird auch immer der globale Wert herangezogen, den abteilungsinternen Wert

für die Endfertigung findet man in der Klammer dahinter. Die Skala, welche für die Bewertung der Materialflussintensitätseinsparung hergenommen wurde, reicht von null bis zehn und ist wie folgt eingeteilt.

### 3-2: Bewertungsskala\_Materilaflussintensität

<b>0 Punkte</b>	Die Materialflussintensität hat sich im Vergleich zur Ausgangssituation nicht verringert.
<b>5 Punkte</b>	Die Materialflussintensität hat global um 10 % abgenommen.
<b>10 Punkte</b>	Die Materialflussintensität entspricht jener des Ideallayouts (- 29,8 %)

Die Materialflussreduktion sowie die Bewertung der einzelnen Varianten sind in Tab.: 3-3 ersichtlich.

### 3-3: Variantenbewertung\_Materilaflussintensität

	<b>Materialflussintensitätsreduktion</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	16,2 % (34,2 %)	8
<b>Variante B</b>	10,1 % (27 %)	5
<b>Variante C</b>	13,5 % (33,6 %)	7
<b>Variante D</b>	18,2 % (39,2 %)	9

### **Zusätzliche Leerpapierabstellplätze**

Dieses Kriterium behandelt die unzureichenden Leerpapierabstellplätze im Drucksaal. Aus dieser Tatsache resultiert eine Vermischung von Lagerpapier auftragsbezogenes Papier und Restpapier. Weiters kann man daraus Materialflussbehinderungen ableiten, weil aus Platzmangelgründen die erwähnten Paletten teilweise auf Transportwegen abgestellt werden. In allen der ausgearbeiteten Varianten war es Ziel, mehr Platz für Rohpapier hinter den Druckmaschinen zu schaffen und die einzelnen Papiersorten zu trennen. Die Bewertungsskala sowie die Bewertung der einzelnen Varianten können wiederum den folgenden Tabellen entnommen werden.

### 3-4: Bewertungsskala\_Leerpapierstellplätze

<b>0 Punkte</b>	Die Anzahl der Palettenabstellplätze für unbedrucktes Papier hinter den Druckmaschinen, entspricht jener der Ausgangssituation.
<b>5 Punkte</b>	Die Anzahl der Abstellplätze konnte um 50 % gesteigert werden.
<b>10 Punkte</b>	Die Anzahl der Abstellplätze konnte um 100 % gesteigert werden.

**3-5: Variantenbewertung\_Leerpapierabstellplätze**

	<b>Steigerung der Leerpapierplätze</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	30 (51,7 %)	5
<b>Variante B</b>	33 (56,8 %)	6
<b>Variante C</b>	47 (81 %)	8
<b>Variante D</b>	44 (75,8 %)	8

***Pufferplätze für Zwischenprodukte***

Dieses Kriterium bewertet, ob die geforderten Pufferplätze vor den Maschinen in den jeweiligen Varianten umgesetzt sind, bzw. wie groß der Abstand zur jeweiligen Produktionseinheit ist.

**3-6: Bewertungsskala\_Zwischenproduktpuffer**

<b>0 Punkte</b>	Die Puffersituation hat sich nicht verändert.
<b>5 Punkte</b>	Puffer sind zwar vorgesehen, aber deren Größe bzw. Distanz zu den Betriebsmitteln ist unbefriedigend.
<b>10 Punkte</b>	Die berechneten Puffer sind in voller Größe und distanzminimal ausgeführt.

**3-7: Variantenbewertung\_Zwischenproduktpuffer**

	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	6
<b>Variante B</b>	7
<b>Variante C</b>	9
<b>Variante D</b>	8

***Bildung von Kompetenzzentren***

Hierbei wird berücksichtigt, ob Betriebsmittel, auf welchen grundlegend die gleichen oder ähnliche Bearbeitungsschritte durchgeführt werden, auch in geringen Abständen zueinander angeordnet sind, was den Vorteil einer Doppelmaschinenbedienung mit sich bringen kann und die Schulung schlechter ausgebildeter Mitarbeiter erleichtert.

**3-8: Bewertungsskala\_Kompetenzzentren**

<b>0 Punkte</b>	Es gibt keine Kompetenzzentren.
<b>5 Punkte</b>	Es gibt zwar einige Kompetenzzentren, in welche aber nicht alle Betriebsmittel miteinbezogen sind.
<b>10 Punkte</b>	Alle Produktionseinheiten mit gleicher bzw. ähnlicher Arbeitsaufgabe sind in Form von Kompetenzzentren angeordnet.

**3-9: Variantenbewertung\_Kompetenzzentren**

	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	6
<b>Variante B</b>	8
<b>Variante C</b>	9
<b>Variante D</b>	9

***Erweiterungsfähigkeit***

Kommt es in den nächsten Jahren erneut zu einer Produktionserweiterung in der Endfertigung stellt sich die Frage ob es platztechnisch überhaupt noch möglich ist, neue Betriebsmittel in die Produktion einzubetten. Dieses Kriterium zeigt, in wie fern diese Möglichkeit in den verschiedenen Varianten noch gegeben ist.

**3-10: Bewertungsskala\_Erweiterungsfähigkeit**

<b>0 Punkte</b>	Es besteht keine Möglichkeit die Produktion zu erweitern.
<b>5 Punkte</b>	Die Produktion kann im beschränkten Ausmaß noch erweitert werden.
<b>10 Punkte</b>	Die Produktion ist beliebig erweiterbar.

**3-11: Variantenbewertung\_Erweiterungsfähigkeit**

	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	3
<b>Variante B</b>	5
<b>Variante C</b>	6
<b>Variante D</b>	3

### **Realisierungsaufwand**

Unter Realisierungsaufwand werden die Kosten verstanden, welche für die Umsetzung der jeweiligen Varianten entstehen. Die Kosten gliedern sich im Wesentlichen in zwei Teile:

- Maschinenumstellungskosten
- Kosten für die Verlegung von Versorgungsleitungen der Produktionseinheiten

Die Kosten für die Versorgungsleitungen wurden dabei vom Haustechnikbeauftragten der Medienfabrik für jede Variante geschätzt. Zu den Umstellungskosten ist zu sagen, dass sich geschulte Mitarbeiter der Endfertigung fanden, welche sich bereit erklärten alle Maschinen bis auf die Schneidmaschinen und die große Falzmaschine (Falz 604) in Eigenregie während eines Wochenendes umzustellen. Die Kosten für diese Eigenleistungen belaufen sich ca. auf € 2.000.

Nach der Einholung von Angeboten für die Umstellung der restlichen Maschinen stellte sich heraus, dass eine Schneidmaschine mit € 2.500 und die große Falzmaschine mit € 1.500 zu Buche schlagen würden. Aus diesen Daten konnte man die ungefähren Gesamtkosten für die Realisierung der verschiedenen Varianten berechnen.

#### **3-12: Bewertungsskala\_Realisierungsaufwand**

<b>0 Punkte</b>	Gesamtkosten > € 25.000
<b>5 Punkte</b>	Gesamtkosten zwischen € 11.000 und € 13.000
<b>10 Punkte</b>	Gesamtkosten < € 3000

#### **3-13: Variantenbewertung\_Realisierungsaufwand**

	<b>Kosten (ca.)</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	Ca. € 9.000	7
<b>Variante B</b>	Ca. € 13.500	4
<b>Variante C</b>	Ca. € 12.500	5
<b>Variante D</b>	Ca. € 9.000	7

**Palettenabstellplätze Expedit**

Ein weiterer großer Nachteil der Ausgangssituation war es, dass im Expeditbereich viel zu wenige Abstellplätze für Fertigprodukte vorgesehen sind, was dazu führte, dass der Zugang zu Regalen versperrt bzw. Transportwege blockiert wurden. Mit diesem Kriterium wird die Anzahl der Palettenabstellplätze im Expeditbereich der verschiedenen Varianten berücksichtigt.

**3-14: Bewertungsskala\_Abstellplätze im Expeditbereich**

<b>0 Punkte</b>	Die Anzahl der Abstellplätze ist gleich geblieben.
<b>5 Punkte</b>	Die Anzahl der Abstellplätze ist um 50 % gestiegen.
<b>10 Punkte</b>	Die Anzahl der Abstellplätze ist um 100 % gestiegen.

**3-15: Variantenbewertung\_Abstellplätze im Expeditbereich**

	<b>Steigerung der Expeditabstellplätze</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	16# (100 %)	10
<b>Variante B</b>	12# (75 %)	8
<b>Variante C</b>	14# (87,5 %)	9
<b>Variante D</b>	12# (75 %)	8

**Entfernung des Reservepuffers**

Wie bereits beschrieben ist der Puffer für die Falzmaschinen kleiner ausgeführt, wie ermittelt, da die volle Puffergröße nur ganz selten benötigt wird. Um aber auch dieser Situation gewachsen zu sein, wurde in jeder Variante ein Reservepuffer berücksichtigt. Die Distanz dieses Reservepuffers zu den Falzmaschinen wird hier berücksichtigt.

**3-16: Bewertungsskala\_Größe bzw. Entfernung des Reservepuffers**

<b>0 Punkte</b>	Der Reservepuffer ist sehr weit entfernt.
<b>5 Punkte</b>	Der Reservepuffer ist relativ nahe.
<b>10 Punkte</b>	Es wird kein Reservepuffer benötigt.

**3-17: Variantenbewertung\_Entfernung des Reservepuffers**

	<b>Bewertung</b>
<b>Variante A</b>	5
<b>Variante B</b>	5
<b>Variante C</b>	9
<b>Variante D</b>	7

***Möglichkeiten der Doppelmaschinenbedienung***

Durch Beobachtungen und Befragungen wurden jene Betriebsmittelpaare gesichtet, welche beim Vorliegen idealer Bedingungen (Format, Auflage,...) eine Doppelmaschinenbedienung zulassen. Dabei wurden folgende Möglichkeiten gefunden:

- Falz 604 – Schneidmaschine / Cellophaniermaschine / Sammelhefter
- Stanzmaschine – Cellophaniermaschine / Schneidmaschine
- Sammelhefter – Cellophaniermaschine / Schneidmaschine

Es ist wichtig, dass die parallel bediente Maschine nicht weit zur jeweiligen Produktionseinheit entfernt angeordnet ist, um eine gute Qualität aufrecht zu erhalten und Kapital aus der Doppelmaschinenbedienung schlagen zu können. Welche Betriebsmittel dabei genau in Kombination betrieben werden können und wie gut das in den jeweiligen Varianten möglich ist, wurde mit dem Produktionsleiter der Medienfabrik abgesprochen.

**3-18: Bewertungsskala \_ Möglichkeiten der Doppelmaschinenbedienung**

<b>0 Punkte</b>	Keine Doppelmaschinenbedienung ist möglich.
<b>5 Punkte</b>	Doppelmaschinenbedienung ist zum Teil möglich.
<b>10 Punkte</b>	Alle Betriebsmittelpaare, welche für Doppelmaschinenbedienung zulassen, sind optimal dafür angeordnet.

## 3-19: Variantenbewertung \_ Möglichkeiten der Doppelmaschinenbedienung

	Bewertung
Variante A	6
Variante B	8
Variante C	6
Variante D	7

## 3.8.2 Präferenzenmatrix

Um die Subjektivität der Nutzwertanalyse, welche auch den größten Nachteil dieser darstellt, weitgehend zu neutralisieren, wurde die Präferenzenmatrix von vier voneinander unabhängigen Personen erarbeitet. Neben dem Autor dieser Arbeit, dem Produktionsleiter und dem Endfertigungsleiter wurde auch vom Geschäftsführer eine Präferenzenmatrix ausgefüllt. Wie genau man zu dieser Matrix kommt, ist im theoretischen Teil der Arbeit nachzulesen. Abb.: 3-28 zeigt die Präferenzenmatrix des Leiters der Endfertigung. Alle weiteren Präferenzenmatrizen sind dem Anhang zu entnehmen.

Kriterium	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Punkte	Gewichtung	
Realisierungsaufwand (Kosten)	1		1	3	4	1	1	7	8	9	3	8,33	
Zusätzliche Lagerpapierabstellplätze	2			3	4	2	6	7	8	9	1	2,78	
Zwischenproduktpuffergröße	3				4	3	3	3	3	9	6	16,67	
Kompetenzzentren	4					4	4	4	4	4	8	22,22	
Erweiterungsfähigkeit (Neue Maschinen)	5						6	7	5	9	1	2,78	
Möglichkeiten zur Doppelmaschinenbedienung	6							6	6	9	4	11,11	
Reservepuffer (Entfernung)	7								7	9	4	11,11	
Palettenabstellplätze Expedit	8									9	2	5,56	
Materialflussintensität	9										7	19,44	
											<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100,00</b>

3-28: Präferenzenmatrix\_Endfertigungsleiter

### 3.8.3 Nutzwertbildung

Wie im theoretischen Teil der Arbeit beschrieben kann man nun aus den bewerteten Kriterien in Kombination mit der Präferenzenmatrix, den Teilnutzwert der Kriterien und schließlich den Gesamtnutzwert der vier Layoutmöglichkeiten berechnen. Dabei erhält man wiederum für jede Person, die eine Präferenzenmatrix ausgefüllt hat, eine individuelle Nutzwertanalyse. Abb.: 3-29 zeigt beispielhaft die Nutzwertanalyse vom Endfertigungsleiter. Summiert man nun die individuellen Ergebnisse der Gesamtnutzwerte, erkennt man welche Variante, unter Berücksichtigung von vier unterschiedlichen Präferenzen den insgesamt größten Nutzwert hat (Tab.: 3-20). Nach kurzer Diskussion der Ergebnisse entschied man sich die Layoutvariante D in der Produktionshalle auch praktisch umzusetzen.

Nutzwertanalyse		Variante A		Variante B		Variante C		Variante D	
Kriterium	Gewichtung	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW
Realisierungsaufwand	8,33	7	58,33	5	41,67	5	41,67	7	58,33
Leerpapierabstellplätze	2,78	6	16,67	7	19,44	8	22,22	8	22,22
Pufferplätze	16,67	6	100,00	7	116,67	9	150,00	8	133,33
Kompetenzzentren	22,22	6	133,33	8	177,78	9	200,00	9	200,00
Erweiterungsfähigkeit	2,78	3	8,33	5	13,89	6	16,67	3	8,33
Doppelmaschinenbedienung	11,11	6	66,67	8	88,89	6	66,67	7	77,78
Reservepuffer	11,11	5	55,56	5	55,56	9	100,00	7	77,78
Palettenabstellplätze Expedit	5,56	10	55,56	8	44,44	9	50,00	8	44,44
Materialflussintensität	19,44	8	155,56	5	97,22	7	136,11	9	175,00
<b>Gesamtnutzwert</b>		650,00		655,56		783,33		797,22	

3-29: Nutzwertanalyse\_Pucher

### 3-20: Auswertung\_Nutzwertanalyse

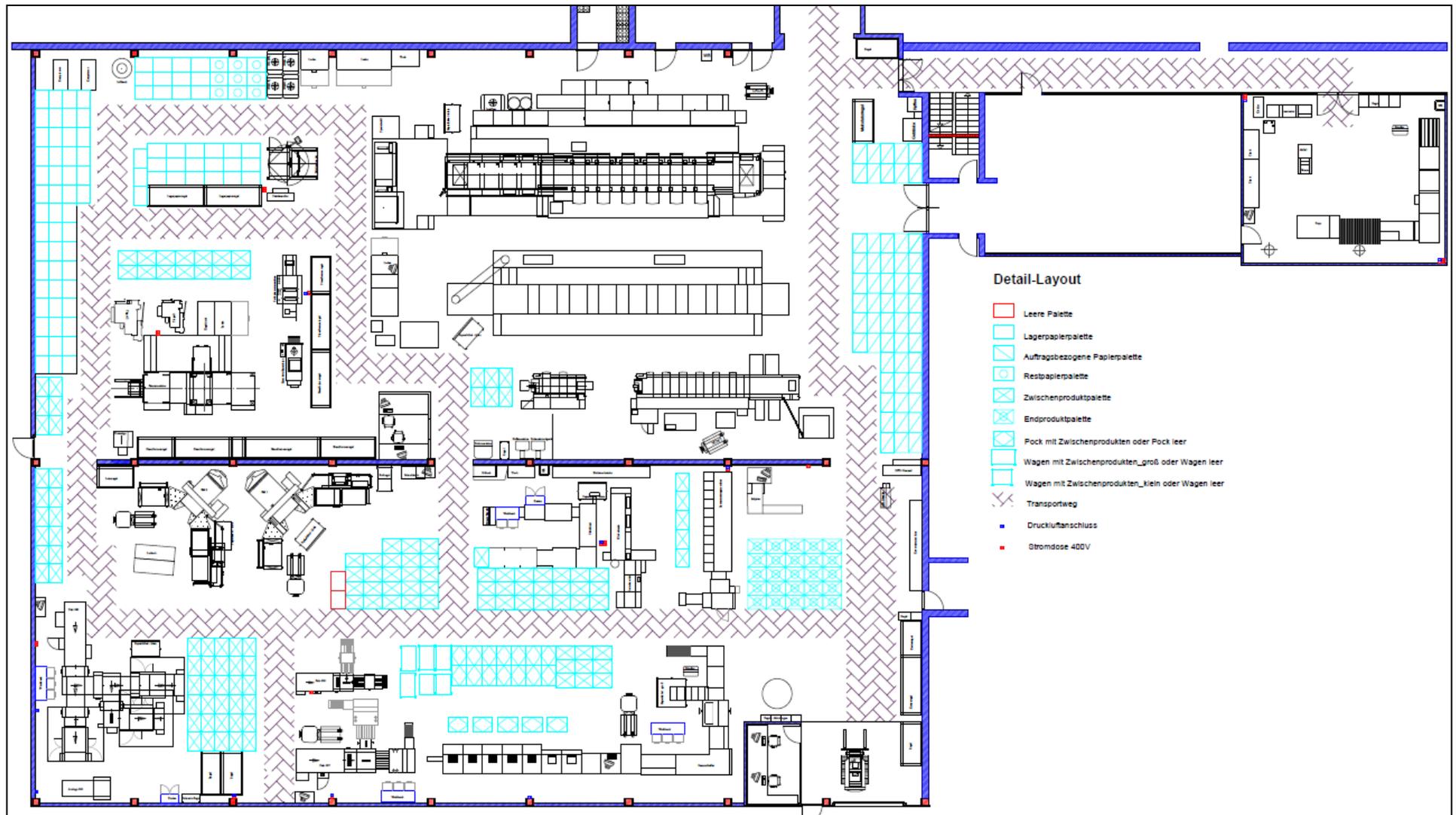
Variante	A	B	C	D
$\Sigma$ Gesamtnutzwerte	2.658,34	2.650,01	3.038,89	3.138,88
Ranking	4	3	2	1

---

### 3.9 Detaillayout und Realisierung

Die gewählte Variante wurde anschließend an die Nutzwertanalyse zu einem umsetzbaren Detaillayout verfeinert. Da das neue Layout direkt nach der Sichtung der besten Variante umgesetzt werden sollte, war es wichtig, die gesamten benötigten Versorgungsanschlüsse der Produktionseinheiten, welche umgestellt werden, einzuzeichnen, damit man weiß, welche Leitungen neu verlegt werden müssen. Weiters wurden alle Einrichtungsgegenstände berücksichtigt und die Maßgenauigkeit erhöht. Das Detaillayout der gewählten Variante ist in Abb.: 3-30, sowie im Anhang (Format A3) zu sehen.

Die gesamte praktische Umsetzung wurde vom Autor dieser Arbeit begleitet und betreut. Der erste Schritt dabei war es, Angebote für die Verlegung der neuen Druckluft- und Elektroleitungen einzuholen und eine geeignete Firma auszuwählen. Diese besagten Leitungen wurden unter Beaufsichtigung des Diplomanden innerhalb einer Woche Produktionsbegleitend verlegt. Die anschließende Maschinenumstellung erfolgte, um Produktionsunterbrechungen zu vermeiden, innerhalb eines sehr arbeitsintensiven Wochenendes. An einem weiteren Wochenende markierte man noch Transportwege und die Pufferplätze für Zwischenprodukte und somit war auch der erste Schritt für die Implementierung von 5S getan. Alle weiteren zur Vervollständigung des Layouts und Einführung des nachfolgenden 5S Konzeptes erforderlichen Arbeitsleistungen wurden parallel zur Produktion getätigt.



3-30: Detaillayout

### 3.10 5S Konzept

Da die Medienfabrik über keine Standards für Ordnung und Sauberkeit verfügt, hat sich der Gesamteindruck in diesen Belangen von Jahr zu Jahr verschlechtert, wie in den Abb.: 3-31 bis Abb.: 3-33 ersichtlich. Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Masterarbeit ist es, neben der Materialflussbetrachtung und Layoutplanung, auch die Thematik der mangelnden Ordnung und Sauberkeit in der Endfertigung aufzugreifen, da der Ist-Zustand zum einen ein schlechtes Bild für Außenstehende produziert, und zum anderen auch die Effizienz der einzelnen Arbeitsabläufe darunter leidet. Um diese oben geschilderte Problematik in den Griff zu bekommen, wird nachstehend ein auf die Medienfabrik Graz, im Speziellen für die Endfertigung, zugeschnittenes 5S Konzept vorgestellt. Die dafür benötigten theoretischen Hintergründe werden eingehend im Kapitel zwei erklärt.



3-31: 5S\_Ausgangssituation (1)



3-32: 5S\_Ausgangssituation (2)



3-33: 5S\_Ausgangssituation (3)

### 3.10.1 Vorbereitungsphase

Eine der ersten Tätigkeiten bei der Entwicklung eines praktischen Konzeptes für die Umsetzung von 5S in der Endfertigung der Medienfabrik Graz ist es, 5S in der Führungsebene der betroffenen Abteilung zu kommunizieren und zu erläutern. Dies wurde im Zuge eines Meetings von Geschäftsführer, Produktionsleiter, Endfertigungsleiter und Diplomand durchgeführt. In dieser Besprechung erfolgte eine Abgrenzung jener Bereiche, in welchen 5S eingeführt wird und die Festlegung der Funktionen und Aufgaben, welche die einzelnen Beteiligten erfüllen sollen. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, ist dieser Bereich anschließend in das mittels AutoCAD erstellte Detaillayout eingezeichnet worden. Die Einteilung der verschiedenen Funktionen und Aufgaben der Führungskräfte ist in Abb.: 3-34 ersichtlich.

<b>Einteilung der 5S Funktionen und deren Aufgaben</b>		
<b>Bezeichnung</b>	<b>Name</b>	<b>Aufgaben</b>
Auftraggeber	Geschäftsführer	Der Auftraggeber entscheidet über Umsetzungsart, Budget & Zeitplan. Er sollte voll hinter der Einführung von 5S stehen, und die Wichtigkeit des Projektes durch Anwesenheit bei den 5S Veranstaltungen unterstreichen.
Koordinator	Diplomand	Der Koordinator begleitet und steuert die gesamte Implementierung von 5S. Zu seinen Aufgaben gehören neben der Kommunikation und Schulung von 5S auch die Koordination verschiedener Maßnahmen.
Arbeitsbereichsführungskraft	Produktionsleiter Endfertigungsleiter	Die Arbeitsbereichsführungskraft hat die Aufgabe die Mitarbeiter bei der Implementierung von 5S zu motivieren, zu kontrollieren und zu unterstützen. Weiters ist diese dafür zuständig, dass alle Materialien, welche die Mitarbeiter für die Umsetzung von 5S benötigen, bereitgestellt werden.

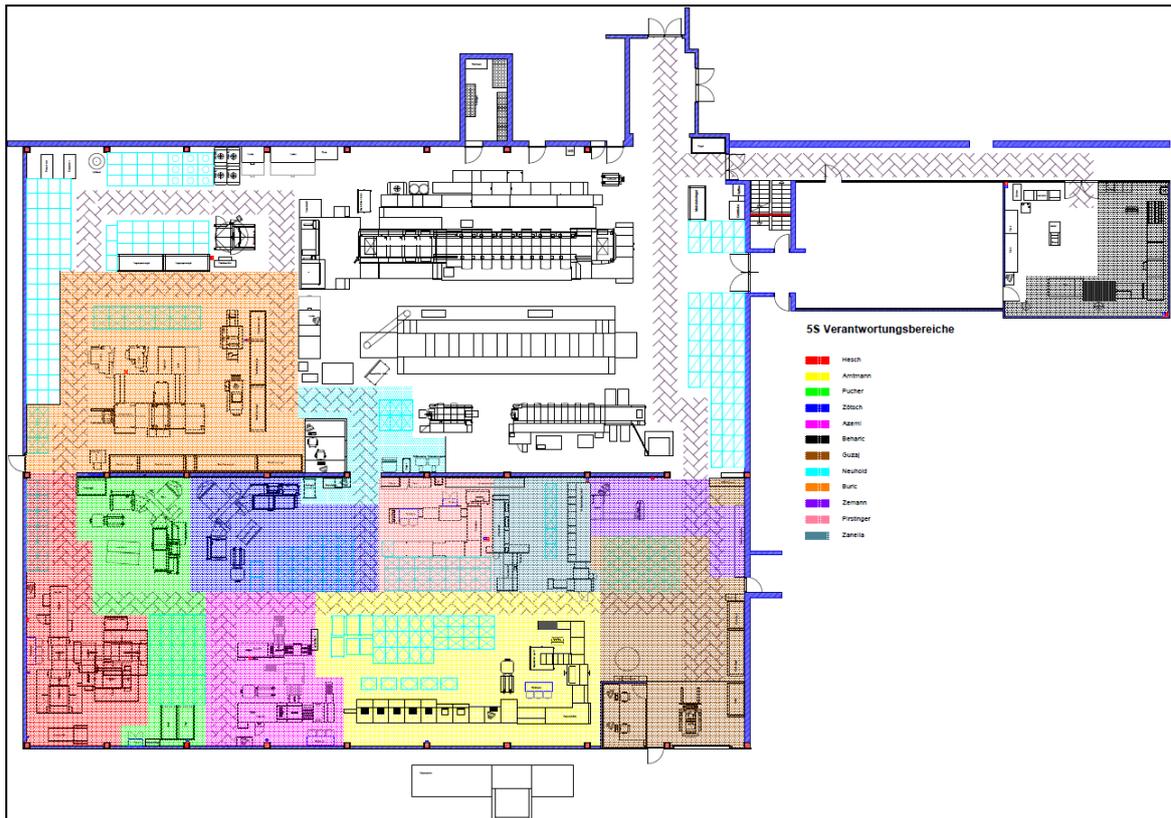
3-34: 5S\_Funktionen

Ein weiterer wichtiger Aspekt, war die Art der Umsetzung des 5S Konzeptes. Dabei hat man sich relativ schnell für eine gestaffelte Umsetzung entschieden, da es bei jener möglich ist 5S parallel zum laufenden Tagesgeschäft zu implementieren, aber sich die Umsetzungszeitspanne trotzdem in Grenzen hält. Der zu diesem Zeitpunkt erarbeitete Zeitplan für die gestaffelte Einführung von 5S in der Endfertigung ist Abb.: 3-35 zu entnehmen. Der letzte Punkt, den man in diesem Meeting besprochen hat, war die Aufteilung der Fläche in Teilbereiche, in welchen 5S eingeführt werden sollte. Für jeden dieser Teilbereiche hat man in weiterer Folge einen geeigneten Mitarbeiter zugeteilt, welcher für die Umsetzung und Einhaltung von 5S in dem Bereich verantwortlich ist. Diese Einteilung der Verantwortungsbereiche ist in Abb.: 3-36 ersichtlich.

Um das Gesamtbild zu optimieren und die Motivation der Mitarbeiter für 5S zu steigern, entschied man sich, Teile der durchwegs sehr alten und mitgenommenen Werkstatteinrichtung auszutauschen und besorgte noch in der Vorbereitungsphase von 5S neue Kästen und Werkbänke sowie einen Werkzeugwagen.

Umsetzungszeitplan 5S 	November 2014				Dezember 2014				Januar 2015				Februar 2015			
	KW 45	KW 46	KW 47	KW 48	KW 49	KW 50	KW 51	KW 52	KW 1	KW 2	KW 3	KW 4	KW 5	KW 6	KW 7	KW 8
5S Meeting Führungskräfte																
5S Informationsmeeting für die Mitarbeiter																
Durchführung 1.Phase 5S: Aussortieren																
Durchführung 2.Phase 5S: Anordnen																
Durchführung 3.Phase 5S: Arbeitsplatz säubern																
Durchführung 4.Phase 5S: Anordnungen zur Regel machen																
Durchführung 5 Phase 5S: Alle Phasen erhalten und verbessern (1.Auditierung)																
Nachbesserung einzelner Phasen, um das erreichte Niveau von 5S zu erhöhen																
2.Auditierung																

3-35: 5S\_Umsetzungszeitplan



3-36: 5S\_Verantwortungsbereiche

### 3.10.2 Umsetzung

Das „Kick Off“ der eigentlichen Umsetzung von 5S stellt eine Schulungs- und Informationsveranstaltung für alle beteiligten Mitarbeiter dar. Dabei wurde den Mitarbeitern eingehend der Sinn, Ablauf und die einzelnen Phasen von 5S erklärt. Weiters ist ihnen der jeweilige Verantwortungsbereich, für welchen sie in Zukunft zuständig sind, gezeigt worden bzw. hat man sie auf Besonderheiten im jeweiligen Bereich hingewiesen, auf welche speziell zu achten ist. Während dieser Veranstaltung bekam jeder der Mitarbeiter folgende Unterlagen übergeben:

- Gründe für 5S
- Erklärungen der einzelnen Umsetzungsphasen
- Beschreibung und Grafik des jeweiligen Verantwortungsbereiches
- Vorlage und Beispiel eines One-Page-Standard
- Bedarfsgegenstandsformular
- 5S Phasenabschlusszettel
- Vorlage des 5S Auditbogens

Das 5S Phasenabschlussformular (siehe Abb.: 3-37) fasst die jeweilige 5S Phase nochmals kurz zusammen und der Mitarbeiter bestätigt an dieser Stelle, mit seiner Unterschrift, dass er diese Phase nach besten Wissen und Gewissen abgeschlossen hat. Weiters enthält diese Mappe ein Dokument, in dem eingetragen werden kann, welche Materialien noch besorgt bzw. welche Maßnahmen von der Geschäftsführung durchgeführt werden müssen, damit die jeweilige 5S Phase abgeschlossen werden kann (z.B. Reparatur einer Maschine oder Einkauf von Markierungsmaterialien). Der Grundgedanke beim Erstellen dieser Mappe bestand darin, den Mitarbeitern einen Wegweiser für das Durchlaufen der 5S Phasen mitzugeben. Eine Woche nach dieser Einführungsveranstaltung erfolgte der Start für die Durchführung der ersten Phase von 5S.

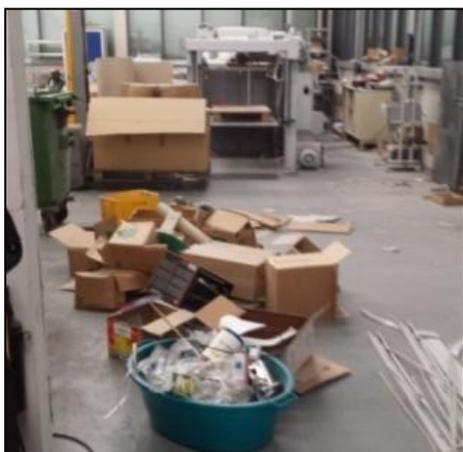
<b>5S Phasenabschlussformular</b>	
<b>Phase1: Sortieren (Aussortieren)</b>	
<p>In dieser ersten Phase, werden alle Gegenstände im jeweiligen Arbeitsbereich der Frage unterworfen, ob sie regelmäßig an diesem Arbeitsplatz benutzt werden. Jene Gegenstände, die regelmäßig benötigt werden verbleiben am Arbeitsplatz. Müll und Wertloses wird direkt entsorgt. Gegenstände, welche zwar nicht regelmäßig benutzt werden, aber einen Wert haben kommen in einen sogenannten Quarantänebereich. Über das Schicksal der Gegenstände im Quarantänebereich entscheidet später eine befugte Person. Es wird also der gesamte Arbeitsbereich sortiert, mit dem Ziel, dass nur Gegenstände zurückbleiben, welche auch regelmäßig Verwendung finden.</p>	
<p><b>Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich diese Phase von 5S in meinem Verantwortungsbereich erfolgreich abgeschlossen habe oder Alles in die Wege geleitet ist, damit ich sie erfolgreich abschließen kann (zusätzlich benötigte Materialien sind gemeldet und bestellt aber noch nicht installiert).</b></p>	
<b>Datum:</b>	
<b>Verantwortungsbereich:</b>	
<b>Verantwortlicher:</b>	
<b>Unterschrift:}</b>	

3-37: 5S\_Phasenabschlussformular

---

### 3.10.3 Aussortieren

In dieser Phase müssen sich die Mitarbeiter von allen Gegenständen trennen, die sie im jeweiligen Verantwortungsbereich für die wertschöpfenden Tätigkeiten nicht benötigen. Dabei ist Müll entsprechend zu entsorgen und alle brauchbaren Gegenstände sind in einen sogenannten Quarantänebereich zu bringen, der im Zuge der Umsetzung dieser Phase an einem passenden Bereich eingerichtet werden sollte. Über das Schicksal der Gegenstände in jenem Bereich haben danach die Linienführungskräfte zu entscheiden. Bei der Bewältigung dieses ersten großen Schrittes auf dem Weg zu 5S, ist es wichtig, dass die Mitarbeiter nicht nur durch die Linienführungskräfte und dem 5S-Koordinator angespornt werden, sondern auch der Auftraggeber mit gelegentlicher Anwesenheit die Wichtigkeit des Projektes unterstreicht. Abb.: 3-38 und Abb.: 3-39 zeigen Bilder, die während dieser ersten Phase von 5S in der Endfertigung gemacht wurden. Zuletzt musste jeder Mitarbeiter mit seiner Unterschrift am 5S Phasenabschlussformular den Abschluss dieser 5S Phase bestätigen.



3-38: Phase 1 \_Aussortieren



3-39: Phase 1 \_Aussortieren

### 3.10.4 Anordnen

Der zweite Schritt besteht darin, die im Verantwortungsbereich verbleibenden Gegenstände je nach Verwendungshäufigkeit anzuordnen und den jeweiligen Platz gleich zu beschriften. Wie und wo (Schattentafeln, Schränke, Regale, Lochplatten) dabei die Materialien, Werkzeuge und Gegenstände angeordnet werden, können die Mitarbeiter selbst entscheiden. Wichtig dabei ist, dass alles nach materialflusstechnischen und ergonomischen Gesichtspunkten angeordnet wird. Alle für einen Verantwortungsbereich zusätzlich notwendigen Utensilien müssen die Verantwortlichen in ein dafür vorgesehenes 5S Bedarfsgegenstandsformular eintragen, damit diese anschließend von den Linienführungskräften besorgt werden können. Nach der Phase des Anordnens sollte

---

jeder Gegenstand einen fixen Platz haben, der so beschriftet ist, dass es jedem Mitarbeiter ermöglicht wird den jeweiligen Gegenstand schnell zu finden. Das Ende des „Anordnens“ muss wiederum mit Unterschrift des jeweiligen Formulars bestätigt werden. Im Zuge der Umsetzung dieser Phase Bodenmarkierungen in der Endfertigung angefertigt (siehe Abb.: 3-40).



**3-40: 5S\_Bodenmarkierungen**

Da sich diese Phase von 5S als sehr zeitaufwendig herausgestellt hat und die Auftragslage der Medienfabrik Graz saisonal sehr schwankend ist, wobei das erste Quartal immer ein sehr auftragsintensives darstellt, hat man sich entschlossen die weitere Durchführung von 5S in die Sommermonate zu verschieben, da zu dieser Zeit der Auftragseingang erfahrungsgemäß viel geringer ist und die Mitarbeiter mehr Zeit für die Implementierung von 5S zur Verfügung haben.

### **3.10.5 Arbeitsplatz säubern**

Hier ist es nötig den gesamten Verantwortungsbereich grundlegend zu säubern und alle dabei gefundenen defekten und zu wartenden Arbeitsmittel den Linienführungskräften mittels Bedarfsgegenstandsformular zu melden. Diese sollten im Anschluss gemeinsam mit dem 5S-Auftraggeber darüber beraten, wie die gemeldeten Probleme gelöst werden können. Ein weiterer wichtiger Punkt, auf den hier eingegangen werden sollte, ist es Ursachen für entstehenden Schmutz und Müll zu erkennen und zu beseitigen. Bei der Vorbereitung dieser Phase stellte sich heraus, dass es in einigen Bereichen zum einen zu wenig Entsorgungsmöglichkeiten für entstehenden Müll gibt, und zum anderen die Anzahl der verfügbaren Reinigungsmittel einfach zu gering ist. Aus dieser Erkenntnis gelangte man zum Entschluss 5S-Reinigungsinseln in einigen Verantwortungsbereichen bei der weiteren Implementierung von 5S in den Sommermonaten zu gestalten. Den Abschluss des Säuberns bildet wiederum die Bestätigung des Verantwortlichen mit Unterschrift.

### 3.10.6 Anordnungen zur Regel machen

Nachdem nun eine Struktur im gesamten Arbeitsbereich geschaffen ist, ist es wichtig das erarbeitete Niveau an Ordnung und Sauberkeit für die Zukunft zu sichern. Dies sollte mit Visualisierungen des Sollzustands weitgehend erreicht werden. Dazu sollten Beschilderungen und One-Page-Standards verwendet werden. Die weitere Aufgabe der Verantwortlichen besteht nun darin, aus den vorhandenen Vorlagen für One-Page-Standards (siehe Abb.: 3-41) konkrete Regeln für Ordnung und Sauberkeit in ihren jeweiligen Verantwortungsbereichen abzuleiten und dem 5S-Koordinator bzw. den Linienführungskräften ihre Ideen für die Standardisierung mitzuteilen, damit diese die benötigten Materialien zur Verfügung stellen können. Mit der jeweiligen Unterschrift sollte auch der erfolgreiche Abschluss dieser Phase bestätigt werden.

One-Page-Standard	
Bezeichnung:	<input type="text"/>
Verantwortlicher:	<input type="text"/>
	
Bild:	<input type="text"/>
Bemerkungen:	<input type="text"/>
Ausgestellt am:	<input type="text"/>
Unterschrift des Verantwortlichen:	<input type="text"/>

3-41: One-Page-Standard\_Vorlage

### 3.10.7 Alle Phasen erhalten und verbessern

Hier geht es vor allem darum, den bis dato erreichten Standard zu erhalten und ständig zu verbessern. Um nicht wieder in alte Muster zu verfallen, sollte das aus den ersten 4 Phasen von 5S entstandene Niveau an Ordnung und Sauberkeit regelmäßig bewertet bzw. auditiert werden. Das geschieht über einen 5S-Bewertungsbogen (siehe Abb.: 3-42), der in die einzelnen Phasen von 5S unterteilt ist, und es ermöglicht die wichtigsten Punkte jeder Phase nach einem Schulnotensystem zu bewerten. Dabei steht die Ziffer Fünf dafür, dass dieser Punkt nicht erfüllt ist und die Eins für eine sehr gute Umsetzung. Zu Beginn dieser letzten 5S Phase sollte in Kooperation von Auftraggeber und Koordinator die Implementierung von 5S das erste Mal geprüft werden. Danach haben

die Mitarbeiter zwei Wochen Zeit, um wenn nötig, gewisse Nachbesserungen vorzunehmen, ehe das zweite Mal bewertet wird. Nach dieser zweiten Bewertung ist die Implementierung von 5S weitgehend abgeschlossen und es kann als Honorierung des Engagements der Mitarbeiter ein kleiner festlicher Akt abgehalten werden. Um eine wirkliche Nachhaltigkeit von 5S sicherzustellen ist es wichtig, vor allem in der Anfangsphase nach der Einführung, das Niveau von 5S in regelmäßigen Zeitabständen zu bewerten. Weiters ist es für die Entwicklung und Verbesserung von 5S von Relevanz, Meetings abzuhalten, in denen Mitarbeiter ihre Ideen einbringen können und über deren Verwirklichung diskutiert wird.

5S Bewertungsbogen					
Datum:					
Begutachter:					
Verantwortungsbereich:					
Gesamtnote:					
					
☒	Nr.	Berurteilungsgegenstand	Beschreibung	Note	Notizen
Sortieren	1	Materialien und Gegenstände und Maschinen	Wurden alle nicht benötigten Materialien, Gegenstände und Ersatzteile aussortiert?		
	3	Werkzeuge und Ersatzteile und Dokumente	Wurden alle nicht benötigten Werkzeuge, Dokumente und Ersatzteile aussortiert?		
	4	Müll und wertlose Gegenstände	Wurde der gesamte Müll entsorgt?		
	5	Quarantänebereich	Sind noch Gegenstände im Quarantänebereich?		
Systematisieren	6	Markierungen	Sind Regale und Schränke markiert?		
	7	Platzdefinitionen	Haben alle Arbeitsmaterialien einen gekennzeichneten und definierten Platz?		
	8	5S-Materialbereitstellung	Sind alle benötigten Werkzeuge/Regale etc. geliefert und installiert?		
	10	Reinigungsmaterial	Ist genügend Reinigungsmaterial vorhanden und dieses gut organisiert?		
Sauberkeit	11	Grundreinigung	Wurde eine Grundreinigung von Boden, Maschinen und Arbeitsgeräten durchgeführt?		
	12	Boden, Maschinen, und Arbeitsgeräte	Sind Boden, Maschinen und Arbeitsgeräte frei von Verunreinigungen?		
	13	Ursachen für Verunreinigungen	Sind Ursachen für Verunreinigungen identifiziert und behoben worden?		
	14	Reparatur von beschädigten Gegenständen	Sind alle beschädigten Gegenstände gemeldet und repariert worden?		
Standardisieren	16	Verbesserungsvorschläge	Gibt es einen transparenten Weg um Verbesserungsvorschläge einzubringen?		
	17	One-Page-Standards	Sind One-Page-Standards eingeführt und in Gebrauch?		
	18	Optische Hilfsmittel (z.B. Bodenmarkierungen)	Können Abweichungen vom Sollzustand schnell erkannt werden?		
	19	Reinigungszyklus und Verantwortlichkeit	Ist die Verantwortung für Reinigung klar und wird diese ausreichend oft durchgeführt?		
Selbstdisziplin	21	Die ersten vier fünf S	Sind die ersten vier 5S im Einsatz?		
	22	5S - Runden	Gibt es 5S Runden, zum Besprechen von Verbesserungsvorschlägen und Abweichungen?		
	23	Begutachtung	Wird eine 5S Bewertung in regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt?		
Anmerkungen					
1 = sehr gut 2 = gut 3 = befriedigend 4 = sehr wenig umgesetzt 5 = nicht umgesetzt					

3-42: 5S\_Bewertungsbogen

---

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Maserarbeit wurde der Materialfluss in der Endfertigung der Medienfabrik Graz untersucht. Die Aufgabenstellung der Arbeit war es die vorliegenden Materialflussbeziehungen qualitativ und quantitativ zu analysieren. Im Zuge dessen galt es die auftretende Materialflussintensität zu berechnen und im Rahmen einer Layoutplanung, ein Layout mit minimierter Materialflussintensität zu erarbeiten. Weiters sollten in diesem Layout auch neue Produktionseinheiten entsprechend dem Materialfluss eingebettet werden. Eine weitere Aufgabenstellung war es das Bild für Kunden und Außenstehende in der Endfertigung zu verbessern, wofür ein 5S Konzept entwickelt wurde.

Am Anfang war es wichtig, die vorliegenden Probleme zu strukturieren und Teilaufgaben abzuleiten. Eine der ersten dieser Teilaufgaben, nach Erarbeitung der theoretischen Grundlagen für die Durchführung einer Materialflussanalyse und Layoutplanung, war es die vorherrschenden Materialflussbeziehungen zu analysieren und anschließend zu quantifizieren. Dies geschah durch Beobachtungen, Befragungen und anhand einer Primärdatenaufnahme mit einem speziell dazu erarbeiteten Materialflussbogen. Aus den daraus gewonnenen Daten konnten die verschiedenen Puffergrößen für Zwischenprodukte, welche vor den jeweiligen Produktionseinheiten in der Layoutplanung vorgesehen werden sollten, um ein durchgängiges Push System einführen zu können, berechnet werden. Weiters wurden die gewonnenen Materialflussdaten in einem Sankey Diagramm und einem maßstäblichen Materialflussbild grafisch dargestellt. Hierfür hat man die vorhandenen Betriebsmittel vermessen und in ein mittels AutoCAD 2015 erstelltes maßstäbliches Layout übertragen. Die vorherrschende Materialflussintensität hat man aus Materialflussmatrizen berechnet, welche ebenfalls aus den Materialflussdaten aufgebaut wurden. Diese Materialflussintensität bildete einen wichtigen Grundstein für alle weiteren Betrachtungen. Aus der Kombination des maßstäblichen Materialflussbildes und dieser Matrizen war es möglich die Schwachstellen der derzeitigen Situation zu sichten, welche es bei der abschließenden Layoutplanung weitgehend zu beseitigen galt. Ausgangspunkt für die Layoutplanung war ein Idellayout mit Reihenfolge optimierter Maschinenanordnung und minimaler Materialflussintensität. Mit Hilfe dieses Ideallayouts und unter Berücksichtigung aller weiteren relevanten Rahmenbedingungen entwickelte man verschiedene potentielle Layoutvarianten aus denen, unter Beachtung verschiedener relevanter Kriterien, die für die Endfertigung der Medienfabrik Graz geeignetste Variante, mit Hilfe einer Nutzwerteanalyse gesichtet wurde.

In der ausgewählten Variante sind die neuen Produktionseinheiten ideal in den Materialfluss eingebettet, der Platz für Fertigprodukte und Leerpapier konnte um 75 % gesteigert werden. Vor allen Produktionseinheiten sind die benötigten Pufferflächen für Zwi-

---

schenprodukte eingeplant, was die durchgängige Einführung eines Push Systems ermöglicht. Die Materialflussintensität der Endfertigung konnte um 39,2 % (18,2 % global) verringert werden. Diese Variante wurde anschließend in einem Detaillayout konkretisiert und unter Betreuung des Diplomanden auch praktisch umgesetzt.

Zusätzlich wurde im Zuge dieser Arbeit ein 5S Konzept für die Endfertigung entwickelt. Durch dieses 5S Konzept in Verbindung mit dem neuen materialflussgerechten Layout, sollte das Bild für potentielle Kunden und Außenstehende signifikant verbessert werden.

Durch die Kombination von Materialflussanalyse, Layoutplanung und der Erstellung eines 5S Konzeptes, konnte man den Zielsetzungen und daraus abgeleiteten Aufgabenstellungen dieser Masterarbeit sehr gut gerecht werden. Im Folgenden sollten die Ergebnisse und Verbesserungen, die aus der umgesetzten Layoutvariante in Verbindung mit dem erarbeiteten 5S Konzept, entstanden sind, nochmals kurz erklärt werden.

### ***Push System***

Durch die während der Materialflussanalyse berechneten Puffergrößen für Zwischenprodukte vor den jeweiligen Produktionseinheiten und der Berücksichtigung dieser während der Layoutplanung, war es möglich im neuen Layout ein Push System einzuführen. Welches den großen Vorteil mit sich bringt, dass jetzt jeder Mitarbeiter genau weiß wo er die für ihn relevanten Produkte findet bzw. wo er diese nach seinem Bearbeitungsschritt abzustellen hat. Im Zuge dessen war es auch möglich in der neuen Layoutvariante den großen Puffer im Offsetdrucksaal aufzulösen. Dieses Push System hat nicht nur die Suchzeiten für Produkte maßgeblich verringert, sondern schafft auch ein geordnetes Bild.

### ***Produktionserweiterung und neue räumliche Kapazität***

Einer der ausschlaggebenden Beweggründe für diese Arbeit war der akute Platzmangel in der Endfertigung. Es stand schon zu Beginn fest, dass der Maschinenpark um zwei weitere Produktionseinheiten erweitert werden soll, was aber in der vorherrschenden Situation nicht möglich war. Man konnte zwar eine neue kleine Räumlichkeit als Kapazität für die Endfertigung generieren, es stellte sich aber die Frage, welche Betriebsmittel dort hin ausgelagert werden sollten, da diese materialflusstechnisch sehr ungünstig liegt. Durch die Auswertung der Materialflüsse und Berücksichtigung aller weiteren Rahmenbedingungen, war es möglich im neuen Layout die am besten geeigneten Betriebsmittel für die Auslagerung auszuwählen, sowie die neuen Produktionseinheiten ideal in den vorherrschenden Materialfluss zu integrieren.

---

### ***Materialflussintensität***

Das wohl wichtigste Ziel dieser Masterarbeit war es ein Layout mit verringerter Materialflussintensität zu erarbeiten. Mit einer Materialflusseinsparung von 39,2 % in der Endfertigung und 18,2 % unter Mitberücksichtigung des Offsetdruckes ist das in der umgesetzten Layouvariante auch gut gelungen. Die wichtigsten Punkte, die zu dieser enormen Einsparung geführt haben, waren neben der Einführung des Push Systems, eine optimierte, materialflussgerechte Maschinenanordnung und die Reaktivierung einer Durchfahrt vom Offsetdruck in die Endfertigung, welche von Maschinen blockiert war.

### ***Platzbedarf Expedit und Leerpapier***

Ein weiterer großer Vorteil des neuen Layouts ist, dass durch die Auflösung des großen Puffers und der Beseitigung der Farbregele Platz für Leerpapierpaletten hinter den Druckmaschinen generiert werden konnte. Diese können aufgrund des neuen Platzangebotes in auftragsbezogene Papiere, Lagerpapiere und Restpapiere getrennt werden, was zu einer deutlich verbesserten Übersicht und einer Verringerung von Suchzeiten führt. Das Platzangebot konnte dabei um 75 % gesteigert werden. Auch im Expeditbereich ist im neuem Layout genug Platz für Fertigprodukte vorgesehen, damit alle Regale frei zugänglich sind. Auch hier konnte das Platzangebot um 75 % gesteigert werden.

### ***Bild für Außenstehende***

Obwohl 5S beim Verfassen dieser Arbeit noch nicht vollständig implementiert war, hat sich das Bild für Kunden und Außenstehende bereits klar verbessert. Diese Tatsache entwickelte sich aus der Kombination mehrere Faktoren. Die übersichtlichere Maschinenanordnung und die klar definierten Pufferplätzen tragen ebenso dazu bei, wie das teilweise erhöhte Platzangebot und die bisherigen 5S Aktivitäten, wie z.B. Aussortieren von nicht benötigten Gegenständen und Markieren von Transportwegen und Pufferflächen.

Für die Zukunft ist es wichtig die Implementierung von 5S abzuschließen und eventuell auf weitere Unternehmensbereiche auszuweiten, sowie dabei geschaffene Standards und Strukturen durch regelmäßige Besprechungen und Auditierungen zu erhalten und zu verbessern. Beim Materialfluss stellt vor allem die Entsorgung des Papierabfalls, welche ein Drittel des gesamten Materialflusses in der Endfertigung ausmacht, ein großes Einsparungspotential für die Zukunft dar. Durch ein geeignetes Absaugungssystem könnten dabei nochmals 30 % der Materialflussintensität eingespart werden. Abschließend ist zu sagen, dass durch diese Arbeit die Effizienz im Bereich der Endfertigung maßgeblich gesteigert werden konnte, aber es für die Zukunft in anderen Abteilungen und vor allem im Lagerbereich noch große Einsparungspotenziale gibt.

---

## 5 Literaturverzeichnis

1. **Kettner, H., Schmied, J. and Greim, H.-R.:** *Leitfaden der systematischen Fabrikplanung*, München/Wien, Carl Hanser Verlag, 1984
2. **Grundig, C.-G.:** *Fabrikplanung, Planungssystematik-Methoden-Anwendung*, München, Carl Hanser Verlag, 2004
3. **Schenk, M., Wirth, S., Müller, E.:** *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb - Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik*, Berlin, Springer Verlag, 2014
4. **Tinello, D., Jodin, D., Trummer, W.:** *Vorlesungsunterlagen Fabrikplanung*, Graz , Institut für technische Logistik, TU Graz, 2014
5. **Schmigalla, H.:** *Fabrikplanung - Begriffe und Zusammenhänge*, München, Kommisions-Verlag, 1995
6. **3300, VDI Richtlinie.:** *Materialflussuntersuchungen*, Berlin/Düsseldorf, Beuth-Verlag, 1959
7. **Nestler, H.:** *Materialflussuntersuchungen in Fertigungsbetrieben*;Düsseldorf; VDI-Verlag, 1974
8. **Heinrich, M.:** *Transport- und Lagerlogistik*; Wiesbaden; Vieweg - Teubner Verlag, 2011
9. **2689, VDI Richtlinie.:** *Leitfaden für Materialflussuntersuchungen*, Berlin/Düsseldorf, Beuth Verlag, 1974
10. **Pawellek, G.:** *Ganzheitliche Fabriksplanung - Grundlagen, Vorgehensweise, EDV Unterstützung*, Berlin/Heidelberg, Springer, 2008
11. **Schmigalla, H., Stanek, W.:** *Optimierung flexibler logistikgerechter Fertigungsstrukturen*, München, Carl Hanser Verlag, 1991
12. **Mitterer, G.:** *Materialflussanalyse und Optimierung in einem mittelständischen Betrieb*, Masterarbeit, TU Graz, 2013
13. **Arnold, D. and Furmans, K.:** *Materialfluss in Logistiksystemen*, Berlin, Springer, 2006
14. **Wohniz, J.-W.:** *Vorlesungsskript Industriebetriebslehre*, TU Graz, 2013/2014
15. **Brunner, F., Wagner, K.:** *Taschenbuch Qualitätsmanagement - Leitfaden für Studium und Praxis*: München/Wien, Carl Hanser Verlag, 2008.

- 
16. **Wiedentdahl, H.-P., Reichhardt, J. and Nyhuis, P.:** *Handbuch Fabriksplanung - Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*, München, Carl Hanser Verlag, 2009
  17. **Kipphan, H.:** *Handbuch der Printmedien*, Heidelberg, Springer, 2000.
  18. **2498, VDI Richtlinie:** *Vorgehen bei einer Materialflussplanung*. Berlin/Düsseldorf, Beuth Verlag, 2008
  19. **Dickmann, P.:** *Schlanker Materialfluss mit Lean Produktion, Kanban und Innovationen*, Heidelberg, Springer, 2008
  20. **Fischer, W. and Dittrich, L.:** *Materialfluss und Logistik*, Heidelberg, Springer, 2004
  21. **Gartler, L. and Steindl, G.:** *100 Jahre Steiermärkische Landesdruckerei*. Graz, Medienfabrik Graz, 2012
  22. **Gorecki, P. and Pautsch, P.:** *Lean Management* München, Carl Hanser Verlag, 2013
  23. **Groth, U. and Kammel, A.:** *Lean Management - Konzept-Kritische Analyse-Praktische Lösungsansätze*, Wiesbaden, Gabler Verlag, 1994
  24. **Harmon, R.-L.:** *Das Management der Neuen Fabrik*, Frankfurt am Main, Campus Verlag, 1993
  25. **Hompel, M. and Heidenblut, V.:** *Taschenlexikon Logistik-Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik*, Berlin/Heidelberg, Springer, 2011
  26. **Kamiske, G.-F.:** *Handbuch QM-Methoden: Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*, München, Carl Hanser Verlag, 2013
  27. **Kroslid, D. and Ohnesorge, D.:** *5S - Prozesse und Arbeitsumgebung optimieren*, München Carl Hanser Verlag, 2014
  28. **Pfeiffer, W. and Weiß, E.:** *Lean Management - Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen*, Berlin, Erich Schmidt Verlag, 1994
  29. **Wagner, K.-W., Lindner, A.-M.:** *WPM - Wertstromorientiertes Prozessmanagement*, München, Carl Hanser Verlag, 2013
  30. **Medienfabrik Graz:** Webseite, [www.mfg.at](http://www.mfg.at), Zugriffsdatum 20.10.2014

---

## 6 Abbildungsverzeichnis

1-1: Hauptabteilungen	3
2-1: Wettbewerbsfaktoren und Entwicklungstendenzen für wandlungsfähige Fabriken	13
2-2: Zeitliche Überlappung von Planungsstufen	14
2-3: Materialflussbereiche	17
2-4: Kostenentwicklung im Materialfluss	18
2-5: Einflussfaktoren auf den Materialfluss	19
2-6: Vorgehensweise bei der Untersuchung von Materialflussproblemen	21
2-7: Datenerhebungsmethoden	24
2-8: Darstellungsformen der ausgewerteten Daten	26
2-9: Sankey-Diagramm	27
2-10: Maßstäbliches Materialflussbild	28
2-11: Strukturdiagramm	29
2-12: Ableitung verschiedener Materialflussmatrizen	31
2-13: Planungsstufen der Materialflussplanung	33
2-14: Anordnungsoptimierung mittels Strukturdiagramm	34
2-15: Dreiecksmethode	35
2-16: Abstandsmatrix, Transportmatrix und Transportaufwandsmatrix	35
2-17: Präferenzenmatrix	39
2-18: Nutzwertanalyse	39
2-19: 5S Umsetzungsphasen in Japanisch und Deutsch	41
2-20: Lean Haus	43
3-1: Zwischenlagerplatz im Offsetdrucksaal	52
3-2: Zusammentragmaschine	53
3-3: Laminator	53
3-4: Arbeitsplatzsituation	54
3-5: Zwischenlagerungssituation	54
3-6: "Pöcke"	56

---

3-7: Wagen	56
3-8: Input-Output-Formular_Falz 607	57
3-9: Input SM 1	57
3-10: Output SM 1	57
3-11: Verteilung und Anzahl der Produkte des großen Puffers	58
3-12: Einzuplanende Palettenabstellplätze für Zwischenprodukte	59
3-13: Isometrisches Materialflussbild	60
3-14: Sankey-Diagramm_Endfertigung	61
3-15: Adjazenzmatrix_Endfertigung	62
3-16: Transportmatrix_Endfertigung	63
3-17: Distanzmatrix_Endfertigung_Ausgangssituation	64
3-18: Materialflussintensitätsmatrix_Ausgangssituation	65
3-19: Produkte vor Regalen	67
3-20: Farbegale	67
3-21: Verteilung des Materialflusses in der Endfertigung	67
3-22: Vermischte Leerpapierpaletten	67
3-23: Layout der Ausgangssituation mit markierten Schwachstellen	69
3-24: Dominierende Zielfunktion	70
3-25: Reihenfolge optimierte Transportmatrix	71
3-26: Ideallayout	71
3-27: Maßstäbliche Schablonen	72
3-28: Präferenzenmatrix_Endfertigungsleiter	80
3-29: Nutzwertanalyse_Pucher	81
3-30: Detaillayout	83
3-31: 5S_Ausgangssituation (1)	84
3-32: 5S_Ausgangssituation (2)	84
3-33: 5S_Ausgangssituation (3)	84
3-34: 5S_Funktionen	85
3-35: 5S_Umsetzungszeitplan	86
3-36: 5S_Verantwortungsbereiche	87
	99

---

3-37: 5S_Phasenabschlussformular	88
3-38: Phase 1_Aussortieren	89
3-39: Phase 1 _Aussortieren	89
3-40: 5S_Bodenmarkierungen	90
3-41: One-Page-Standard_Vorlage	91
3-42: 5S_Bewertungsbogen	92

---

## 7 Tabellenverzeichnis

3-1: Materialflussintensitäten_Endfertigung_Ausgangssituation	65
3-2: Bewertungsskala_Materilaflussintensität	74
3-3: Variantenbewertung_Materilaflussintensität	74
3-4: Bewertungsskala_Leerpapierstellplätze	74
3-5: Variantenbewertung_Leerpapierabstellplätze	75
3-6: Bewertungsskala_Zwischenproduktpuffer	75
3-7: Variantenbewertung_Zwischenproduktpuffer	75
3-8: Bewertungsskala_Kompetenzzentren	76
3-9: Variantenbewertung_Kompetenzzentren	76
3-10: Bewertungsskala_Erweiterungsfähigkeit	76
3-11: Variantenbewertung_Erweiterungsfähigkeit	76
3-12: Bewertungsskala_Realisierungsaufwand	77
3-13: Variantenbewertung_Realisierungsaufwand	77
3-14: Bewertungsskala_Abstellplätze im Expeditbereich	78
3-15: Variantenbewertung_Abstellplätze im Expeditbereich	78
3-16: Bewertungsskala_Größe bzw. Entfernung des Reservepuffers	78
3-17: Variantenbewertung_Entfernung des Reservepuffers	79
3-18: Bewertungsskala _ Möglichkeiten der Doppelmaschinenbedienung	79
3-19: Variantenbewertung _ Möglichkeiten der Doppelmaschinenbedienung	80
3-20: Auswertung_Nutzwertanalyse	81

---

## 8 Abkürzungen

SM	Schneidmaschine
FALZ	Falzmaschine
SH	Sammelhefter
DS	Drucksaal
DM	Druckmaschine
SL	Stitchliner
KB	Klebebinder
FGK	Fertigungsgemeinkosten
B	Bearbeiten
F	Fördern
FGK	Fertigungsgemeinkosten
FK	Fertigungskosten
HK	Herstellkosten
MF	Materialfluss
MGK	Materialgemeinkosten
SK	Selbstkosten
W	Warten
WA	Warenausgang
WE	Wareneingang
Abb.	Abbildung
Tab.	Tabelle
Trm	Einheit Transporte x Meter

## 9 Anhang

Im Anhang sind ausgearbeitete Tabellen und Layouts eingefügt, welche aus Übersichtlichkeitsgründen im Verlauf der Arbeit keinen Platz fanden.

### 9.1 Distanz- und Intensitätsmatrizen der Layoutvarianten

Distanzmatrix (Variante A)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		25,1	33,3	32,5	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0
SM 1			0,0	18,0	27,5	14,4	9,8	24,0	91,5	14,5	54,0	31,0	0,0	9,7
SM 2				6,4	32,2	19,9	10,0	28,1	0,0	14,0	58,2	34,3	0,0	26,6
Falz 604					0,0	0,0	0,0	23,7	0,0	16,0	57,1	40,8	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	12,2	0,0	26,7	0,0	14,2	0,0	0,0
Falz 607							0,0	11,2	0,0	27,2	0,0	20,4	0,0	0,0
Popp								72,7	0,0	0,0	0,0	57,6	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	32,2	6,5	20,9	0,0
SL										0,0	52,4	25,7	0,0	0,0
KB											0,0	31,9	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Intensitätsmatrix (Variante A)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		8006,9	2664,0	32,5	0,0	4132,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	912,0	0,0	0,0
SM 1			0,0	1152,0	742,5	1483,2	872,2	528,0	1098,0	58,0	5508,0	2077,0	0,0	552,9
SM 2				89,6	1127,0	338,3	20,0	0,0	0,0	14,0	1978,8	343,0	0,0	0,0
Falz 604					0,0	0,0	0,0	758,4	0,0	16,0	1199,1	1836,0	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	634,4	0,0	213,6	0,0	355,0	0,0	0,0
Falz 607							0,0	1971,2	0,0	1033,6	0,0	265,2	0,0	0,0
Popp								1090,5	0,0	0,0	0,0	864,0	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	3445,4	786,5	1149,5	0,0
SL										0,0	5868,8	2338,7	0,0	0,0
KB											0,0	319,0	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Distanzmatrix (Variante B)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		25,1	25,3	32,5	0,0	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0
SM 1			0,0	18,0	18,4	14,7	9,8	24,0	91,5	14,5	54,0	31,0	0,0	9,7
SM 2				6,4	28,8	33,5	17,4	6,4	0,0	27,0	38,9	12,2	0,0	22,4
Falz 604						0,0	0,0	23,7	0,0	16,0	57,1	40,8	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	18,3	0,0	8,3	0,0	32,6	0,0	0,0
Falz 607							0,0	37,7	0,0	28,3	0,0	51,7	0,0	0,0
Popp								72,7	0,0	0,0	0,0	57,6	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	32,2	6,5	20,9	0,0
SL										0,0	52,4	25,7	0,0	0,0
KB											0,0	31,9	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Intensitätsmatrix (Variante B)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		8006,9	2024,0	32,5	0,0	4161,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	912,0	0,0	0,0
SM 1			0,0	1152,0	496,8	1514,1	872,2	528,0	1098,0	58,0	5508,0	2077,0	0,0	552,9
SM 2				89,6	1008,0	569,5	34,8	0,0	0,0	27,0	1322,6	122,0	0,0	0,0
Falz 604					0,0	0,0	0,0	758,4	0,0	16,0	1199,1	1836,0	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	951,6	0,0	66,4	0,0	815,0	0,0	0,0
Falz 607							0,0	6635,2	0,0	1075,4	0,0	672,1	0,0	0,0
Popp								1090,5	0,0	0,0	0,0	864,0	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	3445,4	786,5	1149,5	0,0
SL										0,0	5868,8	2338,7	0,0	0,0
KB											0,0	319,0	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Distanzmatrix (Variante C)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		25,1	33,3	39,0	0,0	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0
SM 1			0,0	17,0	15,9	19,7	20,3	24,0	91,5	26,3	54,0	31,0	0,0	9,7
SM 2				13,4	4,7	11,5	23,5	28,1	0,0	31,7	58,2	34,3	0,0	26,6
Falz 604					0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	23,7	54,0	28,9	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	22,6	0,0	34,6	0,0	35,3	0,0	0,0
Falz 607							0,0	23,1	0,0	35,1	0,0	35,8	0,0	0,0
Popp								72,7	0,0	0,0	0,0	57,6	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	32,2	6,5	12,2	0,0
SL										0,0	44,2	14,9	0,0	0,0
KB											0,0	14,6	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Intensitätsmatrix (Variante C)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		8006,9	2664,0	39,0	0,0	5705,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	912,0	0,0	0,0
SM 1			0,0	1088,0	429,3	2029,1	1806,7	528,0	1098,0	105,2	5508,0	2077,0	0,0	552,9
SM 2				187,6	164,5	195,5	47,0	0,0	0,0	31,7	1978,8	343,0	0,0	0,0
Falz 604					0,0	0,0	0,0	243,2	0,0	23,7	1134,0	1300,5	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	1175,2	0,0	276,8	0,0	882,5	0,0	0,0
Falz 607							0,0	4065,6	0,0	1333,8	0,0	465,4	0,0	0,0
Popp								1090,5	0,0	0,0	0,0	864,0	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	3445,4	786,5	671,0	0,0
SL										0,0	4950,4	1355,9	0,0	0,0
KB											0,0	146,0	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Distanzmatrix (Variante D)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		25,1	33,3	32,5	0,0	50,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0
SM 1			0,0	18,0	9,3	13,1	20,3	24,0	91,5	29,4	54,0	31,0	0,0	9,7
SM 2				6,4	9,4	13,5	23,5	28,1	0,0	31,7	58,2	34,3	0,0	26,6
Falz 604					0,0	0,0	0,0	23,7	0,0	35,5	57,1	40,8	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	6,9	0,0	24,3	0,0	24,9	0,0	0,0
Falz 607							0,0	4,6	0,0	26,7	0,0	26,4	0,0	0,0
Popp								72,7	0,0	0,0	0,0	57,6	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	32,2	6,5	12,2	0,0
SL										0,0	44,2	14,9	0,0	0,0
KB											0,0	10,2	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Intensitätsmatrix (Variante D)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		8006,9	2664,0	32,5	0,0	7221,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	912,0	0,0	0,0
SM 1			0,0	1152,0	251,1	1349,3	1806,7	528,0	1098,0	117,6	5508,0	2077,0	0,0	552,9
SM 2				89,6	329,0	229,5	47,0	0,0	0,0	31,7	1978,8	343,0	0,0	0,0
Falz 604					0,0	0,0	0,0	758,4	0,0	35,5	1199,1	1836,0	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	358,8	0,0	194,4	0,0	622,5	0,0	0,0
Falz 607							0,0	809,6	0,0	1014,6	0,0	343,2	0,0	0,0
Popp								1090,5	0,0	0,0	0,0	864,0	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	3445,4	786,5	671,0	0,0
SL										0,0	4950,4	1355,9	0,0	0,0
KB											0,0	102,0	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Distanzmatrix (Ideallayout)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		11,3	18,6	13,4	0,0	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,1	0,0	0,0
SM 1			0,0	16,4	12,4	14,3	12,1	28,5	31,8	28,5	54,6	29,7	0,0	9,7
SM 2				26,7	12,7	16,8	5,7	34,2	0,0	23,3	50,7	25,6	0,0	26,6
Falz 604					0,0	0,0	0,0	32,6	0,0	33,1	56,9	37,8	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	18,6	0,0	16,8	0,0	19,3	0,0	0,0
Falz 607							0,0	20,6	0,0	24,1	0,0	25,7	0,0	0,0
Popp								13,5	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	32,2	6,5	20,9	0,0
SL										0,0	47,1	15,8	0,0	0,0
KB											0,0	18,5	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

Intensitätsmatrix (Ideallayout)														
NACH VON	Drucksaal	SM 1	SM 2	Falz 604	Falz 606	Falz 607	SL	SH	Popp	KB	Ents.	Expedit	Lettersh.	KDM
Drucksaal		3604,7	1488,0	13,4	0,0	3031,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	742,0	0,0	0,0
SM 1			0,0	1049,6	334,8	1472,9	1076,9	627,0	381,6	114,0	5569,2	1989,9	0,0	552,9
SM 2				373,8	444,5	285,6	11,4	0,0	0,0	23,3	1723,8	256,0	0,0	0,0
Falz 604					0,0	0,0	0,0	1043,2	0,0	33,1	1194,9	1701,0	0,0	0,0
Falz 606						0,0	0,0	967,2	0,0	134,4	0,0	482,5	0,0	0,0
Falz 607							0,0	3625,6	0,0	915,8	0,0	334,1	0,0	0,0
Popp								202,5	0,0	0,0	0,0	61,5	0,0	0,0
SH									0,0	0,0	3445,4	786,5	1149,5	0,0
SL										0,0	5275,2	1437,8	0,0	0,0
KB											0,0	185,0	0,0	0,0
Ents.												0,0	0,0	0,0
Expedit													0,0	0,0
Lettersh.														0,0
KDM														

## 9.2 Präferenzenmatrizen und Nutzwertanalysen

Folgend sind die Präferenzenmatrizen, sowie die Nutzwertanalysen dargestellt, welche aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht direkt in den Masterarbeitstext eingearbeitet wurden.

### Geschäftsführer

Kriterium	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Punkte	Gewichtung
Realisierungsaufwand (Kosten)	1		1	1	1	1	6	1	1	1	7	19,44
Zusätzliche Lagerpapierabstellplätze	2			3	2	2	6	7	8	9	2	5,56
Zwischenproduktpuffergröße	3				3	3	3	3	3	3	7	19,44
Kompetenzzentren	4					4	6	4	8	9	2	5,56
Erweiterungsfähigkeit (Neue Maschinen)	5						6	7	8	9	0	0,00
Möglichkeiten zur Doppelmaschinenbedienung	6							6	6	6	7	19,44
Reservepuffer (Entfernung)	7								7	9	3	8,33
Palettenabstellplätze Expedit	8									8	4	11,11
Materialflussintensität	9										4	11,11
<b>Total</b>											<b>36</b>	<b>100,00</b>

Nutzwertanalyse		Variante A		Variante B		Variante C		Variante D	
Kriterium	Gewichtung	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW
Realisierungsaufwand	19,44	7	136,11	5	97,22	5	97,22	7	136,11
Leerpapierabstellplätze	5,56	6	33,33	7	38,89	8	44,44	8	44,44
Pufferplätze	19,44	6	116,67	7	136,11	9	175,00	8	155,56
Kompetenzzentren	5,56	6	33,33	8	44,44	9	50,00	9	50,00
Erweiterungsfähigkeit	0,00	3	0,00	5	0,00	6	0,00	3	0,00
Doppelmaschinenbedienung	19,44	6	116,67	8	155,56	6	116,67	7	136,11
Reservepuffer	8,33	5	41,67	5	41,67	9	75,00	7	58,33
Palettenabstellplätze Expedit	11,11	10	111,11	8	88,89	9	100,00	8	88,89
Materialflussintensität	11,11	8	88,89	5	55,56	7	77,78	9	100,00
<b>Gesamtnutzwert</b>		<b>677,78</b>		<b>658,33</b>		<b>736,11</b>		<b>769,44</b>	

## Produktionsleiter

Kriterium	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Punkte	Gewichtung
Realisierungsaufwand (Kosten)	1		2	3	4	1	6	1	8	9	2	5,56
Zusätzliche Lagerpapierabstellplätze	2			3	4	2	6	2	2	9	4	11,11
Zwischenproduktpuffergröße	3				4	3	6	3	3	3	6	16,67
Kompetenzzentren	4					4	4	4	4	4	8	22,22
Erweiterungsfähigkeit (Neue Maschinen)	5						6	7	8	9	0	0,00
Möglichkeiten zur Doppelmaschinenbedienung	6							6	6	9	6	16,67
Reservepuffer (Entfernung)	7								8	9	1	2,78
Palettenabstellplätze Expedi	8									8	4	11,11
Materialflussintensität	9										5	13,89
<b>Total</b>											36	100,00

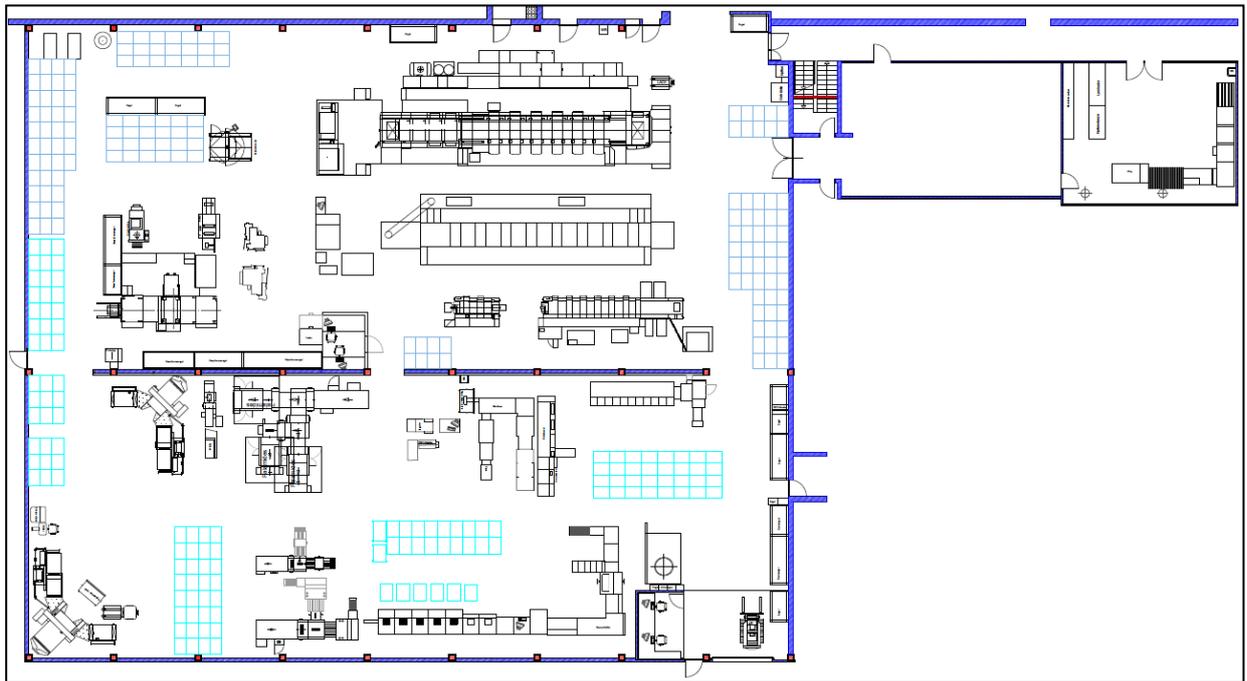
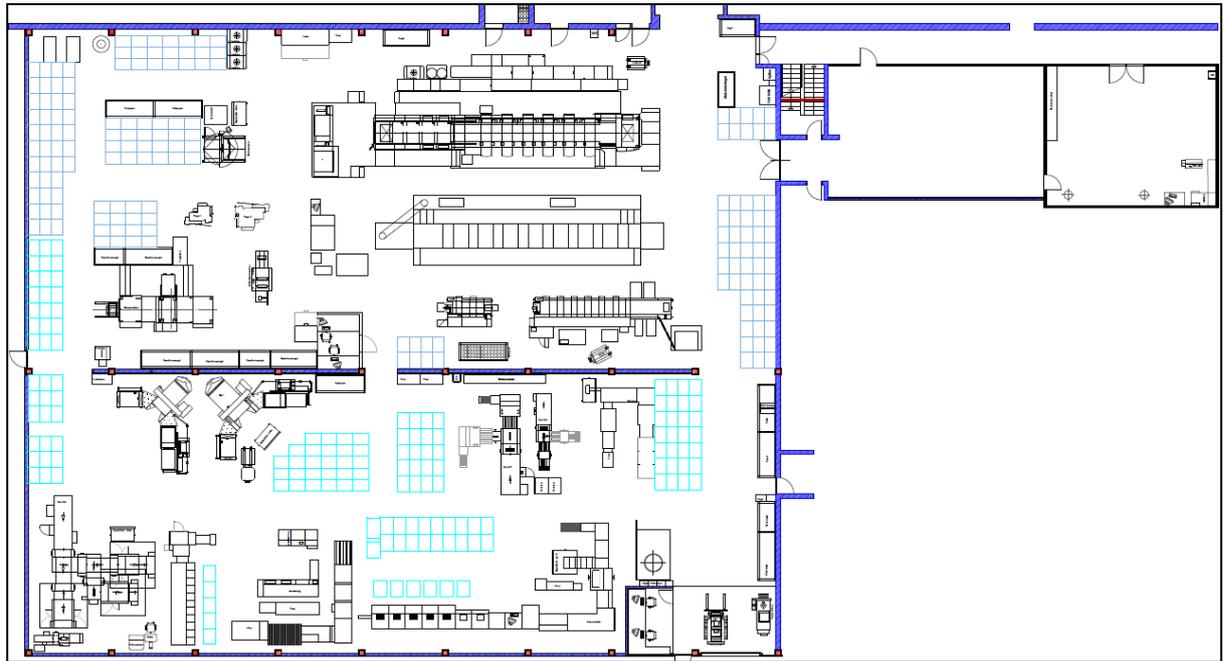
Nutzwertanalyse		Variante A		Variante B		Variante C		Variante D	
Kriterium	Gewichtung	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW
Realisierungsaufwand	5,56	7	38,89	5	27,78	5	27,78	7	38,89
Leerpapierabstellplätze	11,11	6	66,67	7	77,78	8	88,89	8	88,89
Pufferplätze	16,67	6	100,00	7	116,67	9	150,00	8	133,33
Kompetenzzentren	22,22	6	133,33	8	177,78	9	200,00	9	200,00
Erweiterungsfähigkeit	0,00	3	0,00	5	0,00	6	0,00	3	0,00
Doppelmaschinenbedienung	16,67	6	100,00	8	133,33	6	100,00	7	116,67
Reservepuffer	2,78	5	13,89	5	13,89	9	25,00	7	19,44
Palettenabstellplätze Expedi	11,11	10	111,11	8	88,89	9	100,00	8	88,89
Materialflussintensität	13,89	8	111,11	5	69,44	7	97,22	9	125,00
<b>Gesamtnutzwert</b>		675,00		705,56		788,89		811,11	

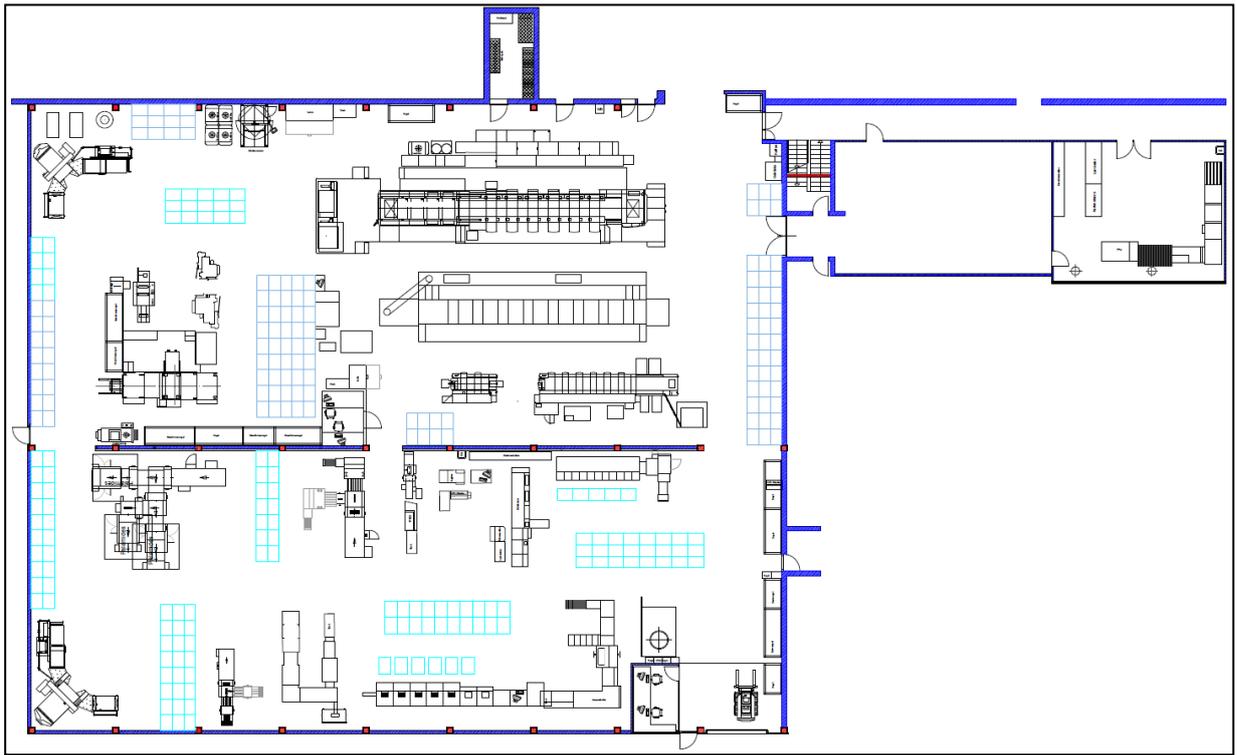
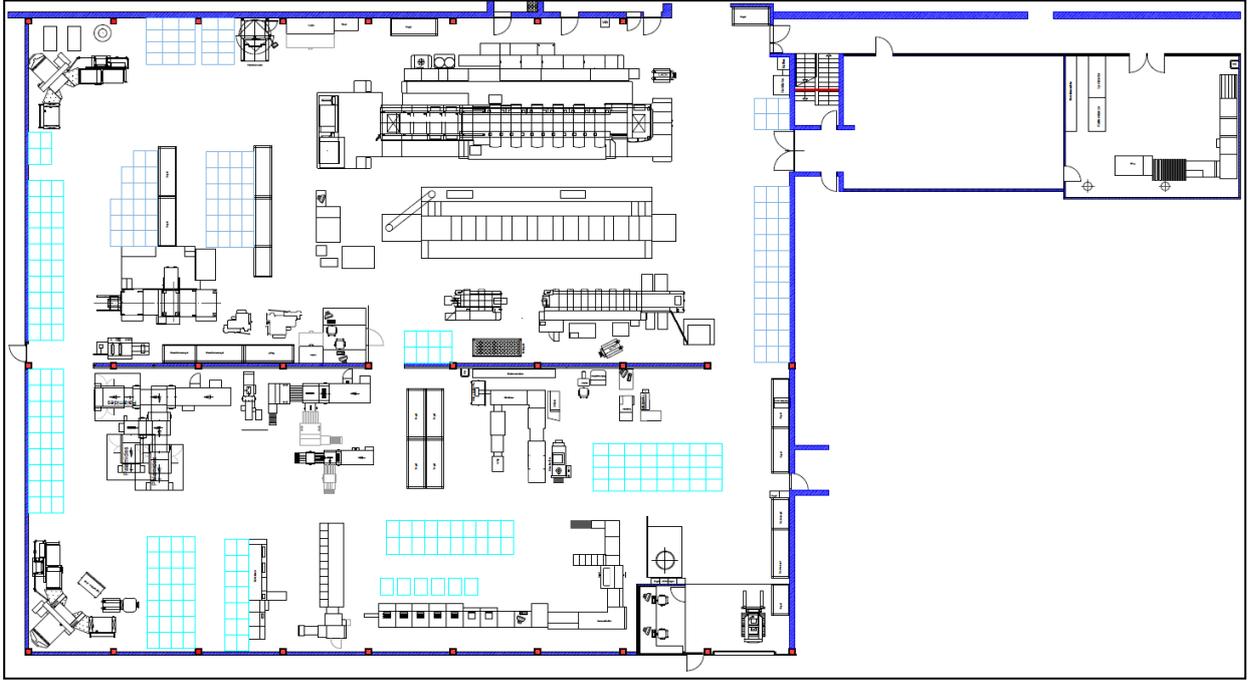
## Diplomand

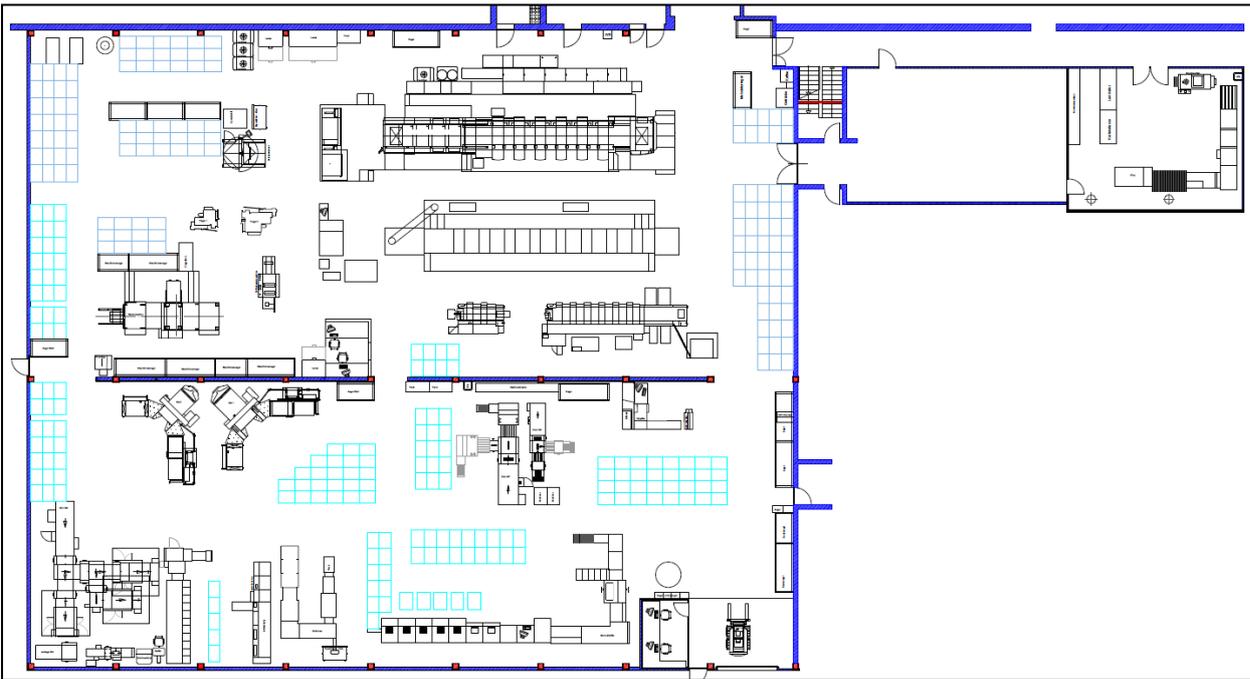
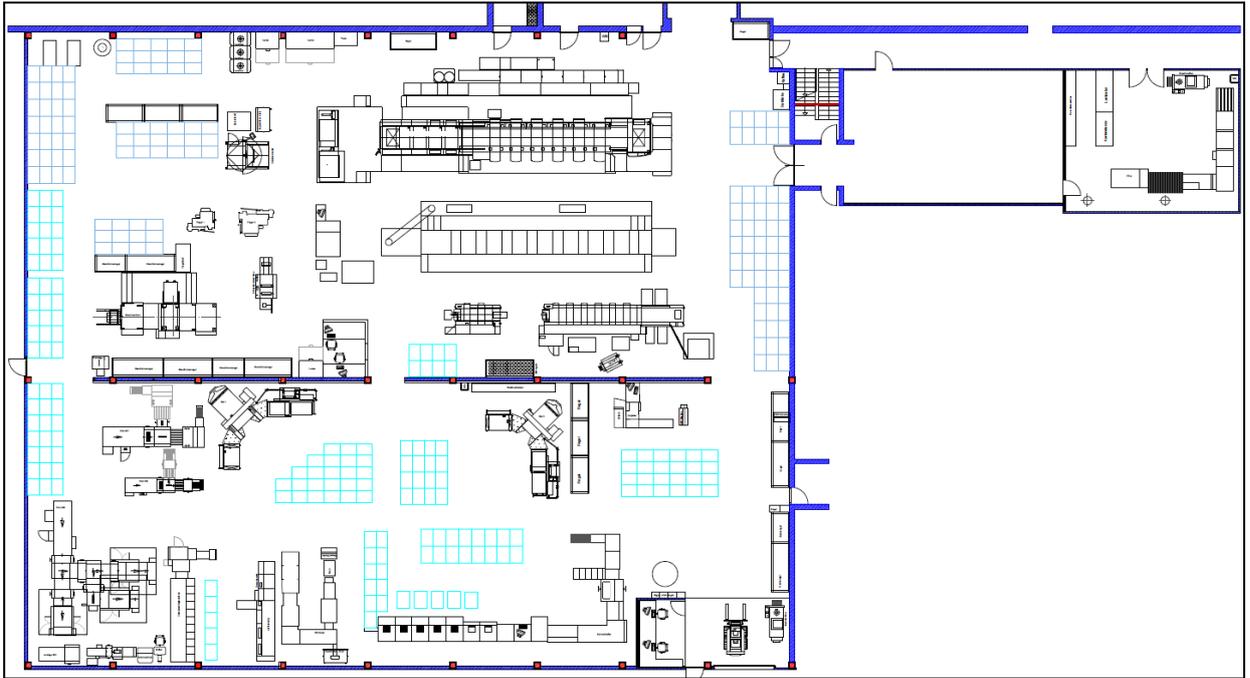
Kriterium	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Punkte	Gewichtung
Realisierungsaufwand (Kosten)	1		1	3	1	1	1	1	1	9	6	16,67
Zusätzliche Lagerpapierabstellplätze	2			3	4	2	6	7	2	9	2	5,56
Zwischenproduktpuffergröße	3				3	3	3	3	3	3	8	22,22
Kompetenzzentren	4					4	6	7	8	9	2	5,56
Erweiterungsfähigkeit (Neue Maschinen)	5						6	5	5	9	2	5,56
Möglichkeiten zur Doppelmaschinenbedienung	6							6	6	9	5	13,89
Reservepuffer (Entfernung)	7								8	9	2	5,56
Palettenabstellplätze Expedit	8									9	2	5,56
Materialflussintensität	9										7	19,44
<b>Total</b>											36	100,00

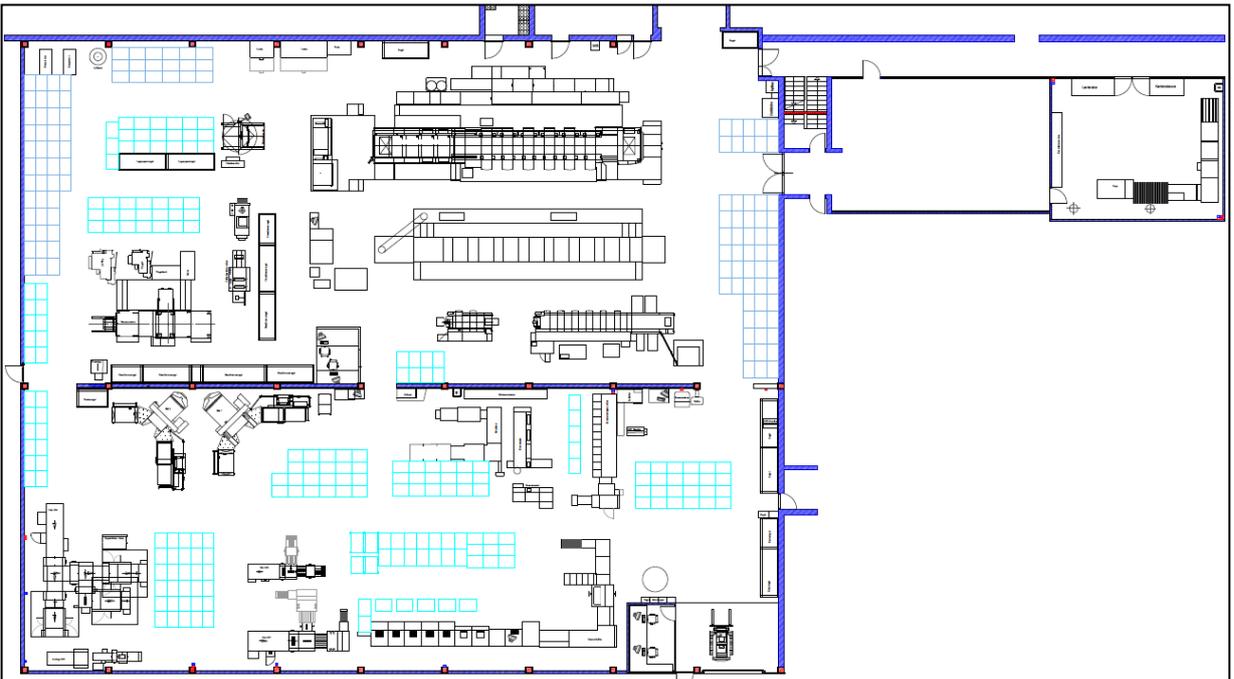
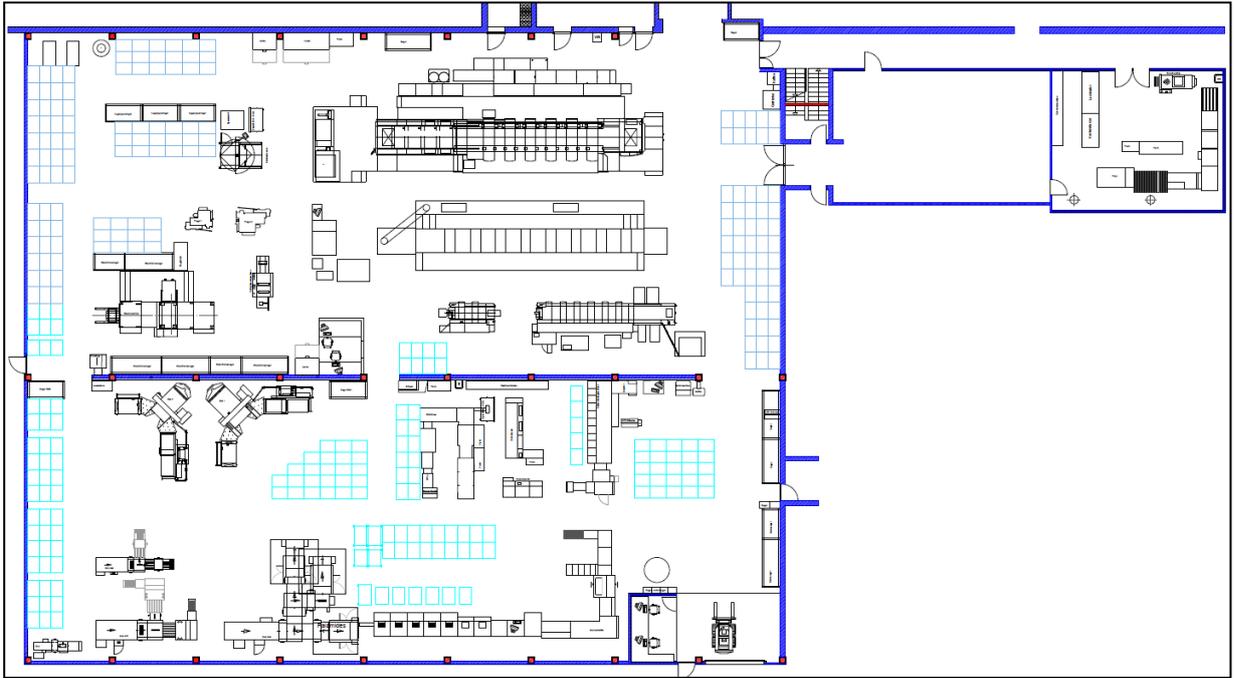
Nutzwertanalyse (Zainer Stefan)		Variante A		Variante B		Variante C		Variante D	
Kriterium	Gewichtung	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW	Erfüllung	TNW
Realisierungsaufwand	16,67	7	116,67	5	83,33	5	83,33	7	116,67
Leerpapierabstellplätze	5,56	6	33,33	7	38,89	8	44,44	8	44,44
Pufferplätze	22,22	6	133,33	7	155,56	9	200,00	8	177,78
Kompetenzzentren	5,56	6	33,33	8	44,44	9	50,00	9	50,00
Erweiterungsfähigkeit	5,56	3	16,67	5	27,78	6	33,33	3	16,67
Doppelmaschinenbedienung	13,89	6	83,33	8	111,11	6	83,33	7	97,22
Reservepuffer	5,56	5	27,78	5	27,78	9	50,00	7	38,89
Palettenabstellplätze Expedit	5,56	10	55,56	8	44,44	9	50,00	8	44,44
Materialflussintensität	19,44	8	155,56	5	97,22	7	136,11	9	175,00
<b>Gesamtnutzwert</b>		655,56		630,56		730,56		761,11	

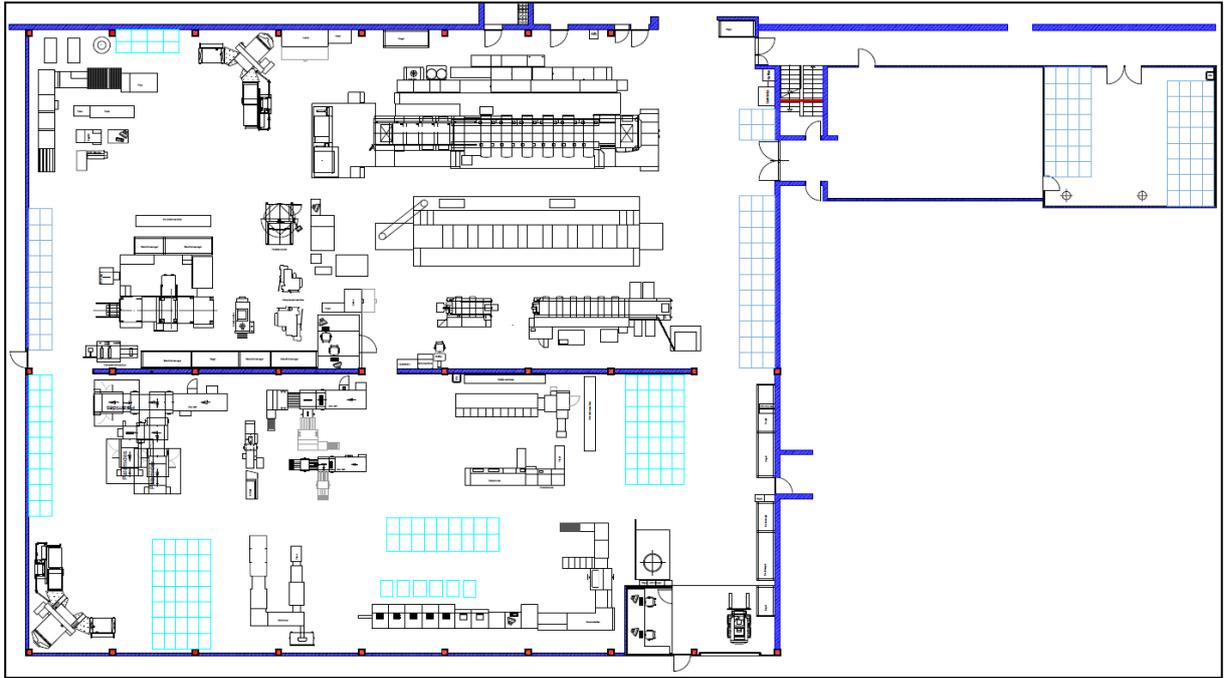
### 9.3 Layoutvarianten



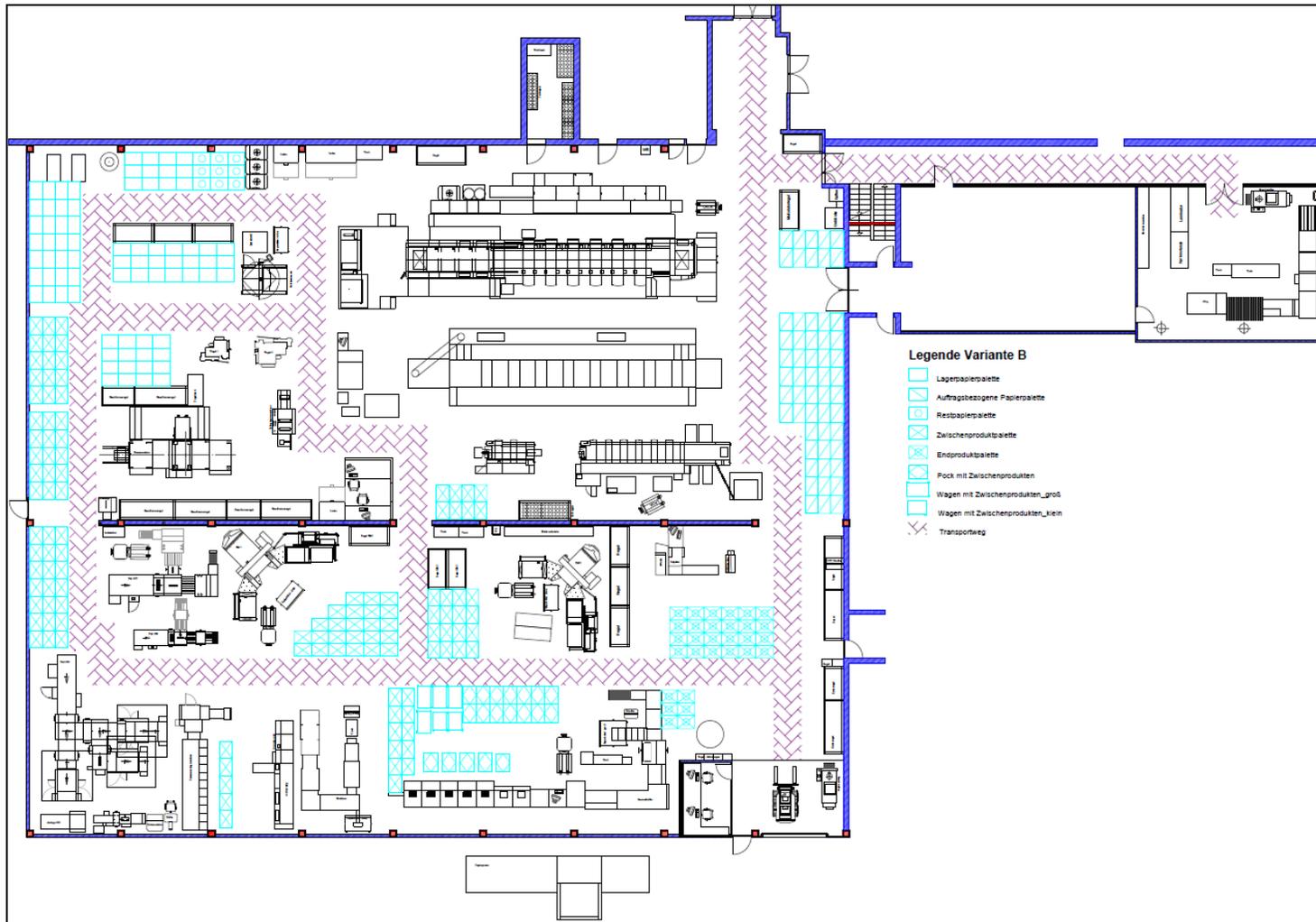


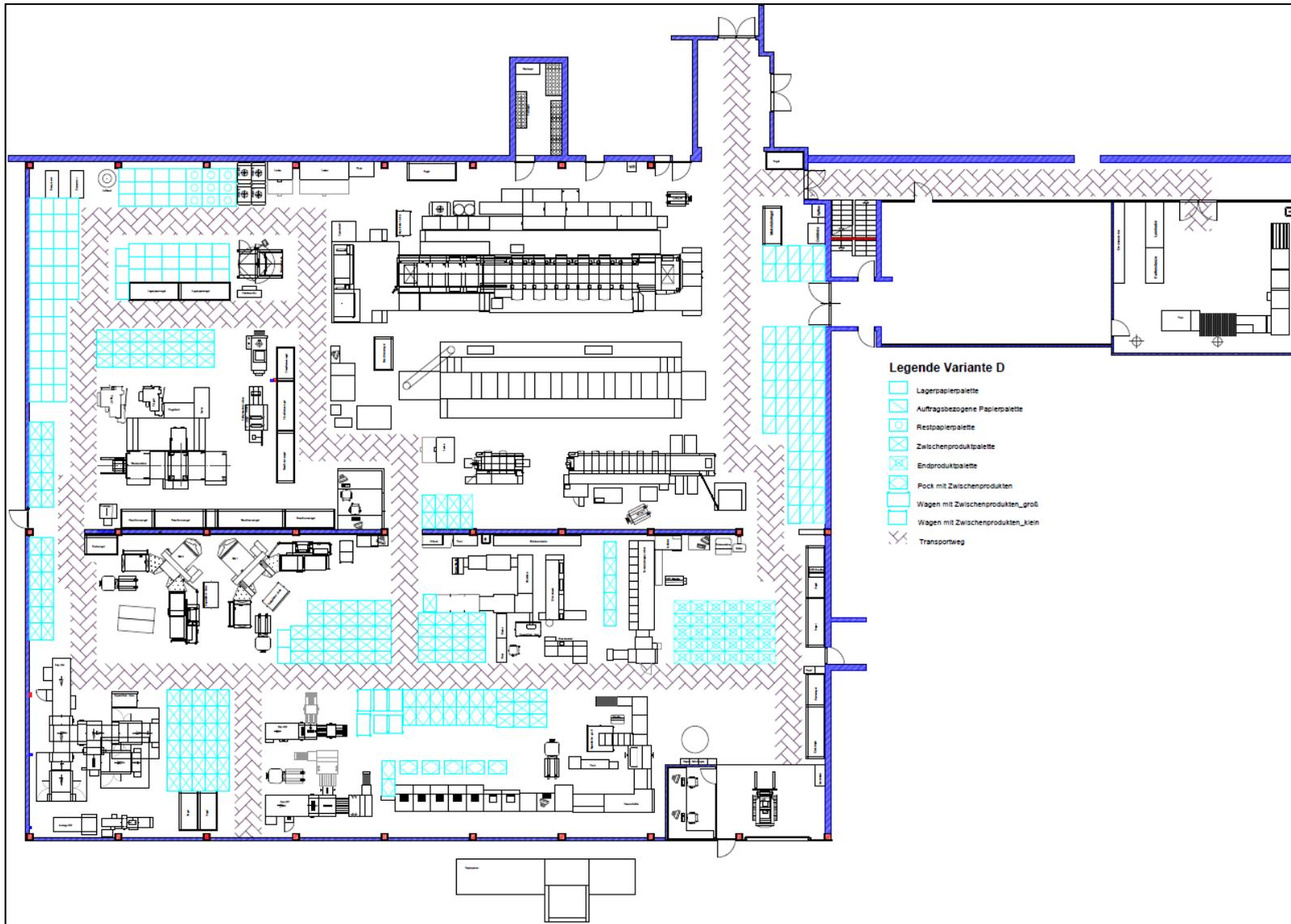


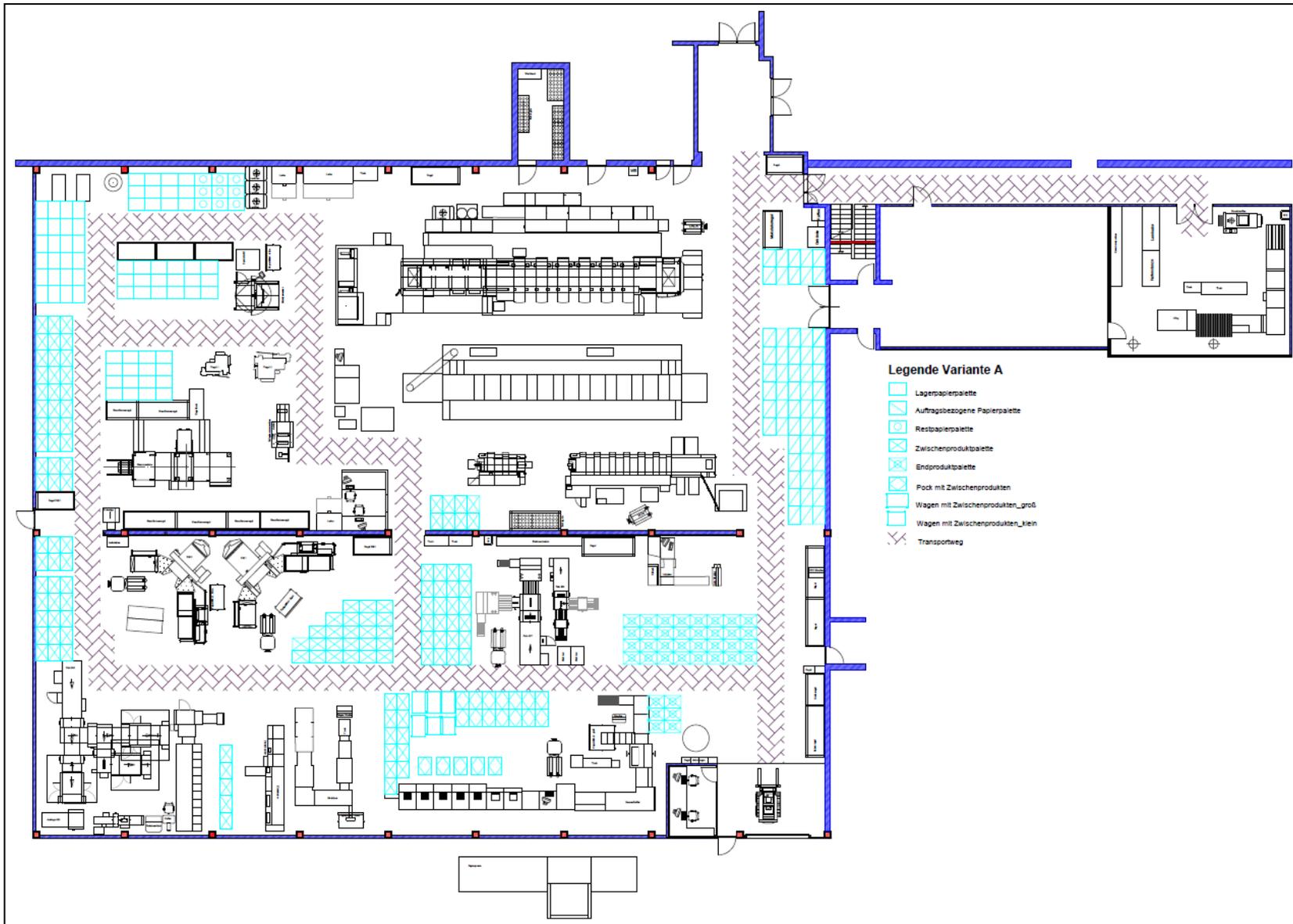


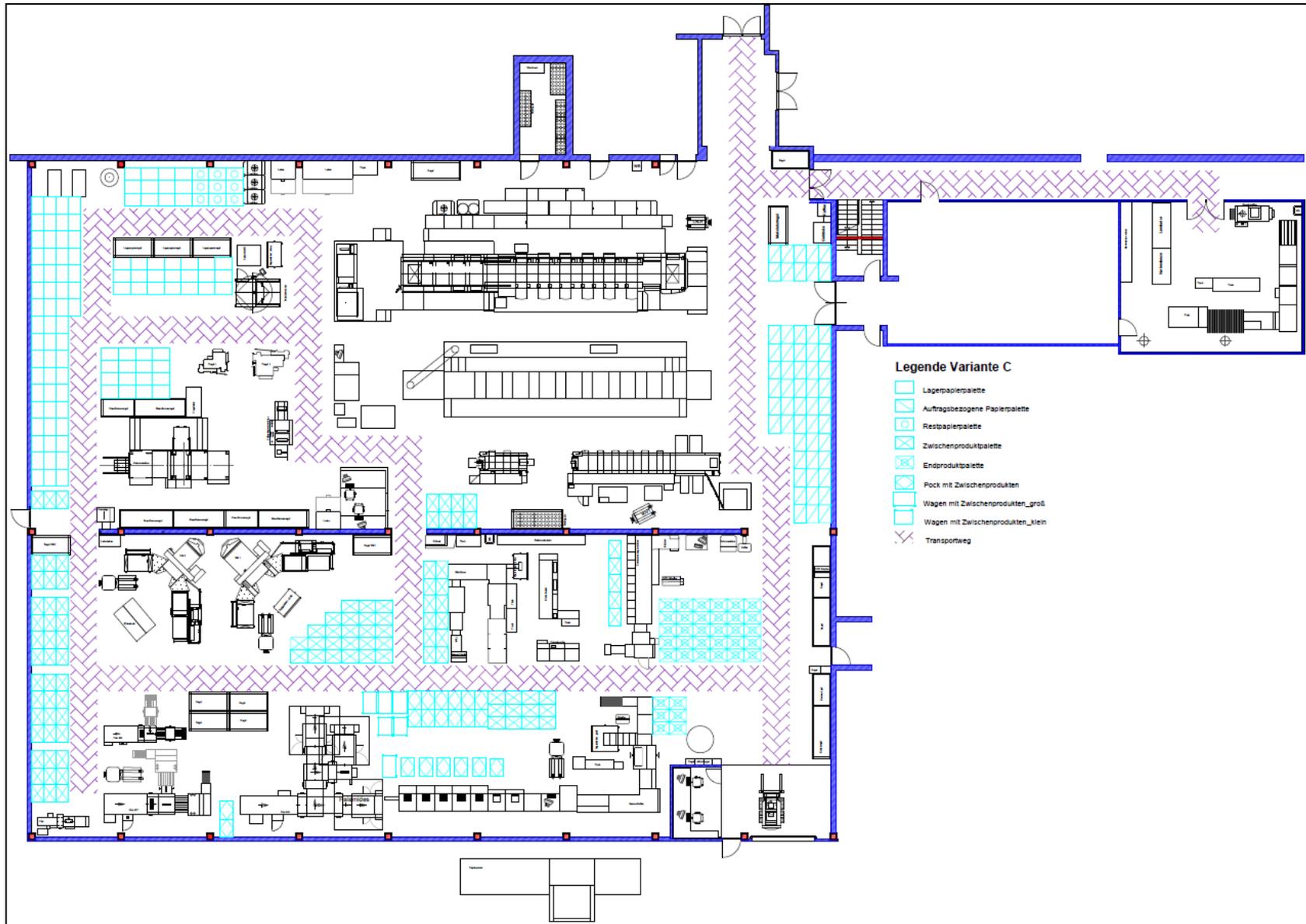


## 9.4 Verfeinerte Layoutvarianten\_Nutzwertanalyse









## 9.5 Detaillayout und Ausgangssituation

