

Planung des Produktionsprozesses und Optimierung des Bestandsmanagements

Diplomarbeit
von
Robert Gugganig

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie

O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ulrich Bauer

Graz, im September 2011

In Kooperation mit:

Pankl Schmiedetechnik GmbH & Co KG



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.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

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.

.....

date

.....

(signature)

Kurzfassung

Eine Produktionsstätte muss sich ständig an wirtschaftliche und gesetzliche Veränderungen anpassen. Damit dies möglich ist, ist eine dementsprechende Organisationsstruktur vorzusehen zu der auch der Produktionsprozess, bzw. das Produktionslayout selbst gehört. Bei der Pankl Schmiedetechnik ist dieser Produktionsprozess durch eine wenig übersichtliche Gestaltung des Layouts und einem damit einhergehenden ineffektiven Materialfluss bisher nicht optimal gelöst. Aufgabe dieser Arbeit ist es, ein hinsichtlich des Materialflusses optimiertes Betriebslayout zu finden und einen Projektplan zur Umsetzung dieses Layouts zu entwickeln.

In der Literatur gibt es verschiedene Methoden und Verfahren ein optimales Layout zu erreichen. Die am häufigsten angewandten Methoden werden hier vorgestellt. Diese Arbeit soll auch zum Teil die in der Literatur vorgestellten Methoden speziell auf die Anwendbarkeit zur Optimierung eines bestehenden Produktionslayouts hin überprüfen. Dabei wurde der Planungsgrundfall festgelegt und die, für den vorliegenden Grundfall, geeignetste Methode gesucht. Die Planung des Layouts wurde in sechs Phasen (Ziel-, Vor-, Grob-, Fein- und Ausführungsplanung sowie die Ausführung selbst) unterteilt. In der Ziel- und Vorplanung wurde die Zielsetzung definiert und durch eine Analyse der Ausgangslage die Datengrundlage für die weitere Planung geschaffen. In der Grobplanung erfolgte eine Aufteilung in Ideal- und Realplanung. Das Ergebnis der Idealplanung war ein ideales Layout auf Basis theoretischer Grundlagen. In der Realplanung wurden vier verschiedenen Layoutvarianten erstellt, die vorhandene Restriktionen berücksichtigen. Die Varianten wurden dann im Vergleich zum Ideallayout und der Erfüllung der Zielsetzung bewertet. Die bestbewertete Variante wurde ausgewählt und gemeinsam mit den Mitarbeitern der Pankl Schmiedetechnik nochmals auf die Möglichkeit der Realisierung untersucht und optimiert. In der anschließenden Feinplanung waren die Mitarbeiter ebenfalls stark eingebunden. Ergebnis dieser Feinplanungsphase war ein detailliertes ausführungsbereites Layout, aufbauend auf dem gewählten Groblayout. Problematisch erwiesen sich dabei die Ermittlung der Datenbasis und die Übertragung des idealen Layouts auf die real gegebenen Bedingungen. Abschließend wurde auf Basis dieses Detaillayouts ein Plan zur Umsetzung entwickelt und in Tabellenform dargestellt. Parallel dazu wurden die Kosten des Projektes grob abgeschätzt. Die Phase der Ausführung selbst wurde größtenteils nicht mehr begleitet.

Das Ergebnis der Planung ist ein materialflussoptimiertes Betriebslayout, welches die Transportwege innerhalb der Produktion signifikant verkürzt und dabei insgesamt die Produktion übersichtlicher gestaltet. Als die geeignetste Methode hat sich dabei das Arbeiten mit Materialfluss- und Transportintensitätsmatrizen erwiesen und über die mathematische Definition der Transportintensität eine minimale Gesamttransportintensität zu erreichen. Ein Projektablaufplan wurde erarbeitet, welcher detaillierte Schritte zur Umsetzung des Layouts angibt. Abschließend wurde eine Abschätzung über die Kosten des Projektes getroffen.

Abstract

Every production facility has to adopt its organization to maintain its ability to compete. To achieve this ability the facility has to provide a proper organizational structure based on reliable processes and a functional factory layout. The factory layout of Pankl Forging Technologies is not ideal arranged and therefore the flow of materials is ineffective. The main task of this thesis was to provide an optimal solution for the flow of materials through developing a new factory layout, including a plan for the realization of this new layout.

The literature provides different methods and techniques for the creation of a new factory layout. A few established methods are introduced. This thesis also checks these methods for using them in case of optimizing an existing layout. The actual planning of the layout is based on six stages: Target planning, prearrangement, basic planning, detailed planning, realization planning and realization. First the goals of the project were defined. The data bases for further planning were reached through an analysis of the initial situation. The basic planning was divided in ideal planning and actual planning. The output of ideal planning was a theoretically optimal layout for the production process. In actual planning four alternative layouts were created including real conditions. These four layouts were evaluated according to the optimal layout from ideal planning and the defined goals. The best rated layout was chosen for further investigation. Then, involving the employees of the facility, the chosen layout was reconsidered and improved. Detailed planning also involved the employees and led to the final layout. During the planning process appeared several difficulties. It was difficult to gain the proper data for planning and the transfer of the ideal layout into the real conditions. Finally the tasks for the realization of the layout were planned and the costs of the project estimated.

This thesis achieved an improved factory layout. The new flow of materials is clearly arranged and the distances for the transportation process are shortened in a significant way. The most practical method is working with material Input-Output tables the mathematical definition of the transport intensity. A project schedule gives detailed steps to realize the new factory layout. Finally an estimation of the project costs is given.

Vorwort

Diese Arbeit entstand im Zeitraum von April bis September 2011 im Rahmen meiner Diplomandentätigkeit bei der Pankl Schmiedetechnik GmbH in Kapfenberg.

Die Themenstellung der Arbeit ist, mit einer Schnittmenge aus Produktionstechnik, Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Logistik, sehr interessant, praxisnahe und deckt sich sehr gut mit meinen Interessensgebieten.

Die Pankl Racing Systems AG ist ein Unternehmen, das in einer sehr attraktiven Branche angesiedelt ist. Ich bin dankbar, dass sich die Möglichkeit ergeben hat mit diesem Unternehmen zusammen zu arbeiten und ich danke den Mitarbeitern der Pankl Schmiedetechnik, die mich mit ihren Vorschlägen und Ideen unterstützt haben.

Besonderen Dank möchte ich Mag. Martin Schnabl, meinem Betreuer von Seiten des Unternehmens aussprechen. Ich danke ihm für die schnelle und unkomplizierte Hilfe bei den auftretenden Fragestellungen und sein Engagement beim Finden von Lösungen.

Weiterhin bedanke ich mich bei allen Personen, die mir durch ihre Unterstützung geholfen haben, diese Arbeit zu erstellen.

Mein Dank gilt nicht zuletzt meiner Familien und meinen Freunden, die mich während meines gesamten Studiums begleitet und unterstützt haben.

Robert Gugganig
Graz, September 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation.....	1
1.2	Ziele	3
1.3	Aufgabenstellung	4
1.4	Untersuchungsbereich	4
1.5	Vorgehensweise	4
2	Theoretische Grundlagen der Arbeit	6
2.1	Grundsätze der Layoutplanung.....	6
2.2	Planungsgrundfälle	9
2.2.1	Grundfall A: Neubau Industriebetrieb	9
2.2.2	Grundfall B: Um- und Neugestaltung bestehender Industriebetriebe (Reengineering)	9
2.2.3	Grundfall C: Erweiterung bestehender Industriebetriebe.....	10
2.2.4	Grundfall D: Rückbau von Industriebetrieben.....	10
2.2.5	Grundfall E: Revitalisierung von Industriebetrieben.....	10
2.3	Planungsphasen	11
2.3.1	Ziel und Vorplanung.....	12
2.3.2	Grobplanung	18
2.3.3	Feinplanung	24
2.3.4	Ausführungsplanung.....	25
3	Praktische Problemlösung	27
3.1	Vorarbeiten und Zielplanung.....	27
3.1.1	Zielplanung	27
3.1.2	Vorarbeiten	29
3.2	Analyse der IST-Situation	29
3.2.1	Darstellung des IST-Grundrisses.....	30
3.2.2	Ermitteln des Produktionsprogramms.....	30
3.2.3	Darstellung des Produktionsablaufs	32
3.2.4	Darstellen des IST-Materialflusses	34
3.3	Planen des optimierten Betriebslayouts.....	37
3.3.1	Idealplanung	37
3.3.2	Realplanung.....	41

3.4	Ausführungsplanung	58
3.4.1	Organisation	58
3.4.2	Projektablaufplan	59
3.4.3	Kostenschätzung	61
4	Zusammenfassung und Ausblick	62
4.1	Zusammenfassung	62
4.2	Ausblick.....	66
4.3	Persönliches Fazit.....	67
	Literaturverzeichnis	68
	Abbildungsverzeichnis	70
	Tabellenverzeichnis	72
	Abkürzungsverzeichnis	73
	Anhang	74

1 Einleitung

In diesem Kapitel erfolgt eine kurze Definition der Ausgangssituation, eine Zusammenfassung der gesteckten Ziele und der gewählten Vorgangsweise um diese zu erreichen.

1.1 Ausgangssituation

„Pankl Schmiedetechnik produziert einbaufertige, präzisionsgeschmiedete Leichtbau-Schmiedekomponenten für die Branchen Automobil, Luftfahrt und Medizintechnik. Pankl Schmiedetechnik ist ein kompetenter Ansprechpartner für die gesamte Prozesskette vom Schmieden über Wärmebehandeln, zerstörungsfreies Prüfen, zerspanendes Bearbeiten bis hin zur Oberflächenbehandlung und Montage.“¹

Der Produktionsablauf beginnt dabei mit dem Zuschnitt des Rohmaterials. Das für den Auftrag vorgesehene Rohmaterial (Aluminiumlegierung) wird auf einer der beiden Sägen zugeschnitten und für die Schmiede bereitgestellt (Prinzipdarstellung in Abbildung 1). Im Schmiedebereich wird das Material auf der für den Auftrag bestimmten und gerüsteten Schmiedepresse in Form geschmiedet. Dies kann in einem Schritt erfolgen, durch mehrmaliges Schmieden oder in mehreren Arbeitsgängen – z.B. Vorschmieden, Spreizen, Schmieden, Fertigschmieden. Anschließend wird überstehendes Material, der Schmiedegrad, an zwei Abgratpressen entfernt.

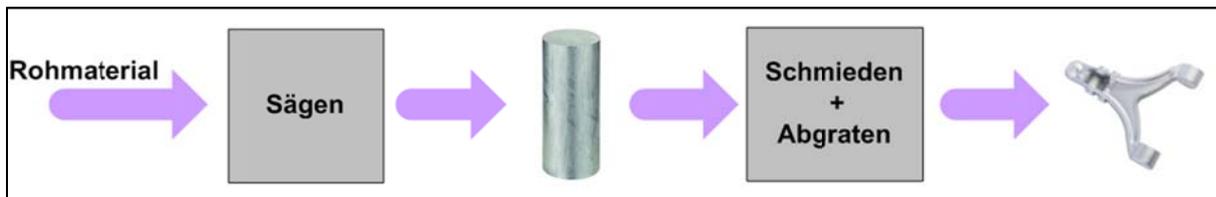


Abbildung 1: Produktionsablauf Teil 1

Danach erfolgt die Wärmebehandlung des Bauteils durch Lösungsglühen und Auslagern mit anschließender Prüfung der Härte in der Qualitätssicherung (Prinzip in Abbildung 2). Die härtegeprüften Bauteile werden dann je nach Vorgabe gekennzeichnet und wenn notwendig gerichtet. Zur besseren Fehlererkennung und zur Erreichung einer höheren Oberflächengüte werden die Bauteile gebeizt und nach dem Beizvorgang rissgeprüft.

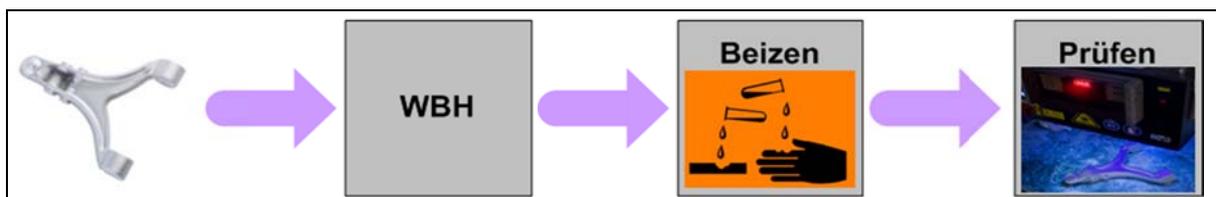


Abbildung 2: Produktionsablauf Teil 2

¹ www.pankl.com (22.04.2011)

An Stellen an denen die Rissprüfung Oberflächenfehler ergibt werden die Bauteile in der Schleiferei bearbeitet. Je nach Auftrag werden die Bauteile anschließend im Rund- oder Trogvibrator gleitgeschliffen bzw. in einer Hängebahnstrahlanlage gestrahlt. Abschließend gibt es eine Endkontrolle der Qualitätssicherung und die Bauteile werden zum Versand freigegeben (Prinzip in Abbildung 3).

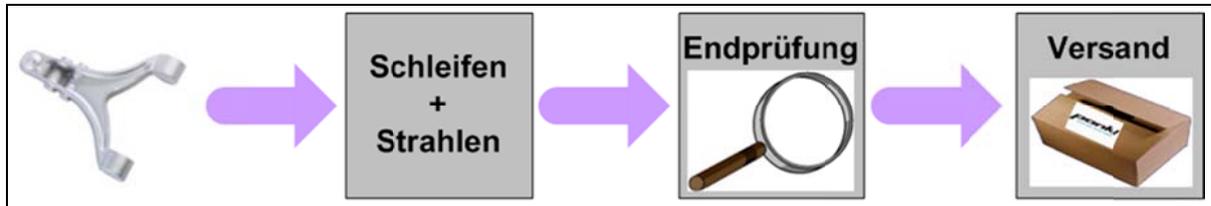


Abbildung 3: Produktionsablauf Teil 3

Wenn die Prüfung von Bauteilen in der Produktion negativ ausfällt, wird entweder nachgearbeitet bzw. werden die Bauteile als Ausschuss markiert. Außerdem ist es möglich, dass Bauteile als Zwischenschritt mechanisch oder in externen Unternehmen bearbeitet werden.

Auf Grund der derzeitigen Anordnung der Produktionsbereiche ergeben sich im Ablauf verschiedene Probleme:

- Aufeinanderfolgende Produktionsschritte, z.B. die Härteprüfung nach dem Auslagerungsvorgang, sind räumlich voneinander entfernt angeordnet und so ergeben sich relativ lange und ineffiziente Produktionswege.
- Da Wareneingang und Warenausgang zusammen gelegt sind, werden die Bauteile unnötigerweise im Kreis transportiert und Produktionswege überkreuzen sich.
- Außerdem sind durch fehlende Kennzeichnung von Lagerbereichen zwischengelagerte Bauteile nur schwer einem Produktionsschritt zuordenbar. Dadurch kann nur schwer Information über den Stand des jeweiligen Auftrages gewonnen werden.

Durch die Erarbeitung eines neuen Layout Konzeptes sollten diese Probleme beseitigt, bzw. minimiert werden und der Materialfluss optimiert werden.

1.2 Ziele

Ziel dieser Arbeit war ein optimiertes Betriebslayout der Pankl Schmiedetechnik in Bezug auf den Materialfluss und das Bestandsmanagement. Dies sollte erreicht werden durch Verminderung der Wege, die ein Bauteil innerhalb des Produktionsprozesses durchläuft. Außerdem sollte durch definierte Zuordnung von Lagerbereichen zu Produktionsschritten mehr Transparenz innerhalb der Produktion geschaffen werden. Das derzeitige Layout, bei dem der Wareneingang und Warenausgang zusammenfallen, sollte so umgestellt werden, dass ein getrennter Wareneingang und Warenausgang mit annähernd linearisiertem Produktionsablauf entsteht.

1.) Einarbeiten im Unternehmen

- Einarbeiten in Unternehmensprozesse
- Einarbeiten in internes EDV-System
- Kennenlernen des Produktionsprozesses

2.) Darstellen der IST-Situation:

- Darstellen des IST-Grundrisses CAD
- Produktionsschritte / -ablauf ausarbeiten
- Finden von Produktkategorien
- Darstellen des IST - Materialflusses der gefundenen Produktkategorien

3.) Planen des optimierten Betriebslayouts

- Grobplanung des Layouts:
 - Finden eines idealen Produktionsschemas
 - Layout-Varianten finden und bewerten
 - Festlegung der Arbeitsbereiche
 - Festlegung von Pufferspeichern und Lagerflächen für den jeweiligen Produktionsschritt
 - Abstimmung des Materialflusses
- Feinplanung der Bereiche:
 - Arbeitsplatzgestaltung
 - Lagerflächen für Produkte in Bearbeitung

4.) Ausführungsplanung

- Fertiges Gesamtlayout
- Projektplan zur Umsetzung des Layouts

1.3 Aufgabenstellung

Es soll der Materialfluss und das Betriebslayout bei der Pankl Schmiedetechnik optimiert werden. Hierzu ist es notwendig die IST-Situation darzustellen und anhand von Methoden, Analysen und Fakten den optimalen Materialfluss darzustellen, welcher in der Praxis umgesetzt wird.

1.4 Untersuchungsbereich

Untersuchungsbereich ist der Produktionsablauf, bei der Pankl Schmiedetechnik GmbH und Co KG. Der Produktionsablauf umfasst dabei folgende Bereiche: Wareneingang, Zuschnitt, Schmiede, Wärmebehandlung, Beizen und Rissprüfen, Schleiferei, Gleitschleifen, Strahlen, Qualitätssicherung, Montage. Dabei werden der Materialfluss zwischen den einzelnen Bereichen, die Lagerplätze für die jeweiligen Produktionsschritte und das allgemeine Layout (Anordnung der Fertigung, Lagerplätze, Gesenklager, Wege) auf Optimierungspotentiale untersucht.

1.5 Vorgehensweise

Die gewählte Vorgehensweise, dargestellt in Abbildung 4, um die festgelegten Ziele zu erfüllen wird in folgenden Punkten kurz beschrieben:

1.) Einarbeiten ins Unternehmen

Am Anfang stand eine Phase der Einarbeitung in welcher die Abläufe und Prozesse im Unternehmen und der Produktionsbereich vorgestellt wurden. Außerdem erfolgte eine Einschulung auf der verwendeten EDV-Software.

2.) Darstellen der IST-Situation

Zuerst wurde das vorhandene Betriebslayout vermessen und dargestellt um die baulichen Begebenheiten und die Positionen der Anlagen abzubilden. Es folgte die Ermittlung der Produktionsabläufe durch betriebliche Aufzeichnungen, Beobachtung der Abläufe und Durchsicht der Planungsunterlagen. Ebenfalls ermittelt wurde das Produktionsprogramm durch Unterlagen aus der Produktionsplanung und Informationen über sich in Produktion befindende Produkte. Die verschiedenen Produkte wurden in Kategorien nach Umsatzanteil und Produktionsablauf eingeteilt. Durch diese ermittelten Daten konnte der derzeitige Materialfluss dargestellt werden. Auch die theoretischen Grundlagen für die weiteren Planungsaufgaben wurden in dieser Phase erarbeitet.

3.) Planen des optimierten Betriebslayouts

Die Planung des optimierten Betriebslayouts wurde in zwei Phasen geteilt. Die Grobplanung, mit einer allgemeinen Festlegung der Produktionsbereiche, und die Feinplanung, in der die

einzelnen Bereiche detailliert geplant wurden. Erster Punkt der Grobplanung war das Erstellen eines idealen Produktionsschemas auf Basis theoretischer Grundlagen. Anschließend wurden durch Befragen von Mitarbeitern die aktuellen Probleme im Fertigungsablauf festgestellt und Vorschläge zur Verbesserung gesammelt. Danach wurde der nötige Aufwand zur Verlegung von Anlagen geprüft und festgestellt, bei welchen Anlagen der Aufwand zu hoch wäre. Dabei wurde ebenfalls auf die zu verlegenden Anschlüsse, wie Gasleitung, Druckluftleitung Rücksicht genommen. Zur Optimierung des Materialflusses wurde dieser unter verschiedenen Annahmen simuliert und an die gegebenen Bedingungen angepasst. Daraus folgte die Entwicklung von verschiedenen Layout-Varianten. Diese Varianten wurden an Hand einer Nutzwertanalyse bewertet und die optimale Variante ausgewählt und noch einmal auf Optimierungspotential hin untersucht. Damit wurde das Groblayout festgelegt und mit der Feinplanung begonnen.

Aufgabe in der Feinplanung war die Gestaltung der einzelnen Arbeitsbereiche auf Basis theoretischer Grundlagen. Nach Absprache mit den zuständigen Bereichsverantwortlichen wurden diese Ergebnisse an die realen Begebenheiten angepasst und Änderungen für zukünftige Produktionsprogramme vorbereitet. Am Ende der Feinplanung stand eine Festlegung des gesamten Detaillayouts.

4.) Ausführungsplanung

Aus dem fertigen Gesamtlayout der vorhergehenden Planungsphase wurden die notwendigen Maßnahmen angegeben um die Umsetzung des Layouts zu erreichen. Aus dieser Liste von Maßnahmen wurde ein Projektablaufplan erstellt, welcher auch konkrete Terminvorgaben zur Verfügung stellt. Der Projektablaufplan wurde dabei in Modulen, abgeschlossenen Projektschritten, gruppiert. Abschließend wurden die Kosten für die einzelnen Module und das Gesamtprojekt abgeschätzt.

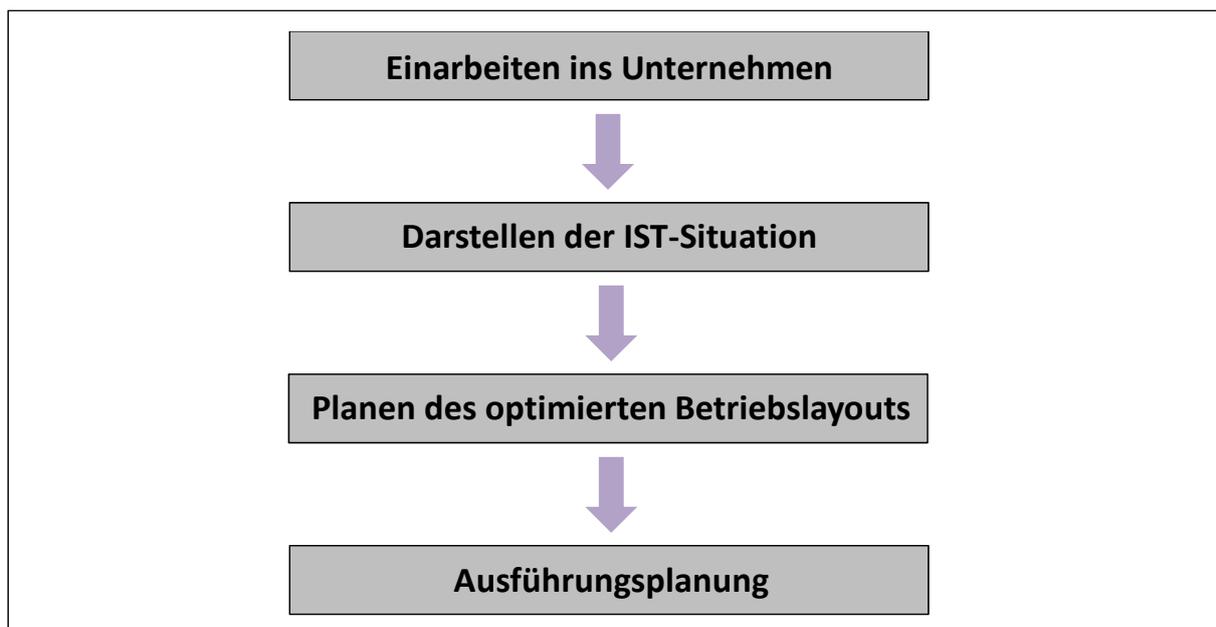


Abbildung 4: Vorgehensweise

2 Theoretische Grundlagen der Arbeit

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Methoden und Vorgehensweisen, die bei der Erstellung und Planung eines neuen Layouts Verwendung finden. Dabei wird auf die verwendete Literatur verwiesen.

2.1 Grundsätze der Layoutplanung

Um ein optimales Betriebslayout zu erreichen müssen viele Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Das Layout zeichnet sich für einen ungestörten Materialfluss verantwortlich und wird dabei unter anderem von der Wahl der Transport- und Betriebsmittel beeinflusst. Einen Überblick über das Umfeld bietet Abbildung 5: Umfeld der Layoutplanung.

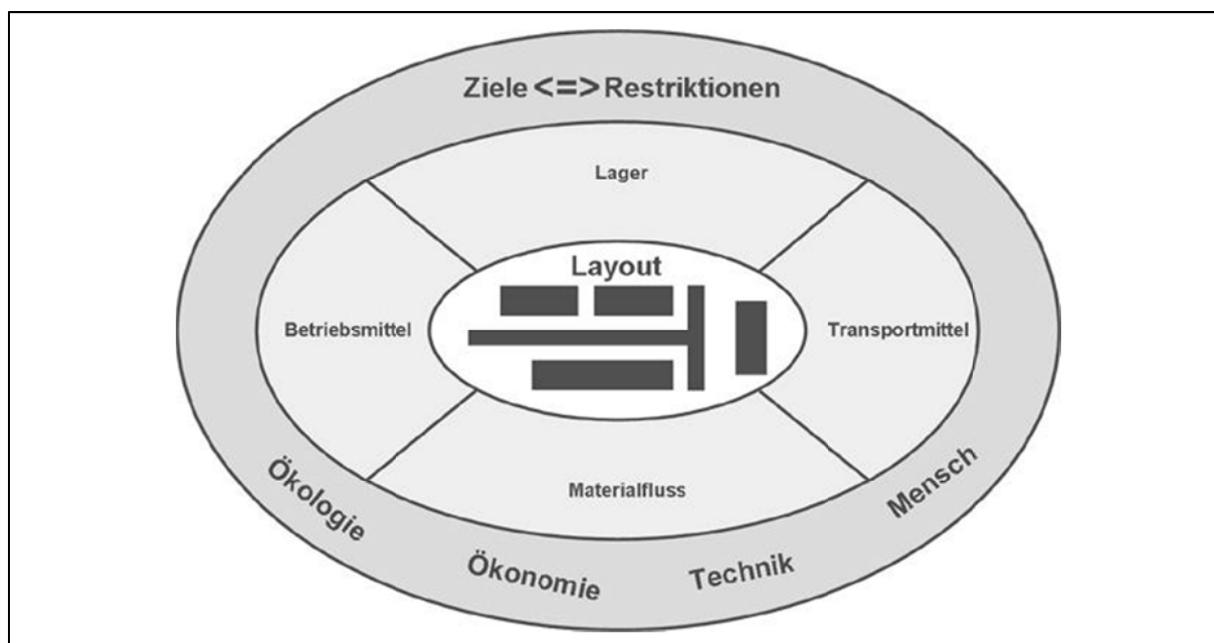


Abbildung 5: Umfeld der Layoutplanung²

Es genügt nicht einfach die Grundfläche der Produktionsanlagen zu ermitteln und diese sinnvoll anzuordnen. Wichtig ist vor allem auch genug Platz für die Produkte selbst, Lagerplätze und Pufferlager, vorzusehen. Ebenfalls großen Einfluss haben die gewählten Transportmittel, z.B. Stetigförderer oder Flurförderung, sowie die für die Produktion nötigen Betriebsmittel. Nicht zu vergessen sind Verkehrs- und Sozialflächen für die Mitarbeiter aber auch bauliche und gesetzliche Beschränkungen müssen berücksichtigt werden.³

Dabei soll das Layout auf einen möglichst effizienten Materialfluss ausgerichtet sein um eine ungestört ablaufende Produktion zu gewährleisten.

² <http://www.lfo.tu-dortmund.de> (05.07.2011)

³ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 3

Generell ist zu ergründen wie das Betriebslayout entstanden ist. Ist es Ergebnis einer übergeordneten Planung oder hat es sich mit dem Wachstum des Unternehmens, dem Zukauf neuer Maschinen und Anlagen, entwickelt? Ist das Layout durch Wachstum entstanden werden neue Anlagen und Maschinen meist dort aufgestellt, wo am meisten Platz für diese ist. Dadurch entsteht meist ein unübersichtliches und ineffizientes Produktionslayout.⁴

Prinzipiell kann dann zwischen dem verfahrensorientiertem Layout und dem produktorientierten Layout unterscheiden.⁵

Das verfahrensorientierte Layout (oder auch Werkstättenfertigung) sieht dabei in sich abgeschlossene Bearbeitungsbereiche (siehe Abbildung 6) vor. Vorteil dieses Layouts ist die einfachere Überwachung der Produktionsanlagen, ähnliche Anlagen stehen in einem Bereich, und die höhere erreichbare Auslastung der vorhandenen Anlagen. Dafür nimmt man längere Transportwege, erschwerte Produktionsplanung, längere Durchlaufzeiten und insgesamt eine unübersichtlichere Produktion in Kauf. Dieses Layout bietet sich für auftragsbezogene und flexible Produktstrukturen an.⁶

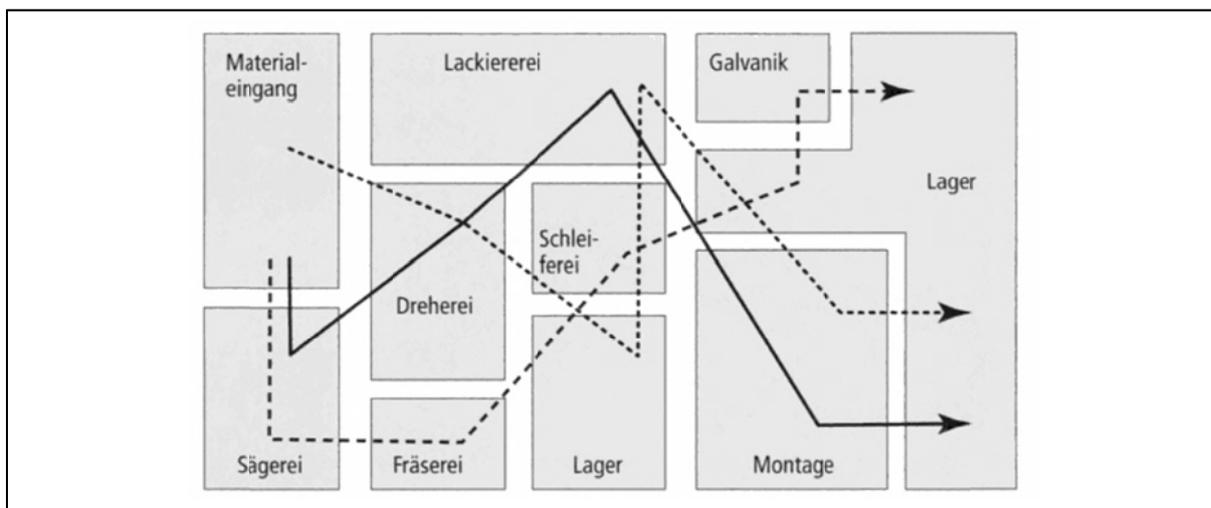


Abbildung 6: Verfahrensorientiertes Layout⁷

Beim produktorientierten Verfahren (oder Linienfertigung) steht das Produkt im Vordergrund. Für jedes Produkt steht eine eigene Produktionslinie (siehe Abbildung 7) zur Verfügung. Der Materialfluss ist hier stark linear ausgerichtet. Der Vorteil besteht in der schnelleren Durchlaufzeit und einer einfacheren Produktionsplanung. Dafür nimmt man geringere Auslastung der Anlagen in Kauf. Außerdem sind der Aufspaltung von Bereichen aus Kostengründen Grenzen gesetzt, da eine größere Anzahl an Maschinen und Anlagen notwendig ist. Dieses Layout bietet sich für Produkte, die eine hohe Produktivität erfordern an.⁸

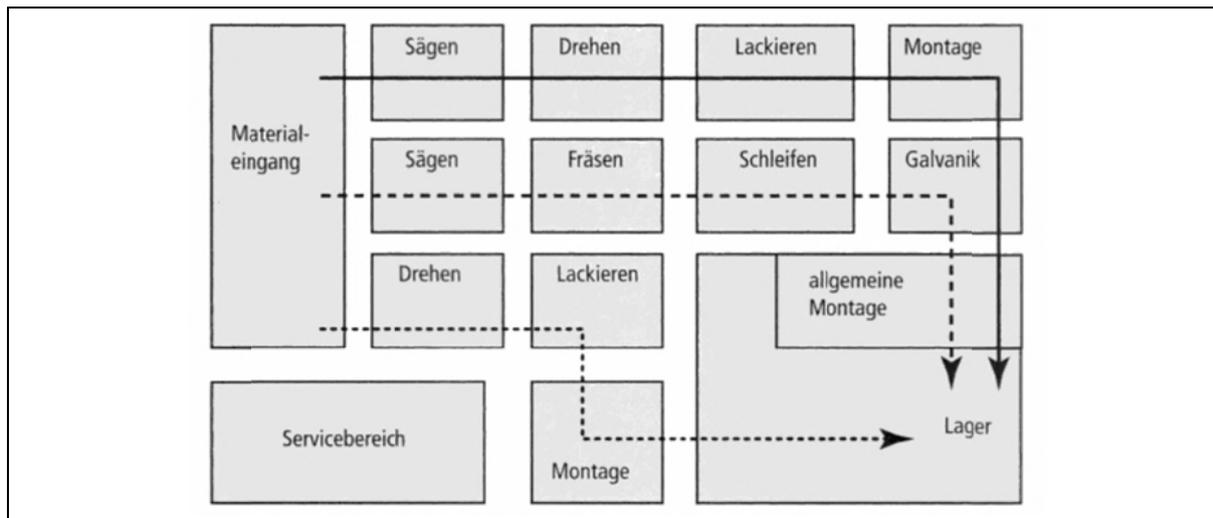
⁴ Vgl. KUMMER S.; GRÜN O.; JAMMERNEGG W. (2009) S. 314ff

⁵ Vgl. SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 209

⁶ Vgl. SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 209

⁷ SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 209

⁸ Vgl. SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 210

Abbildung 7: Produktorientiertes Layout⁹

Aus Sicht des Materialflusses und der Transparenz ist das Produktorientierte Layout vorzuziehen. Ist die Anzahl der verschiedenen Produkte hoch und die Stückzahl eher niedrig ist jedoch meist das Verfahrenorientierte Layout vorzuziehen. Durch eine entsprechende Organisation ist es möglich, auch im Verfahrenorientierten Layout, die Produktivität an eine Linienfertigung anzunähern.¹⁰

Besonders bei einer auftragsbezogene Produktion ist es meist nicht möglich oder wirtschaftlich Komponenten für mögliche Kundenwünsche produktorientiert zu fertigen. Besonders im Fall einer kundespezifischen Einmalproduktion von Produkten gestaltet sich die Linienproduktion zu teuer, da die Produkte erst nach Kundenanforderungen dimensioniert werden müssen.¹¹

Den Idealfall stellt eine wandlungsfähige Fabrik dar. Eine nach diesem Prinzip errichtete Fertigungsstätte kann flexibel und effizient auf geplante und ungeplante Veränderungen reagieren. Der gesamte Aufbau kann dabei bei geringem Aufwand in allen Ebenen verändert werden. Diese Möglichkeiten müssen schon bei der Planung der Produktionseinrichtungen berücksichtigt werden.¹²

⁹ SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 209

¹⁰ Vgl. KUMMER S.; GRÜN O.; JAMMERNEGG W. (2009) S. 316ff

¹¹ WIENDAHL H.-P. (2008) S. 255

¹² WIENDAHL H.-P. et al. (2005) S. 13f

2.2 Planungsgrundfälle

Die Aufgaben in der Fabrikplanung kann in verschiedene Planungsgrundfälle, die sich in Planungsaufwand, gegebenen Restriktionen und Lösungskonzepten unterscheiden, unterteilt werden. Wichtig ist diese Einteilung der Planungsaufgaben in Grundfälle, weil sich die Vorgehensweise und die anzuwendenden Methoden für die verschiedenen Aufgaben voneinander unterscheiden.¹³

Folgend wird sich auf die Definition von fünf Grundfällen nach Grundig bezogen.

2.2.1 Grundfall A: Neubau Industriebetrieb

Dieser Fall stellt den klassischen Grundfall, die Planung und den Aufbau einer neuen Fertigungsstätte, der Fabrikplanung dar. Er beinhaltet die optimale Standortwahl, für das geplante Produktionsprogramm, einschließlich infrastruktureller Anbindung, einen Generalbebauungsplan für das ausgewählte Grundstück und beansprucht einen hohen zeitlichen und inhaltlichen Planungsvorlauf. Allerdings bietet dieser Planungsfall auch die meisten Freiheitsgrade hinsichtlich Gestaltung der Lösung.¹⁴

Dieser ideale Planungsfall kommt in der Praxis seltener vor, ist aber durch zunehmende Verlagerung von Standorten im Zuge der Globalisierung von wachsender Bedeutung.¹⁵

2.2.2 Grundfall B: Um- und Neugestaltung bestehender Industriebetriebe (Reengineering)

Die Um- oder Neugestaltungen bilden den größten Teil von Fabrikplanungsaufgaben und stellen oft eine dauernde Tätigkeit dar. z.B. im kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Die Zielsetzung dieses Grundfalles ist dabei klar vorgegeben, wie eine Rationalisierung oder Modernisierung vorhandener Produktionsstätten oder durch technischen Fortschritt notwendige Anlagenerneuerungen und Prozessanpassungen.¹⁶

Das Produktionsprogramm ist bei diesem Grundfall meist bekannt oder kann gut vorausgeplant werden. Allerdings gibt es z.B. durch die vorhandene Baustruktur, Restriktionen im Freiheitsgrad der Planung.¹⁷

¹³ Vgl. BRECHER (2011) S. 303ff

¹⁴ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 18

¹⁵ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 18

¹⁶ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 18

¹⁷ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 18

2.2.3 Grundfall C: Erweiterung bestehender Industriebetriebe

Liegt dann vor, wenn es darum geht die Produktionskapazität zu erweitern bzw. die Fertigungstiefe zu erhöhen um ein erwartetes Umsatzwachstum oder Auftragswachstum zu erreichen. Da dies meist auch eine Rationalisierung oder Modernisierung der vorhandenen Kapazitäten mit einschließt führt die Erweiterung meist zu einer intensiveren Nutzung des vorhandenen Standorts. Wenn für die Erweiterung ein neuer Standort benötigt wird, kann dieser Grundfall auch Planungsaufgaben aus Grundfall A beinhalten.¹⁸

Wie bei Grundfall B ist das Produktionsprogramm bekannt oder kann gut vorausgeplant werden.

2.2.4 Grundfall D: Rückbau von Industriebetrieben

In Folge von Umsatzrückgängen, Produktionsverlagerung, Auslagern von Produktionsschritten, Verringerung der Produktionsvielfalt oder dem Auslaufen eines Produktes ist es notwendig eine Anpassung der Kapazitäten und Strukturen durchzuführen. Dies betrifft nicht nur den direkten Produktionsbereich sondern ebenso indirekte Produktionsbereiche, z.B. Arbeitsvorbereitung, und Nebenbereiche, z.B. Instandhaltung.¹⁹

Erkennbar ist dieser Grundfall an der Umstrukturierung des Produktionsprogramms auf Neu- oder Ergänzungsprodukte, Verkleinerung oder Umbau der Produktionskapazität und einer Neustrukturierung der Gestaltungs- und Organisationslösungen.²⁰

2.2.5 Grundfall E: Revitalisierung von Industriebetrieben

Um stillgelegte Industriebetriebe einer neuen Nutzung zuzuführen ist eine Umgestaltung bzw. Sanierung notwendig. Merkmale sind die Neugestaltung des Fertigungskomplexes, Sanierung der Raumstruktur, meist exakte Vorgaben zum Produktionsprogramm, hohe Freiheitsgrade im Gestaltungsprozess.²¹

Aus den aufgeführten Grundfällen wird festgestellt, dass sich die gegebene Themenstellung dem häufig vorkommenden Grundfall B zuzuordnen lässt.

¹⁸ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 19f

¹⁹ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 19

²⁰ Vgl. HELBING K. W. (2008) S. 90

²¹ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 19

2.3 Planungsphasen

Um die Gesamtaufgabe strukturierter lösen zu können ist es nötig den Planungsprozess in systematische Phasen zu unterteilen. Einer einfachen und nachvollziehbaren Einteilung der Phasen folgen Grundig²² und Kettner²³, die jeweils in die in Abbildung 8 abgebildeten Phasen der Fabrikplanungssystematik unterscheiden:



Abbildung 8: Planungssystematik angepasst an Kettner und Grundig²⁴

Aus den verschiedenen Ansätzen einer Planungssystematik entwickelt Grundig sein an Kettner angelehntes 6-Phasen-Modell:²⁵

1. Zielplanung
2. Vorplanung
3. Grobplanung
4. Feinplanung
5. Ausführungsplanung
6. Ausführung

Dieses 6-Phasen-Modell ist aufgebaut auf der Zielplanung und Vorplanung, die gemeinsam die Planungsgrundlagen schaffen und eine Aufgabenstellung generieren.

Die Grobplanung wird nochmals in eine Idealplanung und Realplanung unterschieden. In der Feinplanung wird die gefundene Reallösung detailliert und zur Ausführungsreife gebracht. Ist diese Phase der Strukturplanung abgeschlossen kann zur Ausführungsplanung übergegangen werden, bei der alle Maßnahmen, die zur Umsetzung notwendig sind, geplant werden und ein Zeitplan zur Umsetzung erstellt wird. Abschließend steht die Umsetzung des Projektes.²⁶

Im folgendem werden die verschiedenen Phasen detailliert beschrieben und ihr Aufgabenfeld definiert.

²² Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 38

²³ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 13

²⁴ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 38

²⁵ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 41

²⁶ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 42ff

2.3.1 Ziel und Vorplanung

Der Anstoß zu einem Projekt kommt in den meisten Fällen von der Unternehmensleitung. Dies kann auf verschiedenen Gründen basieren, wie einer Idee zur Verbesserung der Unternehmensabläufe oder generell Veränderungen im Umfeld der Unternehmung.²⁷

Ergebnis der Zielplanung ist eine Zielformulierung und grobe Aufgabenstellung. Ebenfalls muss natürlich abgeschätzt werden welcher Nutzen aus der zu planenden Maßnahme entsteht.²⁸

Mögliche Ziele für eine Überarbeitung des Layouts zeigt Abbildung 9.

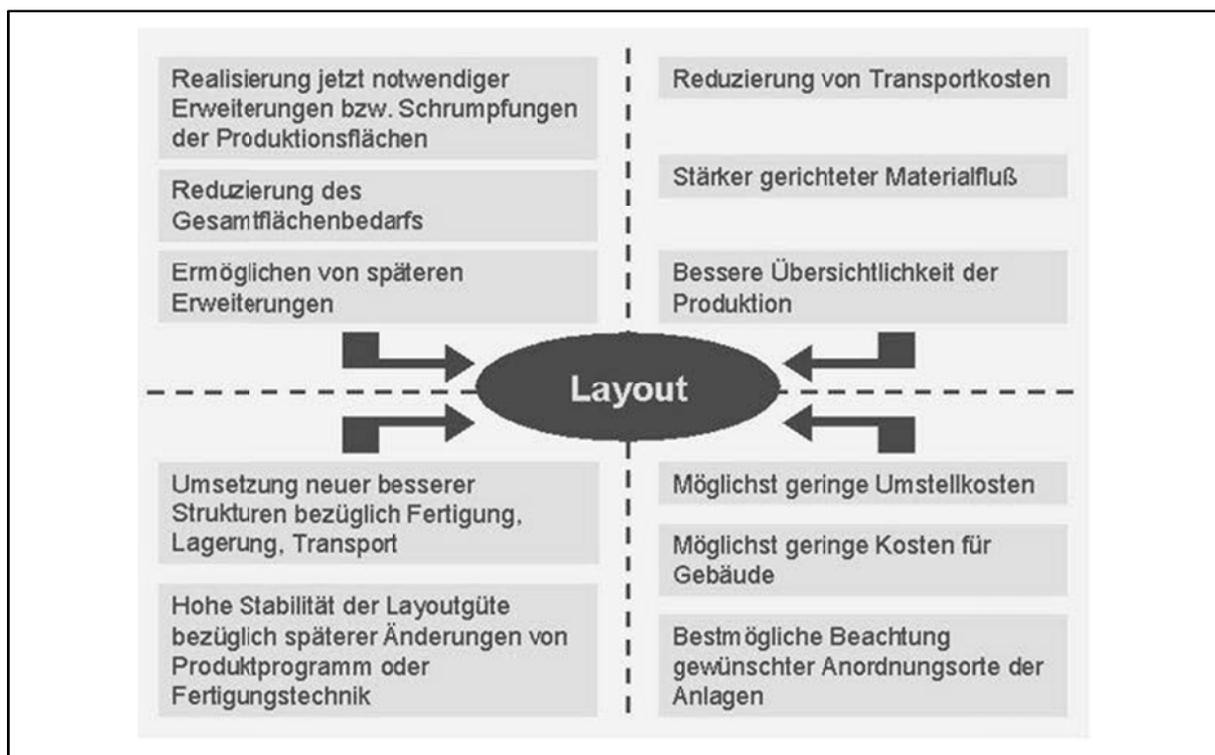


Abbildung 9: Ziele der Layout Planung²⁹

Die wichtigsten Zielsetzungen stellen dabei folgende dar.³⁰

- Vereinfachung des Fertigungsprozesses; Minimieren von Transporten
- Bessere Ausnützung vorhandener Räume; ergonomischere Arbeitsplätze
- Höherer Automatisierungsgrad; bei geringen Investitionen
- Erreichen hoher Auslastung von Anlagen; Wirtschaftlichkeit

In der Vorplanung werden diese Ziele und Aufgabenstellungen in eine konkrete Form gebracht, z.B. in Form von Pflichtenheft/Lastenheft und eine Analyse der Ausgangslage durchgeführt.

²⁷ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 12

²⁸ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 55f

²⁹ <http://www.lfo.tu-dortmund.de> (05.07.2011)

³⁰ Vgl. MARTIN H. (2009) S. 439

Durch die IST-Analyse der Ausgangslage der Unternehmung werden die Planungsgrundlagen geschaffen. Als Planungsgrundlagen sind in diesem Zusammenhang das Produktionsprogramm, die Produktionsverfahren und der Produktionsablauf, der Bedarf an Flächen, Personal, Betriebsmittel usw. zu verstehen. Die Ermittlung dieser Planungsgrundlagen kann in den verschiedenen Planungsfällen unterschiedlich hohen Aufwand bedeuten.³¹

Zum Beispiel beim vorliegenden Grundfall B, der Umplanung eines Betriebes:

„Bei der Um- oder Erweiterungsplanung eines bestehenden Betriebes stellt die Ermittlung und Analyse des Ist-Zustandes den wichtigsten und zugleich arbeitsintensivsten Planungsschritt der Vorarbeiten dar.“³²

2.3.1.1 Fließgrad und Flussgrad

Einen guten Einstieg und schnellen Überblick über die gesamte Produktionskette bieten dabei Fließgrad und Flussgrad.

„Der Fließgrad ist derjenige Zeitanteil, welcher für die Bearbeitung beansprucht wird, also der Bearbeitungszeitanteil.“³³

Fließgrad = Fertigungszeit / Durchlaufzeit

„Der Flussgrad gibt an, das wievielfache der Bearbeitungszeit ein Betrachtungsobjekt in einem System verweilt.“³⁴

Flussgrad = Durchlaufzeit (Bearbeitungszeit + Transportzeit + Liegezeit) / Bearbeitungszeit

Diese beiden Kennwerte ermöglichen es festzustellen in welchem Umfang wie gut der Materialfluss in der Produktionskette bereits umgesetzt ist. Ein hoher Flussgrad weist auf lange Lagerzeiten bzw. eine hohe Auslastung hin. Umgekehrt wird versucht einen möglichst hohen Fließgrad zu erreichen.³⁵

2.3.1.2 Produktionsprogramm

Bei umfangreichen Produktmengen kann es notwendig sein ein Produktionsprogramm herauszufiltern, welches das gesamte Produktportfolio möglichst gut abbildet. Dabei soll dieses von Umfang und Spezialisierungsgrad gut dazu dienen können weitere Planungsschritte damit durchzuführen.³⁶

³¹ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 234f

³² Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 17

³³ <http://www.lfo.tu-dortmund.de> (05.07.2011)

³⁴ <http://www.lfo.tu-dortmund.de> (05.07.2011)

³⁵ Vgl. NYHUIS P.; WIENDAHL H.-P (2003) S. 138

³⁶ Vgl. PHOL H.-C. (2004) S.345

Zur Ermittlung eines solchen repräsentativen Produktionsprogrammes gibt es verschiedene Methoden:³⁷

- Zufällige Auswahl und Auswertung von Produkten (bei sehr großer Zahl verschiedener Produkte, z.B. im Bereich eines Versandlagers)
- Einteilung von Produkten in Teilefamilien und Zuordnung zu Umsatzzahlen, dann Auswertung der Teilefamilien (nur bei relativ ähnlichen Produkten möglich)
- ABC-Analyse (zuverlässigste Methode)

ABC-Analyse:

Bei einer ABC-Analyse werden die Elemente eines Systems nach einem bestimmten Kriterium geordnet und in einer Summenkurve dargestellt. Das Kriterium kann z.B. der Umsatz, der Gewinn, die Herstellkosten usw. sein.³⁸

Dann erfolgt eine frei festgelegte Einteilung der Elemente in drei Gruppen A, B und C:³⁹

- A-Elemente: Relativ geringe Zahl von einzelnen Elementen die in Summe aber einen hohen Anteil des gewählten Kriteriums ausmachen.
- B-Elemente: Die Zahl der in dieser Klasse enthaltenen Elemente entspricht in etwa der Bedeutung des ausgewählten Kriteriums.
- C-Elemente: Relativ große Zahl von einzelnen Elementen die in Summe nur einen geringen Teil des Wahlkriteriums ausmachen.

In Abbildung 10 ist eine beispielhafte ABC-Verteilung angegeben. Dabei umfassen die A-Elemente, 10% der Produktmenge, 60% des erzielten Umsatzes, die B-Elemente, weitere 30% der Produktmenge, umfassen 30% des erzielten Umsatzes und die C-Elemente, die übrigen 60% der Produktmenge, umfassen nur mehr 10% des erzielten Umsatzes.

³⁷ HOEHNE T. (2006) S. 14

³⁸ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 40

³⁹ Vgl. SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 405

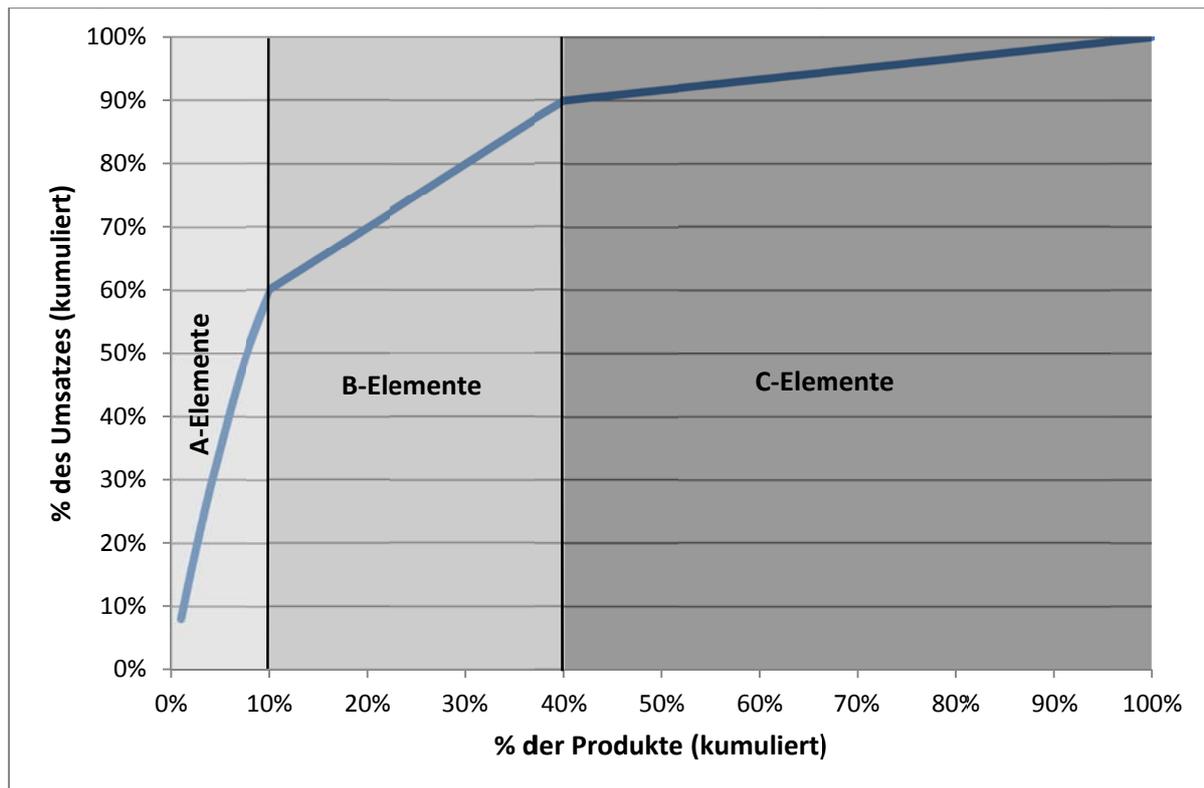


Abbildung 10: ABC-Analyse (Beispiel)

Die ABC-Klassifikation ist oft die Basis für weitere Parameter und Betrachtungen im Materialflussmanagement, da sie die Artikel oder Produkte nach ihrer Wichtigkeit kategorisiert.⁴⁰

2.3.1.3 IST-Aufnahme

Die weitere IST-Aufnahme bezieht sich hauptsächlich auf den Materialfluss bzw. Informationsfluss. Das ermittelte Produktionsprogramm wird auf den Produktionsablauf hin untersucht. Auch die Grundlegende Struktur des Produktionsablaufes ist festzustellen. Handelt es sich um ein produktorientiertes Layout oder ein verfahrensorientiertes Layout.⁴¹ Der Produktionsablauf ergibt sich aus den einzelnen Schritten zur Herstellung des jeweiligen Produktes und den Transportprozessen zwischen diesen Produktionsschritten.⁴²

Zur IST-Aufnahme zählen direkt die Aufnahme des vorhandenen Materialflusses und die Lagerverwaltung. Weitere Prozesse und Parameter, wie Organisationspläne oder Stückzahlen dienen ebenfalls dazu sich ein detailliertes Bild über die IST-Situation zu erhalten.⁴³

⁴⁰ Vgl. SCHÖNSLEBEN P. (2000) S. 406

⁴¹ Vgl. KUMMER S.; GRÜN O.; JAMMERNEGG W. (2009) S. 314

⁴² Vgl. MUELLER E. et al. (2009) S. 117

⁴³ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 234ff

Die Ermittlung dieser Daten lässt sich in zwei Formen unterteilen:⁴⁴

Primärermittlung: Direkte Erfassung (Messen, Befragen, Beobachtung) der Daten für den Zweck der IST-Aufnahme, wenn die benötigten Daten nicht oder nicht in ausreichendem Umfang vorliegen.

Sekundärermittlung: Die benötigten Daten können aus bereits für andere Zwecke verwendeten Datensätzen ermittelt werden. Wobei es bedeutend weniger Aufwand verursacht auf diese Daten zurückzugreifen als eine Primärermittlung durchzuführen.

Weitere Parameter und Ermittlungsmethoden definiert Arnold.⁴⁵ Am Ende der IST-Aufnahme soll eine Übersicht des Produktionsablaufs und des Produktionsprogramms stehen, die ausreichende Grundlagen und Daten bietet um damit den weiteren Planungsprozess zu beginnen. Der Erfolg der weiteren Planung und die Qualität der Ergebnisse hängen maßgeblich von den in dieser Phase ermittelten Planungsdaten ab.⁴⁶

⁴⁴ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 237ff

⁴⁵ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 234ff

⁴⁶ Vgl. SPUR G.; STÖFERLE T. (1994) S. 106

2.3.1.4 Kostenbetrachtung

Bei der Gestaltung eines Layouts ebenfalls zu beachten sind, neben den Kosten für Errichtung und Umsetzung eines Produktionslayouts, die Kosten, die der Materialfluss später verursacht.⁴⁷

Die Transportkosten steigen dabei mit der Entfernung der einzelnen Bereiche bzw. mit der Länge der Transportwege. Ebenfalls mit der Fläche steigen die Raumkosten. Ist die Fläche allerdings zu gering gewählt entstehen höhere Kosten durch Behinderungen im Arbeitsablauf.⁴⁸

So gilt es wie in Abbildung 11 dargestellt, eine optimale Grundfläche zu wählen, um die flächenabhängigen Gesamtkosten nicht unnötig zu erhöhen.

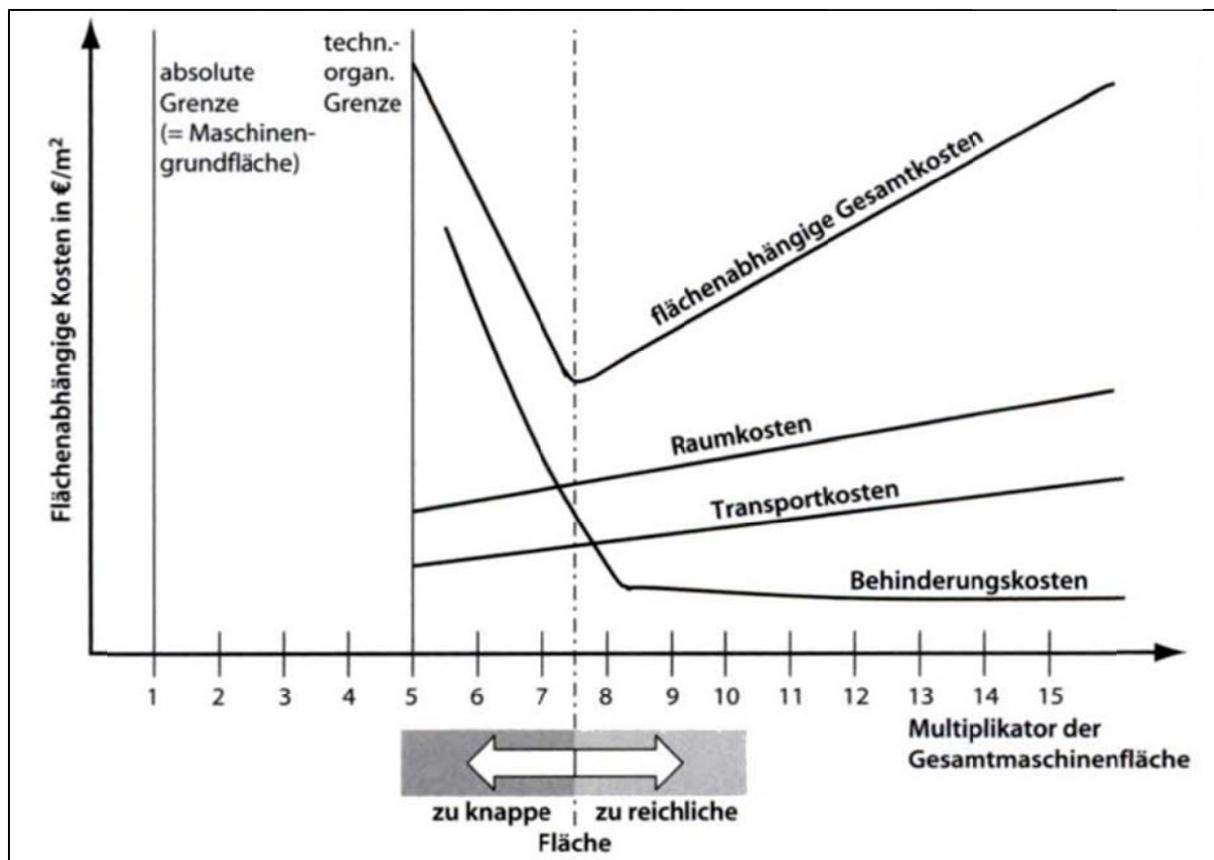


Abbildung 11: Flächenabhängige Kosten⁴⁹

⁴⁷ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 250f

⁴⁸ Vgl. LUTZ U.; GALENZA K. (2004) S. 153f

⁴⁹ SCHMIGALLA H. (1995) S. 242

2.3.2 Grobplanung

Nach Ansicht von Grundig (siehe Kapitel 2.3) teilt sich die Struktur- oder Grobplanung in eine Phase der Idealplanung und der Realplanung auf. Wobei die Idealplanung keine Berücksichtigung von Restriktionen vorsieht. Die Realplanung legt das Layout unter den tatsächlich vorhandenen Bedingungen fest und bildet die Basis für die weitere Detail- oder Feinplanung.

2.3.2.1 Idealplanung

Mit den Ergebnissen der Vorplanung, also dem Produktionsprogramm, dem Produktionsablauf und sonstigen Planungsgrundlagen kann ein Ideallayout erstellt werden.

Grundig definiert ein Ideallayout in folgender Weise:

„Ein Ideallayout enthält die grafische Darstellung materialflussoptimierter räumlicher Anordnungsformen von Funktionseinheiten in idealisierter Form ohne Beachtung von Einflüssen (Restriktionen) der realen Bedingungen.“⁵⁰

Demnach werden die Produktionsbereiche so angeordnet, dass ein optimaler Materialfluss entsteht unabhängig von baulichen, gesetzlichen oder sonstigen Restriktionen.

Der Wert einer solchen idealisierten Darstellung ist, wegen geringer Realisierungschance, umstritten. Allerdings kann die Idealplanung dazu dienen eine Vergleichsbasis für das Realmodell zu schaffen. Es kann damit auch aufgezeigt werden welchen Nachteil die vorhandenen Restriktionen konkret verursachen und ob diese zu überdenken sind.⁵¹

Richtig angewendet basieren die Reallösungskonzepte auf dem Entwurf des Ideallayouts, bzw. können die gefundenen Varianten an Hand des Ideallayouts auf ihre Funktionalität hin bewertet werden.⁵²

Als Hilfsmittel für diesen Schritt dienen verschiedene Planungstechniken wie Funktionsschema, Sankey-Diagramme und weitere Anordnungstechniken und Darstellungsformen, die im Folgenden auszugsweise beschrieben werden:⁵³

a.) Funktionsschema:

Stellt die Beziehungen zwischen den einzelnen Funktionen eines Unternehmens, in nicht maßstäblich weise, dar. D.h. es werden weder die benötigten Flächen der Funktionen noch die vorhandenen Räumlichkeiten berücksichtigt. Es kann von der Ebene der Betriebsplanung bis zur Ebene der Planung eines einzelnen Arbeitsplatzes eingesetzt werden. Hauptaufgabe

⁵⁰ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 160

⁵¹ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 273

⁵² Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 21

⁵³ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 176ff

des Funktionsschemas ist das Vermitteln einer klaren Übersicht der Funktionen eines Betriebes und das Bilden eine Ausgangsbasis für die weitere Layoutplanung.⁵⁴

b.) Sankey-Diagramm:⁵⁵

Stellt eine zeichnerische Umsetzung der Transportmatrix dar und bietet eine gute Übersicht über die Zuordnung von Produktionsbereichen und Anlagen und deren Transportbeziehungen. Der Materialfluss wird mengenbezogen dargestellt, dabei bleibt die tatsächliche räumliche Verteilung der Anlagen unberücksichtigt, aber die logische Abfolge der Produktion bleibt erhalten. Es stellt somit eine Erweiterung des Funktionsschemas um die gewichteten Transportbeziehungen dar.⁵⁶

c.) Kreisverfahren nach Schwerdtfeger⁵⁷

Die Produktionsbereiche werden am Umfang eines Kreises angeordnet und die Transportbeziehungen zwischen diesen Bereichen als Linien oder Pfeile. Je nach Intensität der Beziehungen werden diese Linien unterschiedlich stark ausgeführt. Nun wird, durch Verändern der Positionen der Produktionsbereiche, versucht eine Anordnung zu finden bei der die mengenmäßig größten Transportbeziehungen am Umfang des Kreises liegen. (siehe Abbildung 12) Durch den Kreis selbst laufen dann im Idealfall nur mehr wenige dünne Linien. Ist eine optimale Anordnung am Kreis erreicht kann man daraus die optimale Anordnung für eine Linienfertigung ableiten.⁵⁸

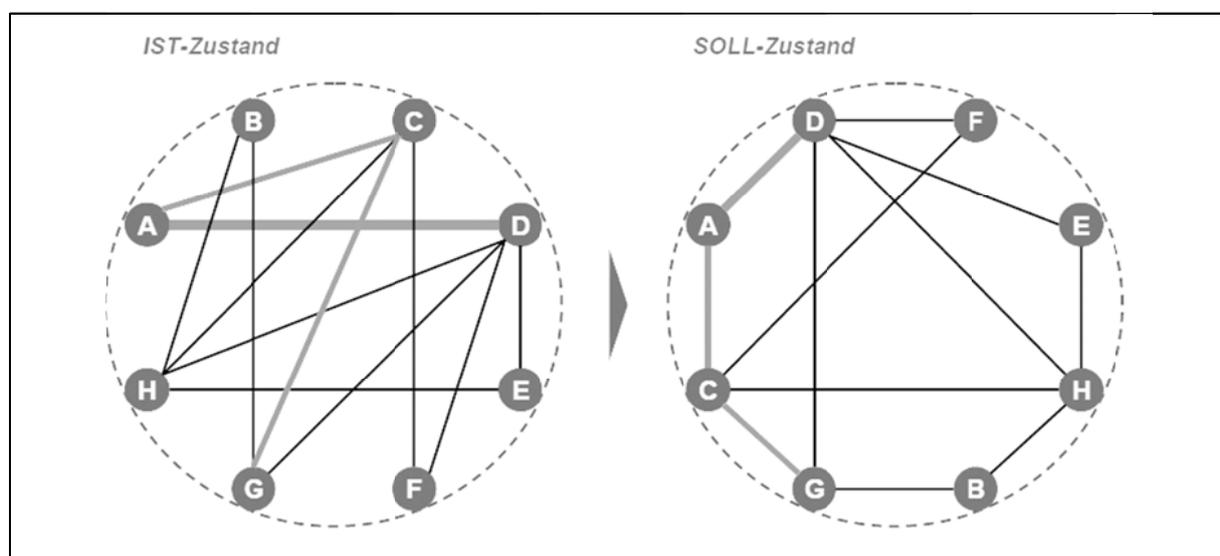


Abbildung 12: Kreisverfahren nach Schwerdtfeger⁵⁹

⁵⁴ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 101

⁵⁵ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 173

⁵⁶ Vgl. WERNER H. (2010) S. 54

⁵⁷ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 229

⁵⁸ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 229

⁵⁹ KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 229

d.) Modifiziertes Dreieckverfahren nach Schmigalla⁶⁰

Bei diesem Aufbauverfahren werden die beiden Produktionsbereiche mit der höchsten Beziehungsanzahl auf einem (Dreiecks-)Raster platziert. (1.Schritt Abbildung 13) Dann werden jene Produktionsbereiche, die die höchste Transportintensität mit den bereits platzierten Elementen haben, ausgewählt und angeordnet. (2. Schritt Abbildung 13). Dabei wird jeweils jene Position gewählt die den minimaleren Transportaufwand ergibt. Dieser Schritt wird so oft wiederholt, bis alle Produktionsbereiche positioniert sind.⁶¹

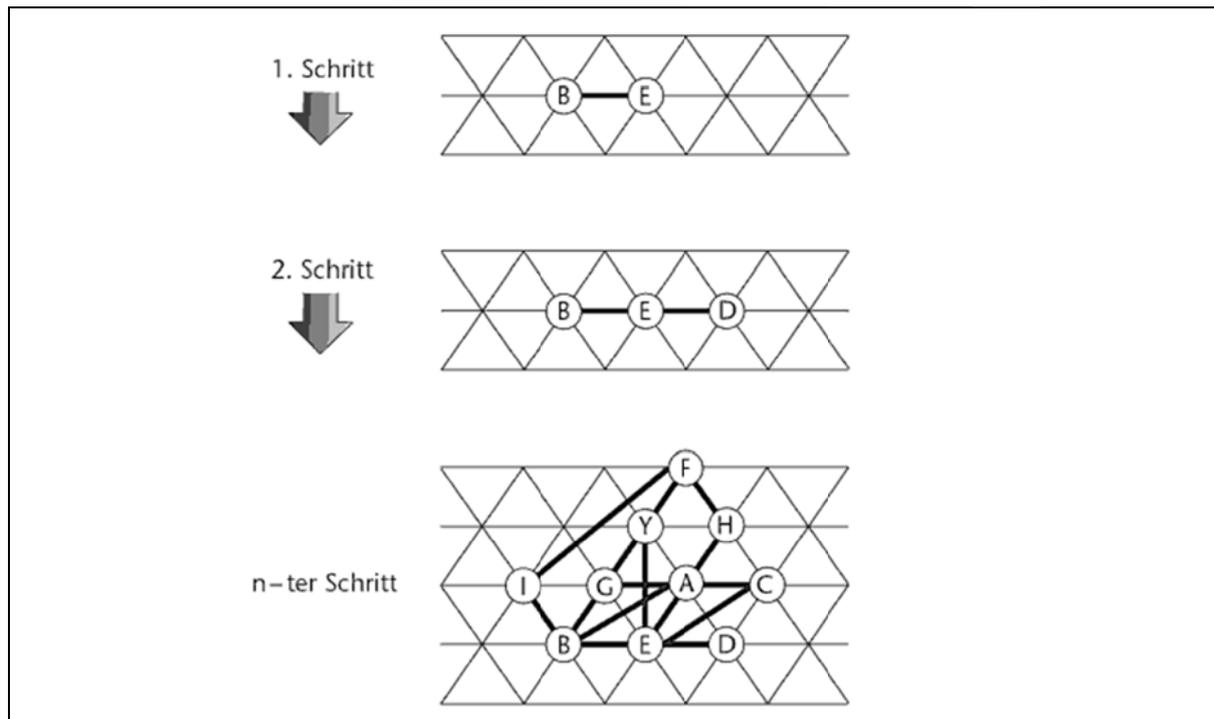


Abbildung 13: Modifiziertes Dreieckverfahren⁶²

Auf diesem Aufbauverfahren basieren auch weitere ähnliche Verfahren, die z.B. als Ausgangsbasis ein quadratisches Raster haben.

e.) Probierversahren:⁶³

Ein einfaches aber sehr effektives Verfahren bei dem die Planungsobjekte als Schablonen in einem Modell verschoben werden. Wobei dies auf einer gerasterten Grundfläche oder einer maßstäblichen Grundrisschablone ausgeführt werden kann. Aufwändiger gibt es noch die Möglichkeit die Objekte als 3D-Modelle herzustellen und damit zu arbeiten.

Wichtig ist bei diesem Verfahren die Einbindung von erfahrenen Mitarbeitern bzw. generell Diskussionen im Team um eine möglichst gute Lösung zu erhalten.⁶⁴

⁶⁰ Vgl. SCHMIGALLA H. (1995) S. 128

⁶¹ Vgl. DANGELMAIER W. (2000) S. 336

⁶² SCHMIGALLA H. (1995) S. 128

⁶³ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 229

f.) Kombinierte Verfahren:

Diese stellen eine Kombination aus Aufbau- oder Anordnungsverfahren und dem Probierv erfahren dar. Der Erstentwurf wird mit einem Aufbau- oder Anordnungsverfahren erstellt und dieser dann durch verschieben oder vertauschen von Elementen nochmals zu verbessern.⁶⁵

g.) Rechnergestützte Verfahren:

Erstellung des Layouts mit Hilfe von CAD- Systemen: Dies kann ebenso einfach aufgebaut sein wie das manuelle Probierv erfahren, aber auch durch Integration der vorangegangenen Planungsschritte und aufwändiger Simulationstechniken einen größeren Aufwand bedeuten. Dadurch steigert sich auch die Effektivität der Layout Erstellung. Anpassungen im Modell erfolgen wie beim manuellen verfahren iterativ. Diese iterativen Planungsschritte können durch, auf den entsprechenden mathematischen Formeln basierende, Programme ausgeführt werden.⁶⁶

h.) Teambasierte Planungssysteme:

Starker Fokus auf Visualisierung und Kommunikation. Das Team kann direkt auf einem interaktiven Planungstisch Modelle verändern und neue Lösungen entwickeln.⁶⁷

Eine gute Übersicht dieser Hilfsmittel, Planungssysteme und weitere Verfahren bieten Arnold⁶⁸ bzw. Kettner⁶⁹ an.

2.3.2.2 Realplanung

In der Realplanung sollen die Ergebnisse der Idealplanung mit den realen Begebenheiten verknüpft werden. Dabei müssen Restriktionen wie die die Flächen- und Gebäudestruktur, den vorhandenen Anlagen, dem finanziellen Rahmen, gesetzliche Bestimmungen und Vorgaben aus dem Produktionsablauf berücksichtigt werden.⁷⁰

Die vorrangigste Aufgabe der Realplanung ist dabei ein Layout zu entwerfen, dass, mit Berücksichtigung der Restriktionen, einen möglichst günstigen Produktionsfluss (Material-, Personal-, Informations- und Energiefluss) ergibt. Dabei kann auf die Ergebnisse der Idealplanung zurückgegriffen werden. Allerdings gelingt nur selten eine exakte Umsetzung

⁶⁴ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 176

⁶⁵ Vgl. HAHN D.; LASSMANN G. (1993) S. 277f

⁶⁶ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 294ff

⁶⁷ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 178

⁶⁸ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 293ff

⁶⁹ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 228ff

⁷⁰ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 22

des Ideallayouts in das Reallayout, aber je näher das reale Konzept der idealen Planung kommt umso effizienter wird der Produktionsfluss später funktionieren.⁷¹

Je nach vorliegendem Planungsfall wird dabei durch Ändern der Anordnung der Produktionsbereiche, und unter Umständen des Produktionsablaufes, oder durch eine möglichste gute Planung der Neuerrichtung versucht den Materialfluss zu optimieren.

Um diesen Prozess zu beschreiben gibt es eine mathematische Zielfunktion die folgend formuliert wird:⁷²

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

Nach dieser Formel soll die Summe der Produkte aus den Transportmengen m_{ij} und den Entfernungen s_{ij} zwischen allen Betriebsmittel i und j ein Minimum anstreben.⁷³

Mit der Definition der Transportintensität

$$T = m * s$$

erhält man dazu die Gesamttransportintensität T :

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij}$$

Diese Gesamttransportintensität errechnet sich aus der Summe der Einzelwerte der Transportintensitätsmatrix. Die Transportintensitätsmatrix selbst ist das Produkt der Einzelwerte aus Materialflussmatrix und der Distanzmatrix.⁷⁴

Wobei die Materialflussmatrix die Transportfälle zwischen den einzelnen Produktionsbereichen (z.B. in Stück pro Jahr) darstellt (siehe Abbildung 14) und die Distanzmatrix den jeweils kürzesten Weg (z.B. in Metern) zwischen den Produktionsbereichen angibt. Die Materialflussmatrix lässt sich aus den Daten der Produktionsplanung (Produktionsprogramm und Produktionsablauf erstellen).⁷⁵

⁷¹ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 169

⁷² Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 228

⁷³ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 228

⁷⁴ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 271

⁷⁵ Vgl. LÖDDING H. (2008) S. 437f

von \ nach	1	2	3	4	5	$\sum_i \lambda_{ij}$
1	0	5	30	3	17	55
2	5	0	2	18	3	28
3	35	17	0	24	3	79
4	18	25	16	0	4	63
5	6	7	3	9	0	25
$\sum_j A_{ij}$	64	54	51	54	27	250

Abbildung 14: Prinzipdarstellung einer Materialflussmatrix⁷⁶

Die Distanzmatrix wird analog zur Materialflussmatrix dargestellt. Anstatt der Transportfälle zwischen den Abteilungen werden in dieser die Länge der Transportwege (in Metern oder Sekunden) angegeben. In der Praxis gibt es dazu oft keine aktuellen Angaben und so ist es nicht unüblich diese Daten direkt durch Vermessen oder durch Errechnen der Daten aus dem Grundriss zu erhalten. Dies kann zu einem erheblichen Aufwand führen, da es für jede gefundene Layout Variante durchgeführt werden muss.⁷⁷

Verändert man nun die Lage der Produktionsbereiche bzw. Produktionsabläufe, ändert sich auch das Ergebnis der Transportintensitätsmatrix. Umso niedriger der Wert der Gesamttransportintensität desto wirtschaftlicher ist der Materialfluss gestaltet.⁷⁸

Ziel ist eine optimale Lösung. Wenn eine optimale Lösung durch die vorgestellten Optimierungsverfahren nicht erreichbar ist, kann auf eine Variantenbildung zurückgegriffen werden. Die ausgearbeiteten Varianten müssen auf Basis einer vorher festgelegten Zielsetzung bewertet werden. (Variantengrundsatz)⁷⁹

Durch Versuchen von verschiedenen Anordnungen, die dem Ideallayout möglichst nahe kommen sollen, ergeben sich mehrere Layout Varianten die sich in ihren Lösungen oder Umfang unterscheiden. Um die optimale Variante auswählen zu können ist eine Bewertung notwendig. Diese Bewertung kann z.B. mittels Nutzwertanalyse durchgeführt werden. Bei der Nutzwertanalyse werden Kriterien zur Bewertung festgelegt und diese unterschiedlich stark gewichtet. Die einzelnen Varianten werden dann an Hand dieser Kriterien mit Punkten bewertet. Das Produkt der Gewichtung und Bewertung ergeben den Nutzwert einer Variante. Der Nutzwert kann dann zur Bewertung herangezogen werden.⁸⁰

⁷⁶ Vgl. GROSSESCHALLAU W. (1984) S. 161

⁷⁷ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 121f

⁷⁸ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 271

⁷⁹ Vgl. SCHENK M.; Wirth S. (2004) S. 232

⁸⁰ Vgl. Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 242ff

Das Endergebnis der Realplanung ist schließlich die nach allen relevanten Kriterien am besten Bewertete Layout Variante.⁸¹

2.3.3 Feinplanung

In der Feinplanung oder Detailplanung werden die Ergebnisse der bisherigen Planung weiter detailliert und zu einem Gesamtkonzept ausgearbeitet.

„Ziel der Feinplanung ist es, aus den Ergebnissen und Entscheidungen der Grobplanung (z.B. Groblayout der Vorzugsvariante) nun spezielle detaillierte Problemstellungen und Erweiterungen bis zur Erreichung der Qualitätsstufe Ausführungs- bzw. Umsetzungsreife der Projektlösung zu bearbeiten.“⁸²

Das Detaillayout oder Feinlayout stellt eine Verfeinerung des Groblayouts dar und umfasst zumindest folgende Informationen:⁸³

- Gebäudegrundrisse mit den wichtigsten Abmessungen einschließlich Türen, Tore, Fenster, Wege usw.
- Lage und Abmessungen aller Maschinen, Anlagen, Arbeitsplätze und Einrichtungen

Die Feinplanung ist dabei auch als iterativer Prozess zu verstehen. Probleme die sich in dieser Phase ergeben können zu einer Überarbeitung des Layouts aus der Grobplanung führen. Außerdem hat die Ausführungsplanung unter Umständen ebenfalls Auswirkungen auf die Feinplanung. z.B. wenn Anlagen mehr Platz als vorgesehen benötigen oder sich Maßnahmen nach der Angebotslegung als zu kostenintensiv herausstellen und alternativen überlegt werden müssen.⁸⁴

Ergebnis der Feinplanung ist das sogenannte Ausführungskonzept. Es umfasst dabei Maschinenanordnung, Aufstellungsplan, Versorgung, Entsorgung, Arbeitsplatzgestaltung, endgültiger Materialfluss und Betriebsmittel.⁸⁵

⁸¹ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 274

⁸² GRUNDIG C.-G. (2009) S. 209

⁸³ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 27

⁸⁴ GRUNDIG C.-G. (2009) S. 209f

⁸⁵ GRUNDIG C.-G. (2009) S. 209

2.3.4 Ausführungsplanung

Einen wesentlichen Teil bildet die Ausführungsplanung. Hier werden die Maßnahmen die zur Umsetzung, der in der Grob- und Feinplanung erarbeiteten Ergebnisse, geplant. Die Ausführungsplanung enthält dabei alle notwendigen Planungsschritte die zur Realisierung oder Ausführung des Projektes führen.

Die wesentlichen Punkte werden hier näher ausgeführt.⁸⁶

Projektleitung

Als erster Schritt sollte eine qualifizierte und mit den nötigen fachlichen und hierarchischen Kompetenzen ausgestattete Person zum Projektleiter ernannt werden. Die Projektleitung hat folgende Aufgaben wahrzunehmen:⁸⁷

- Ausschreibung und Einholen von Angeboten
- Auftragsvergabe - Vertragsgestaltung
- Gesamte Leitung, Koordinierung und Überwachung der Ausführung
- Termin- und Kostenkontrolle

Genehmigungsanträge

Einholen von notwendigen Genehmigungsanträgen wie Baubewilligung, Betriebsstätten-genehmigung, gesetzliche Vorgaben zum Brandschutz, Abfallbeseitigung usw. die zur Umsetzung des Projektes notwendig sind. Aber auch Unternehmensinterne Bewilligungen wie Investitionszusagen usw.⁸⁸

Bedarfslisten

Erstellen von Bedarfslisten an Ausrüstung.⁸⁹

Ausschreibungen

Ausarbeiten von Ausschreibungen zur Einholung von Angeboten. Angebote vergleichen, bewerten und auswählen. Dabei bilden neben dem Preis der Leistungsumfang, Liefer- und Zahlungsbedingungen, Termingestaltung, Erfahrung und Leistungsvermögen der anbietenden Firma die Entscheidungskriterien.⁹⁰

⁸⁶ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 217ff

⁸⁷ Vgl. HUBER E. et al. (2008) S. 100ff

⁸⁸ Vgl. HELBING K. W. (2010) S.957ff

⁸⁹ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 218

⁹⁰ Vgl. KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R. (1984) S. 29

Auftragsvergabe

Zuschlagerteilung und Vertragsgestaltung mit dem ausgewählten Auftragnehmer und Integration in den Planungsablauf⁹¹

Projekttafelplanung

Für die konkrete Ablaufplanung kann man sich an folgenden Punkten orientieren:⁹²

- Bildung von definierten Aktivitäten
- Aktivitäten zu Meilensteinen zusammenfassen,
- Projektphasen in Ausschreibung, Ausführung, Fertigstellen unterteilen
- Erstellen einer zeitlich bedingten Ablaufstruktur
- Ermittlung der Vorgangsdauer Aktivitäten
- Terminplanung (Vorwärts/Rückwärts) und erstellen Projektkalender (Pufferzeiten, Engpass, kritischer Weg)
- Kapazitätsschaffung und Kapazitätsplanung
- Kosten und Finanzbedarf abschätzen – Budgetierung

Die Projekttafelplanung zielt auf eine Optimierung des Ablaufs hinsichtlich der eingesetzten Kapazitäten, der Kosten und der zeitlichen Planung ab. Der Detaillierungsgrad wird dabei nicht vorgegeben. Es ist aber zweckmäßig eine Detailstufe zu wählen, bei der der gesamte Umfang des Projektes deutlich wird. Zur Darstellung des Planungsablaufes bzw. als Hilfsmittel dienen verschiedene Planungssysteme, wie Planungssoftware, Netzplantechnik oder Plantafeln.⁹³

⁹¹ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 218

⁹² Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 219

⁹³ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 219 f

3 Praktische Problemlösung

Nach dem theoretischen Überblick aus Kapitel 2 folgt nun die praktische Anwendung zur Lösung der Aufgabenstellung. Bei dieser wird auf die vorgestellten Methoden und Vorgehensweisen Bezug genommen. Allerdings ergab sich, in der praktischen Anwendung dieser Methoden, teilweise die Notwendigkeit diese anzupassen, bzw. waren die vorgestellten Verfahren für den vorliegenden Anwendungsfall nicht einsetzbar oder in diesem Umfang nicht notwendig um die Zielsetzungen zu erfüllen.

3.1 Vorarbeiten und Zielplanung

Ein wichtiger Bestandteil dieser Phase wurde durch die Festlegung und Ausschreibung des Themas als Diplomarbeit durch das Unternehmen erfüllt. Die konkrete Zielfestlegung erfolgte dann gemeinsam mit dem betreuenden Institut bzw. der Geschäftsführung im Unternehmen.

3.1.1 Zielplanung

Die Ausschreibung der Arbeit gab das Ziel vor, das Betriebslayout hinsichtlich des Materialflusses, basierend auf Fakten, Methoden und Analysen, zu optimieren.

Von diesem Ausgangspunkt aus wurde gemeinsam mit der Unternehmensleitung die detaillierte Zielsetzung der Arbeit festgelegt. Es sollte ein linearer Ablauf der Produktion entstehen, die Transparenz erhöht werden, d.h. die Zuordnung von Produkten zum jeweiligen Produktionsschritt sollte klar ersichtlich sein, und insgesamt sollte der innerbetriebliche Materialfluss optimiert werden. Das Ganze soll dazu dienen, durch einen besseren Überblick über die Produktion und schnelleren Durchlaufzeiten, die Produktivität zu erhöhen bzw. die Kosten in der Produktion für nicht notwendige Transportprozesse einzusparen.

Dies führte zur folgenden Zieldefinition:

Ziel der Arbeit ist ein optimiertes Betriebslayout der Pankl Schmiedetechnik in Bezug auf den Materialfluss und das Bestandsmanagement. Dies soll erreicht werden durch Verminderung der Wege, die ein Bauteil innerhalb des Produktionsprozesses durchläuft. Außerdem soll durch definierte Zuordnung von Lagerbereichen zu Produktionsschritten mehr Transparenz innerhalb der Produktion geschaffen werden. Das derzeitige Layout, bei dem der Wareneingang und Warenausgang zusammenfallen, soll so umgestellt werden, dass ein getrennter Wareneingang und Warenausgang mit annähernd geradlinigem Produktionsablauf entsteht.

Die Zielsetzung umfasst dabei folgende konkrete Punkte und Meilensteine:

1.) Darstellen der IST-Situation:

- Darstellen des IST-Grundrisses
- Darstellen des Produktionsablaufes
- Darstellen des IST - Materialflusses

2.) Planen des optimierten Betriebslayouts

- Grobplanung des Layouts:
 - Erstellen eines idealen Produktionsschemas
 - Layout-Varianten finden und bewerten
 - Auswahl der besten Variante
 - Festlegung der Arbeitsbereiche
 - Festlegung von Pufferspeichern und Lagerflächen für den jeweiligen Produktionsschritt
 - Fertiges Groblayout
- Feinplanung der Bereiche:
 - Arbeitsplatzgestaltung (Detaillieren des Groblayouts)
 - Lagerflächen für Produkte in Bearbeitung
 - Fertiges Feinlayout

3.) Ausführungsplanung

- Ausführungsbereites Gesamtlayout
- Projektplan zur Umsetzung des Layouts

Untersuchungsbereich:

Der Untersuchungsbereich wurde formal folgend festgelegt:

Untersuchungsbereich ist der Produktionsablauf. Der Produktionsablauf umfasst dabei folgende Bereiche: Wareneingang, Zuschnitt, Schmiede, Wärmebehandlung, Beizen und Rissprüfen, Schleiferei, Gleitschleifen, Strahlen, Qualitätssicherung, Montage.

Dabei werden der Materialfluss zwischen den einzelnen Bereichen, die Lagerplätze für die jeweiligen Produktionsschritte und das allgemeine Layout (Anordnung der Fertigung, Lagerplätze, Gesenklager, Wege) auf Optimierungspotentiale untersucht.

Keine Untersuchung erfolgte im Bereich der Verwaltung (Bürobereich) und dem weiteren Umfeld, z.B. Entsorgungsbereich an der Zufahrt zum Wareneingang, eingemietete Unternehmen im Produktionsgebäude, Parkplätze.

3.1.2 Vorarbeiten

Um einen Überblick des Unternehmens zu bekommen wurden zuerst die Prozesse (Führungsprozesse, Leitungsprozesse und Unterstützungsprozesse) im Unternehmen durchgearbeitet. Außerdem erfolgte eine kurze Einschulung und Einarbeitung in das betriebsinterne EDV und ERP - System. (ABAS)

Zum besseren Verständnis wurde dann der Produktionsablauf vorgestellt und bei verschiedenen Produkten auf besondere Arbeitsabläufe hingewiesen.

Der Produktionsbereich der Schmiedetechnik stellt annähernd ein verfahrensorientiertes Layout (siehe Kapitel 2.1) dar.

3.2 Analyse der IST-Situation

Auf Grund des Umfangs dieses Punktes der Vorarbeiten und der Wichtigkeit für die weiteren Planungsprozesse ist der IST-Situationsanalyse ein separates Kapitel gewidmet.

Aus den Grundfällen (siehe Kapitel 2.1) kann man erkennen, dass die vorliegende Planungsaufgabe dem Grundfall B, eine Um- und Neugestaltung bestehender Industriebetriebe, zuzuordnen ist. Dementsprechend war die Analyse der IST-Situation sehr zeitaufwendig.

Um mit der Planung des Layouts zu beginnen war es nötig als erstes eine konkrete Aufnahme der IST-Bedingungen vorzunehmen und eine ausreichende Datengrundlage für die weiteren Planungsschritte zu schaffen.

Wichtige Punkte der Zielsetzung waren dabei:

- Darstellung des IST-Grundrisses,
- Ermitteln des Produktionsprogramms und des Produktionsablauf
- Darstellung des vorhandenen Materialflusses

In Kapitel 2.3.1 wurde der Fließgrad und der Flussgrad vorgestellt und deren Einfluss auf den Materialfluss erläutert.

Obwohl diese Werte hilfreich für die Planung des Materialflusses gewesen wären, war es in der Praxis des Unternehmens mit vernünftigem Aufwand nicht möglich diese Kennzahlen zu ermitteln. Dies ist vor allem dem heterogenen Produktionsprogrammes anzulasten. Außerdem werden um Rüstzeiten und Rüstkosten zu verringern vor allem beim Schmieden selbst mehr (rohe) Bauteile produziert als für den Moment benötigt und vor der weiteren Verarbeitung gelagert. Dadurch entstehen selbst innerhalb eines Produktes sehr variable Durchlaufzeiten.

Um eine ausreichende Datengrundlage für die Optimierungsaufgabe zu schaffen wurden stattdessen die einzelnen Produkte direkt auf ihre Produktionsabfolge, Stückzahlen und den sich daraus ergebenden Transportaufwand hin untersucht.

3.2.1 Darstellung des IST-Grundrisses

Da im Unternehmen nur ein überholter Grundriss des Gebäudes bestand, in dem bauliche Veränderungen der letzten Jahre nicht eingetragen wurden, war die erste Aufgabe einen neuen Grundriss, als CAD-Zeichnung, mit den aktuellen Begebenheiten (neue Durchgänge, Fenster, Trennwände) zu erstellen.

In diesen aktualisierten Grundriss wurden dann der aktuelle Anlagen- und Maschinenpark, die Lagerbereiche, Einhausungen, Regale und sonstige Einrichtungen eingezeichnet. Dazu war es notwendig die Positionen dieser Anlagen und Einrichtungen in der Produktion vor Ort zu vermessen. Derzeit an andere Unternehmen vermietete Flächen, wurden dabei nicht genauer untersucht.

Für die spätere Planung von Vorteil hat sich hier neben den Großanlagen auch die genaue Vermessung von Regalen und sonstigen kleineren Einrichtungen erwiesen.

3.2.2 Ermitteln des Produktionsprogramms

Da es sich um eine Neuplanung einer bestehenden Produktion handelt war das Produktionsprogramm bereits vorgegeben. Es war somit möglich mittels Sekundärerhebung (siehe Kapitel 2.3.1 IST-Aufnahme) eine ausreichende Datengrundlage zu schaffen.

Allerdings sind die Daten um daraus den Materialfluss darzustellen auf mehrere Datenbanken und Betriebsbereiche verteilt. Die Fertigungsliste, die den Ablauf der Fertigung eines Produktes beschreibt, wird in der Arbeitsvorbereitung erstellt und in Produktlaufkarten eingetragen. Aus dem im Unternehmen eingesetzten ERP-System kann bei Bedarf die Fertigungsliste abgerufen werden. Ebenfalls im ERP-System zu finden sind auch die Produkte die sich zum Zeitpunkt des Abrufens in der Produktion befinden. Die Planung des Produktionsprogrammes erfolgte davon getrennt in der Produktionsplanung mit Hilfe von Excel-Sheets. Eine Integration des Planungsbereiches in die ERP-Software ist aber bereits in der Testphase. Allerdings wird derzeit in der Produktionsplanung eine detaillierte Planung nur für einen kurz- bis mittelfristigen Zeitraum durchgeführt. Ein Überblick fehlt. Um diesen zu erhalten wurden die Daten aus den Umsatzlisten des Verkaufs und den geplanten Umsätzen für das laufende Jahr herangezogen.⁹⁴ Dies ermöglichte auch gleichzeitig eine Gewichtung des Produktionsprogrammes nach Umsatz und Volumen.

Zusammengenommen konnten aus diesen Unterlagen alle für die weitere Planung notwendigen Daten ermittelt werden.

⁹⁴ Umsatzplanung Pankl Schmiedetechnik: Prognose 2011 (Stand: April 2011)

Produktionskategorien

Mit diesen Daten als Basis wurde das Produktionsvolumen in drei Kategorien (siehe Abbildung 15) unterteilt. Ähnlich einer ABC-Analyse des Produktionsprogramms, wie im Kapitel 2.3.1 vorgestellt. Eine Kategorie umfasst dabei jeweils ungefähr ein Drittel des Produktionsvolumens.⁹⁵

Kategorie I	1/3 Produktionsvolumen	60% des Gesamtumsatzes
Kategorie II	1/3 Produktionsvolumen	30% des Gesamtumsatzes
Kategorie III	1/3 Produktionsvolumen	10% des Gesamtumsatzes

In Kategorie I fallen dabei die Produkte die den größten Umsatzanteil haben. Kategorie II bildet den mittleren Bereich ab. Stückzahl und Umsatz sind proportional. Ein Sonderfall ist Kategorie III. In diese Kategorie fallen Produkte die bei großen Stückzahlen für relativ geringere Umsätze sorgen und Produkte, die sehr selten bzw. nur in sehr geringen Stückzahlen produziert werden. Außerdem wurden in diese Kategorie Produkte klassifiziert, die vom Standardproduktionsablauf sehr stark abweichen.

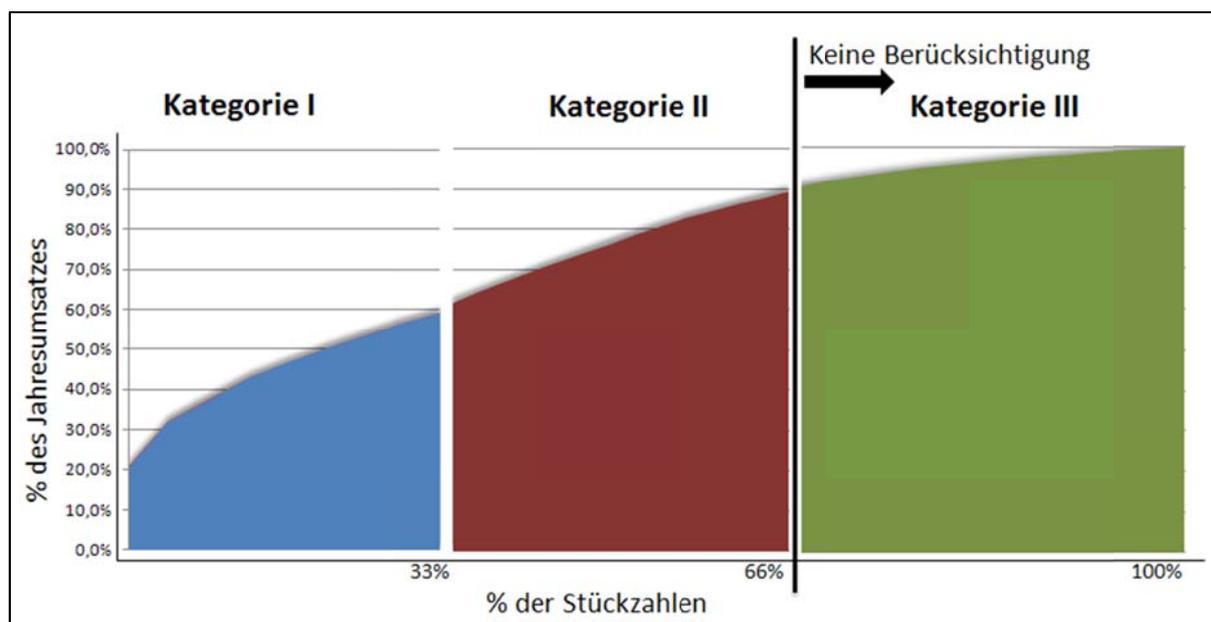


Abbildung 15: Übersicht Kategorien

Für die weitere Planung wurden keine Produkte der Kategorie III berücksichtigt, da diese auf Grund des meist abweichenden Produktionsablaufes und der großen Vielfalt, einen negativen Einfluss auf die Optimierung des Materialflusses für die Hauptprodukte ergeben hätten. Durch die Fokussierung auf die umsatzstärksten Kategorien I und II wurde das Produktionsprogramm insgesamt übersichtlicher und die Anzahl der Produkte auf 35 bis 40 verschiedene eingeschränkt.

⁹⁵ Umsatzplanung Pankl Schmiedetechnik: Prognose 2011 (Stand: April 2011)

Diese gewählten Produkte wurden dann auf ihren Produktionsablauf hin untersucht. Produkte mit gleichem oder stark ähnlichem Produktablauf wurden zu Produktgruppen, meist nach Kunde getrennt, weiter zusammengefasst. Der Produktionsablauf wurde dabei aus den Fertigungslisten entnommen.

3.2.3 Darstellung des Produktionsablaufs

Als nächstes war es nötig die Produktionsabläufe als Prozess darzustellen. Auf Grund der aus den Fertigungslisten entnommenen Produktionsabläufe wurde ein Modell entwickelt, in dem sich der Fertigungsablauf der unterschiedlichen Produktgruppen (aus den Kategorien I und II) abbilden lässt. Am einfachsten dargestellt wird der Fertigungsprozess als Flussdiagramm, in dem die verschiedenen Produktionsabläufe durch Ja bzw. Nein Entscheidungen abgebildet werden können. (siehe Abbildung 16)

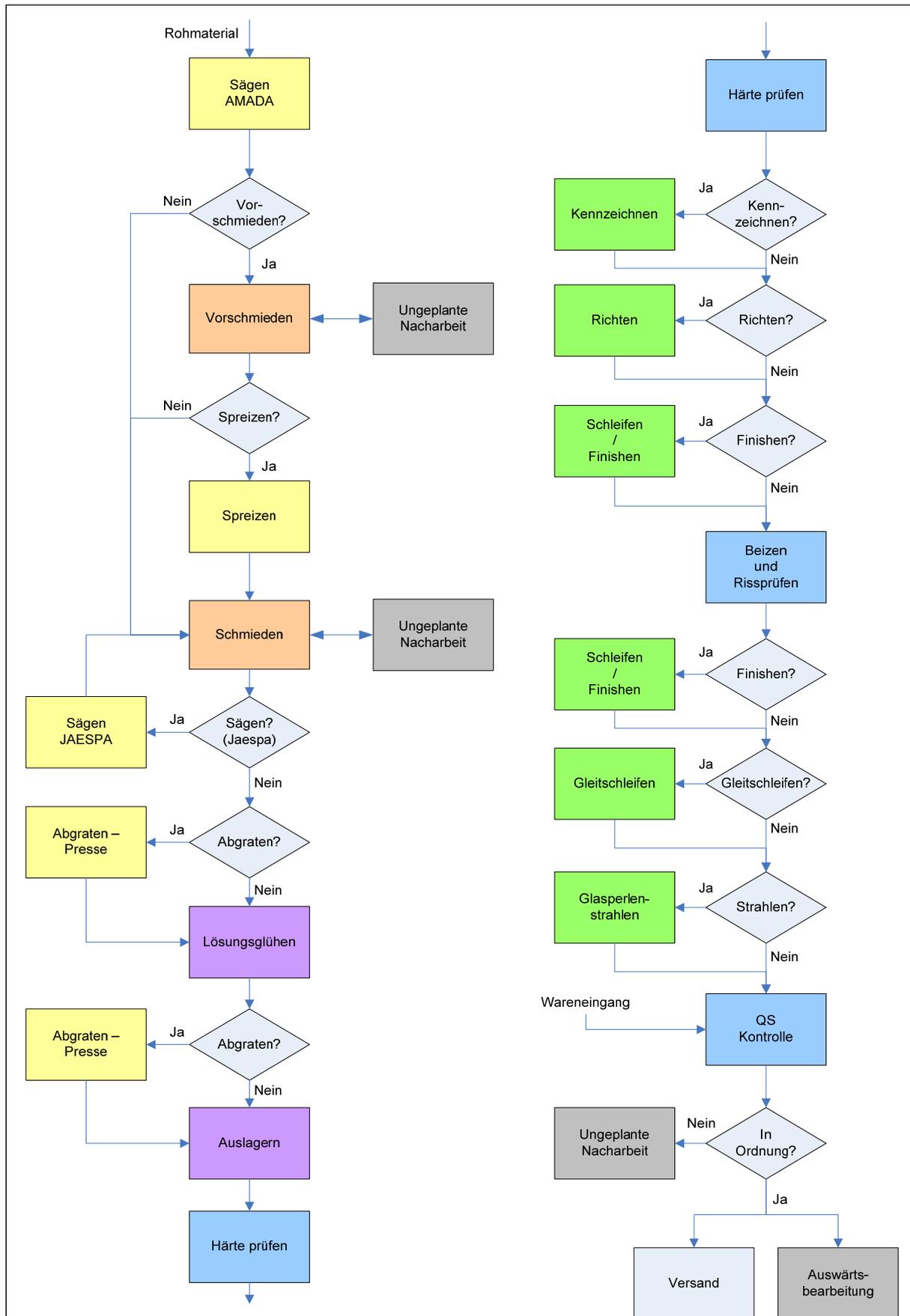


Abbildung 16: Produktionsablauf als Flussdiagramm

3.2.4 Darstellen des IST-Materialflusses

Um den Materialfluss darstellen zu können war es notwendig sämtliche Transportvorgänge innerhalb der Produktion aufzunehmen und darzustellen. Da das neue Layout vor allem auf die umsatzstärksten und wichtigsten Produkte ausgerichtet werden sollte, wurden hierfür wieder sämtliche Transportvorgänge der Kategorien I und II in eine Materialflussmatrix⁹⁶ (Von-Nach-Matrix) eingetragen. Aus dieser Materialflussmatrix (siehe Tabelle 1) sind die Gesamttransportvorgänge (für das Jahr 2011) zwischen den einzelnen Abteilungen und Anlagen ersichtlich.

von \ nach	Säge	1000to	2600to	HP1250	Spreiz- presse	Abgrat- presse	Lösungs- glühen	Aus- lagern	Sägen Jaespa	QS- Härte- prüf.	Kenn- zeichnen	Richten	Beizen	Schleifen	Gleit- schleifen	Glasperl- Strahlen	QS- Endprüf.	Aus- wärts- Bear.	Versand
Säge	x	76.712	82.850	72.465														2.624	
1000to		x		13.800		37.712	25.200												
2600to			x			107.270	2.500		5.248										
HP1250			26.920	x	19.048	2.624	57.345												
Spreizpresse				19.048	x														
Abgratpresse						x	147.606	34.345		18.000				18.000	5.900				
Lösungsglühen						34.345	x	198.306											
Auslagern						18.000		x		214.651									
Jaespa			5.248						x				3.300						
QS-Härteprüfen						23.900			3.300	x	189.455		13.496					2.500	
Kennzeichnen											x	108.370	63.085		18.000				
Richten												x	108.370	18.000					
Beizen												18.000	x	156.831	28.020			29.800	
Schleifen													12.000	x	105.187	29.544	68.120		
Gleitschleifen													23.900		x	6.325	98.862		
Glasperlstrahlen														28.020		x	35.869		
QS-Endprüf.																	x	1.750	232.651
Auswärtsbear.				2.624									2.500					x	

Tabelle 1: Materialflussmatrix

Mit der Grundlage dieser tabellarischen Matrixdarstellung konnte ein anschauliches Materialfluss-Schaubild erstellt werden, welches eine graphische Aufbereitung der Ergebnisse liefert. Dieses IST-Materialflussschaubild ist in Anhang 1 zu finden.

Distanzmatrix DM

Die Distanzen und somit der Weg des Materialflusses sind maßgeblich durch die räumliche Anordnung definiert.⁹⁷

Zum Erstellen der Distanzmatrix wurden die tatsächlichen Transportwege im aktualisierten Grundriss bestimmt und in Tabelle 2 eingetragen.

⁹⁶ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 121ff

⁹⁷ Vgl. GRUNDIG C.-G. (2009) S. 120

Distanz in Metern	Säge	1000to	2600to	HP1250	Spreiz- presse	Abgrat- presse	Lösungs- glühen	Auslagern	Sägen Jaespa	QS- Härteprüf.	Kenn- zeichnen	Richten	Beizen	Schleifen	Gleit- schleifen	Glasperl- Strahlen	QS- Endprüf.	Aus- wärts- bear.	Versand
Rohmateriallager	20,0																		
Säge	x	27,0	26,0	35,0															
1000to		x	19,0	14,0		19,0	39,5												
2600to			x			29,0	38,5		32,0										
HP1250				x	28,0	8,0	47,5												
Spreizpresse					x														
Abgratpresse						x	52,5	40,5		94,0				67,0	83,5				
Lösungsglühen						52,5	x	23,0											
Auslagern						40,5		x		67,5									
Sägen Jaespa			32,0						x				52,5						
QS-Härteprüfen						94,0			78,5	x	22,5		26,0					76,0	
Kennzeichnen											x	0,5	3,0		9,5				
Richten												x	3,0	18,5					
Beizen											3,0	3,0	x	16,0	15,5		20,0		
Schleifen													16,0	x	31,5	35,5	36,0		
Gleitschleifen													15,5		x	9,0	21,0		
Glasperistrahlen														35,5		x	25,0		
QS-Endprüf.																	x		75,0
Auswärtsbear.													52,5					x	

Tabelle 2: Distanzmatrix (Angaben in Metern)

Zusammengeführt (Nach Kapitel 2.3.2.2, Materialfluss multipliziert mit der Entfernung.)
 ergeben diese beiden Matrizen die Transportintensitätsmatrix (siehe Tabelle 3).

nach von	Säge	1000to	2600to	HP1250	Spreiz- presse	Abgrat- presse	Lösungs- glühen	Auslagern	Sägen Jaespa	OS- Härteprüf.	Kenn- zeichnen	Richten	Beizen	Schleifen	Gleit- schleifen	Glasperl- Strahlen	QS- Endprüf.	Aus- werts- bear.	Versand	
Rohmateriallager	4.733.020																			
Säge	x	2.071.224	2.154.100	2.698.115																
1000to		x		193.200		716.528	995.400													
2600to			x			3.110.830	96.250		167.936											
HP1250			726.840	x	533.344	20.992	2.913.888													
Spreizpresse				533.344	x															
Abgratpresse						x	7.749.315	1.390.973		1.692.000				1.206.000	492.650					
Lösungsglühen						1.803.113	x	4.653.038												
Auslagern						729.000		x		14.758.943										
Sägen Jaespa			167.936						x				173.250							
OS-Härteprüfen						2.246.600			259.050	x	4.262.738		454.896					190.000		
Kennzeichnen											x	54.185	189.255		171.000					
Richten												x	325.110	333.000						
Beizen											54.000	54.000	x	2.509.296	434.310		676.000			
Schleifen													288.000	x	3.313.391	1.048.812	2.452.320			
Gleitschleifen													370.450		x	56.925	2.076.102			
Glasperstrahlen														994.710		x	896.725			
OS-Endprüf.																	x			17.748.825
Auswärtsbear.													131.250					x		

Tabelle 3: Transportintensitätsmatrix (MM x DM = TM)⁹⁸

⁹⁸ Vgl. ARNOLD D.; FURMANS K. (2009) S. 272

In dieser Transportintensitätsmatrix (Tabelle 3) kann man jene Bereiche mit dem höchsten Werten identifizieren und sich bei der Verbesserung des Materialflusses auf diese Problembereiche konzentrieren

Aus der Transportintensitätsmatrix ist ersichtlich, dass der größte Handlungsbedarf bei folgenden Transportbeziehungen bestand:

- Qualitätssicherung – Endprüfung → Warenausgang (Versand)
- Auslagern → Qualitätssicherung – Härteprüfung
- Abgratpresse → Lösungsglügen

Und weiter:

- Qualitätssicherung – Härteprüfung → Kennzeichnen
- Beizen → Schleifen
- Schleifen → Gleitschleifen

Durch eine Reduktion der Distanzen dieser Abteilungen / Arbeitsgänge wird der Materialfluss insgesamt entscheidend verbessert. Allerdings muss dabei auf die derzeit unkritischen Vorgänge Rücksicht genommen werden, um von diesen keine negativen Einflüsse auf den Materialfluss zu erzeugen.

3.3 Planen des optimierten Betriebslayouts

3.3.1 Idealplanung

Aus den gewonnenen Daten aus der Ist-Situationsanalyse wurde ein Funktionsschema (siehe Abbildung 17) erstellt, das den idealen Ablauf für einen Großteil des Produktionsprogrammes abbildet. Die Beziehungen der Elemente ergeben sich dabei aus der Abfolge des Produktionsprozesses.⁹⁹

Die nötigen Grundflächen und Transportfälle finden hier noch keine Berücksichtigung.

Das Funktionsschema ergänzt um die Transportzahlen¹⁰⁰ ergibt ein Sankey-Diagramm, in dem bereits die Transportbeziehungen zwischen den einzelnen Schritten ersichtlich sind. (siehe Abbildung 18)

Als nächstes wurden die notwendigen Flächen für die jeweilige Anlage, oder den jeweiligen Arbeitsplatz aus dem überarbeiteten IST-Grundriss (siehe Kapitel 3.2.1) entnommen. Dies hat sich als praktikabler erwiesen als die Maschinengrundfläche zu nehmen und mittels Zuschlagfaktoren¹⁰¹ auf eine theoretisch benötigte Fläche zu kommen.

⁹⁹ Vgl. MUELLER E. et al. (2009) S. 117

¹⁰⁰ Umsatzplanung Pankl Schmiedetechnik: Prognose 2011 (Stand: April 2011)

¹⁰¹ Vgl. SCHMIGALLA H. (1995) S. 237

Für neu umzusetzende oder zu erweiternde Arbeitsplätze, Abteilungen oder Anlagen wurden die jeweils notwendigen Flächen, durch Vergleich mit dem derzeitigen Flächenverbrauch der Anlagen und Arbeitsplätze ermittelt bzw. hochgerechnet.

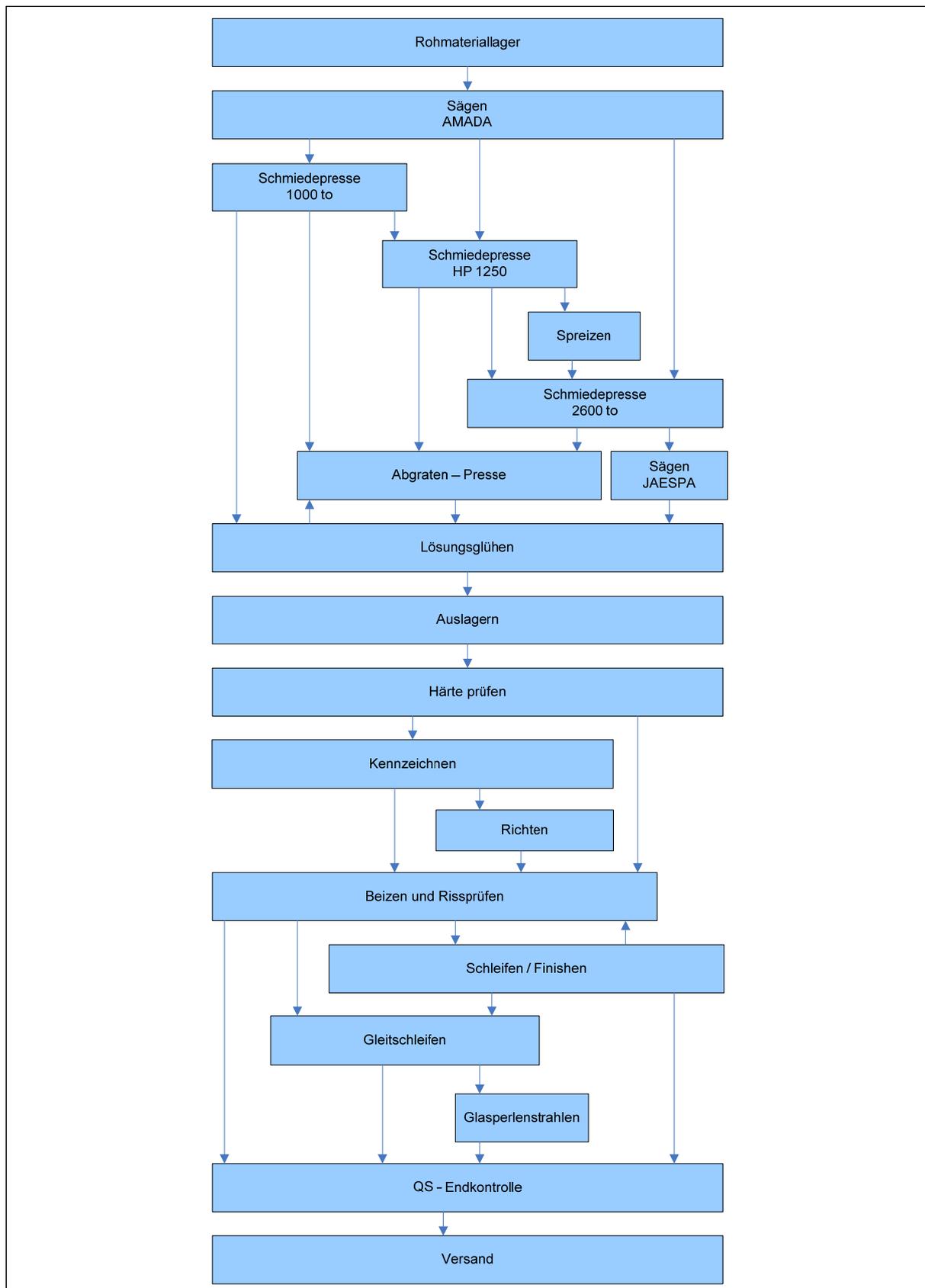


Abbildung 17: Funktionsschema - Produktionsablauf

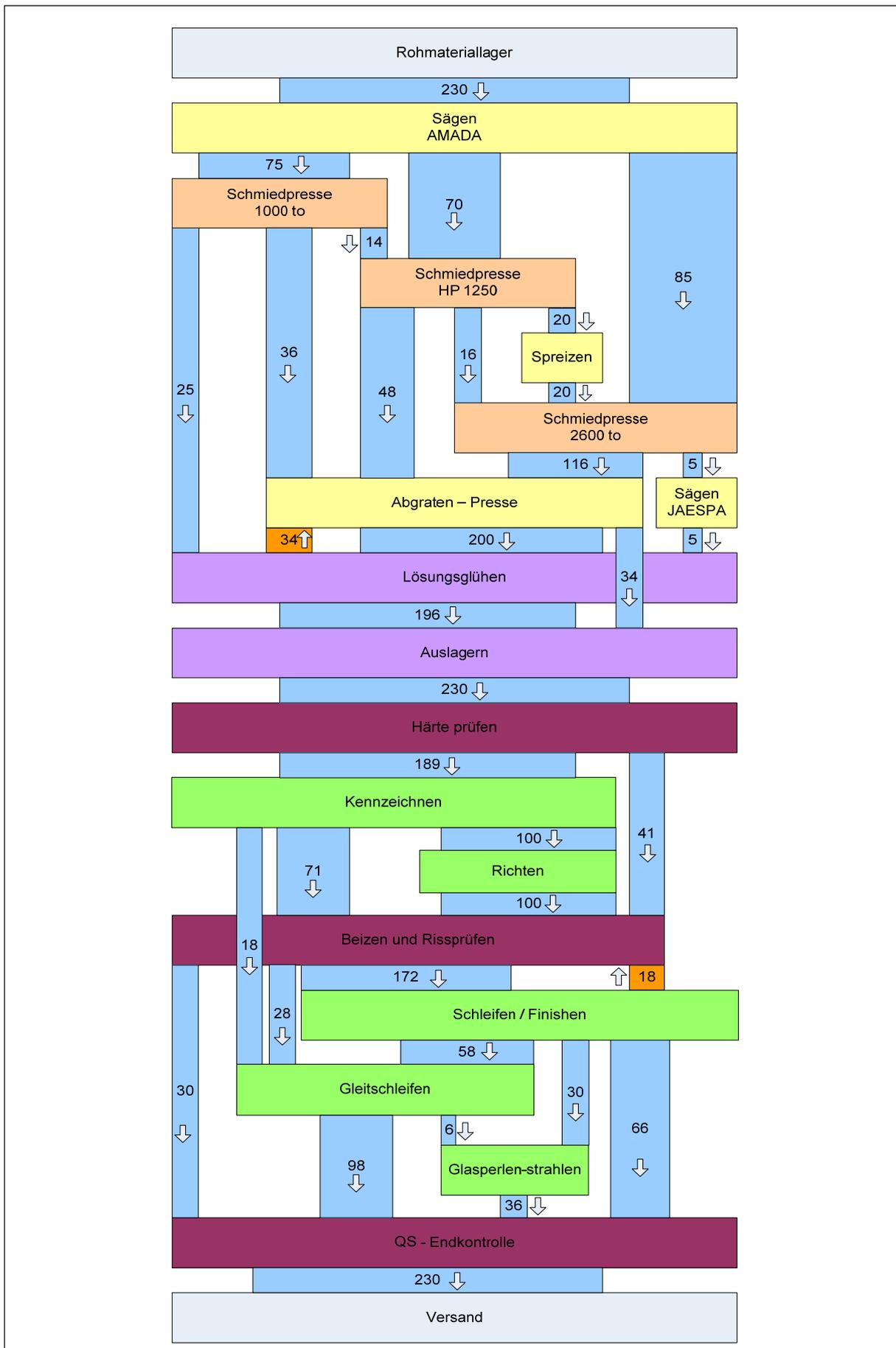


Abbildung 18: Funktionsschema - ergänzt um Transportfälle in Tausend Stück

Mit dem Funktionsschema und dem nun bekannten Flächen wurde ein flächenmaßstäbliches Blocklayout (siehe Abbildung 19) der Produktion erstellt. Der besseren Übersicht wegen wurden Transport und Lagerflächen in diesem Blocklayout nicht berücksichtigt.

Dieses Blocklayout stellt nun die ideale Ausgangsbasis für die Variantenbildung am realen Layout dar.

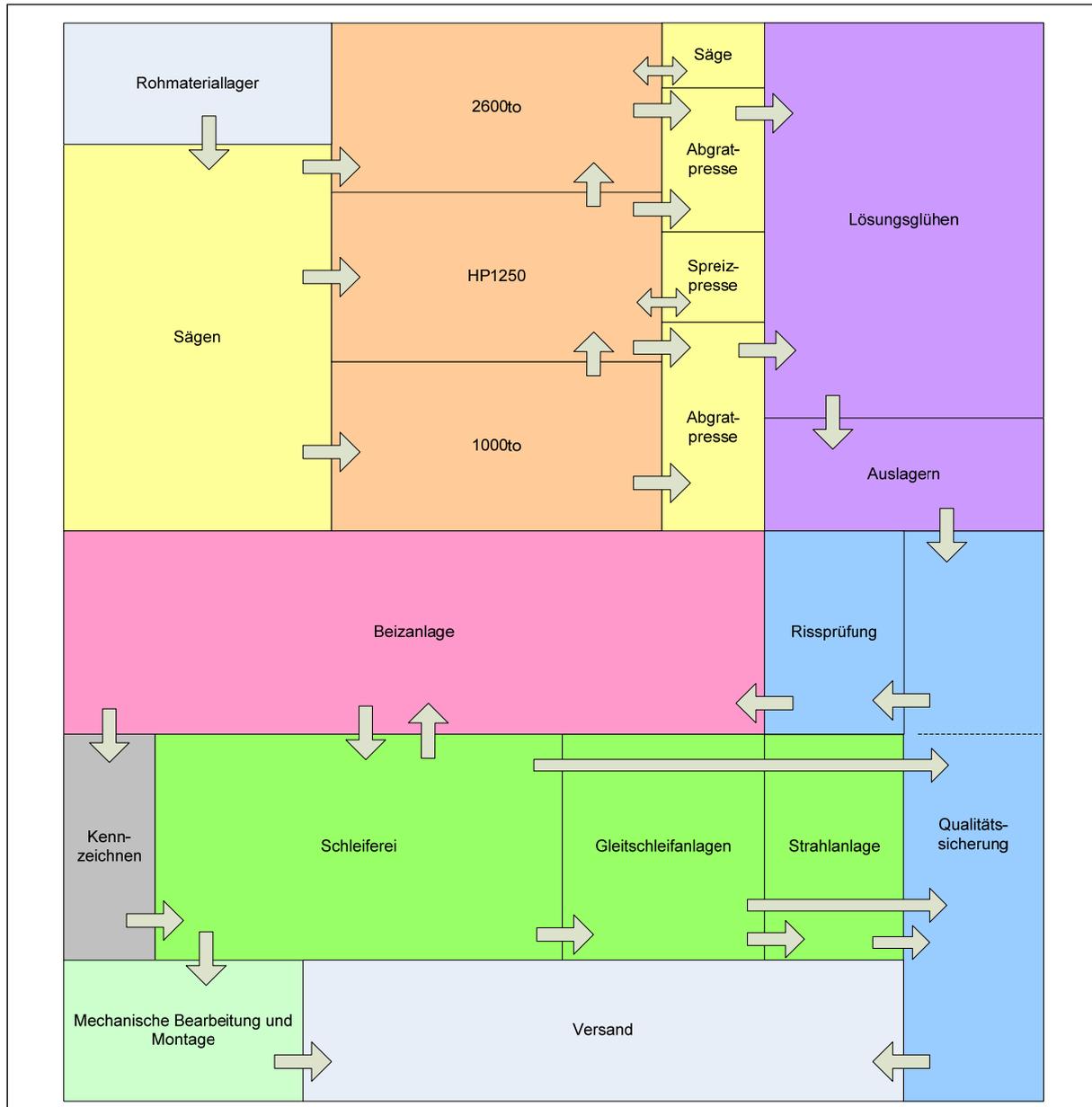


Abbildung 19: Ideale Anordnung der Produktion als Blocklayout

3.3.2 Realplanung

Auf Basis der in der Vorplanung und Idealplanung ermittelten Ergebnisse, wurde nun die Realplanung durchgeführt.

Da es sich um den häufig vorkommenden Planungsgrundfall Um- und Neugestaltung eines bestehenden Industriebetriebes (Kapitel 2.2) handelt, konnte das ermittelte Ideallayout nicht in dieser Form umgesetzt werden. Die vorgegebenen Bedingungen und Restriktionen machten Anpassungen unumgänglich.

In dieser Phase haben sich die in der Theorie (Kapitel 2.3.2.1) vorgestellten graphischen Planungsverfahren, das Kreisverfahren nach Schwerdtfeger und das modifizierte Dreiecksverfahren nach Schmigalla, als ungeeignet in der praktischen Anwendung erwiesen. Beide Verfahren bieten nicht die Möglichkeit mehreren fix gesetzte Punkte zu berücksichtigen, bzw. wird dadurch die Anwendung äußerst kompliziert und das Ergebnis unübersichtlich.

3.3.2.1 Restriktionen:

Der vorgegebene Grundriss der Gebäude (siehe Kapitel 3.2.1) stellte dabei die größte Restriktion dar. Ebenfalls restriktiv auf Veränderungen wirkten sich die für die Anlagen notwendigen und bestehenden Fundamente und Unterkellerungen aus. Beschränkend wirkte sich auch die unterschiedliche Raumhöhe der Produktionsbereiche und -hallen aus. Veränderungen von durch diese Restriktionen betroffenen Anlagen hätten einen erheblichen baulichen Aufwand, bzw. einen Neubau der Produktionsstätte zur Folge und hätten dadurch zu massiv höheren Kosten des Projektes geführt.

Deshalb wurden folgende Anlagen und Produktionsbereiche als nicht verlegbar gekennzeichnet:

- Schmiedepresse 1000to, 2600to und HP1250: Spezielle Fundamentkonstruktion und Zugangsmöglichkeit (Schmiedekeller) zu Wartungszwecken, Raumhöhe nur in bestehender Schmiedehalle ausreichend, Schmiedesteuerung aufwändig, Hallenkran notwendig
- Wärmebehandlungsanlagen: Lösungsglühanlage und Auslagerungsöfen klein + groß: Spezielle Fundamentkonstruktion und aufwändige Steuerungsanlage, Anforderungen an Raumhöhe, Hallenkran notwendig
- Beizanlage: Gegen Gefahrgutaustritt (Beizmittel) abgesicherter Grund, Auffangwanne, Länge der Anlage

Um das festgelegte Ziel einer Linearisierung der Produktion und der Schaffung einer Trennung zwischen Wareneingang und Warenausgang zu erreichen, wurde relativ früh in der Planungsphase festgelegt, den neuen Warenausgang in der verkehrsmäßig günstig, straßenseitig gelegenen Montagehalle zu realisieren.

Die Lage der Instandhaltung, als Hilfsprozess für sämtliche Produktionsabläufe, war bereits im Ausgangslayout gut gelöst. Eine Verlegung hätte hohe Kosten zur Folge ohne dabei wesentliche Auswirkungen auf den Materialfluss zu erreichen.

Eine weitere Vorgabe war, dass die Anzahl der Lagerplätze für Schmiedegesenke nicht reduziert werden durfte, bzw. wenn möglich noch erhöht werden sollte. Ebenso sollte der Lagerplatz für Produkte, die zwischen zwei Produktionsschritten gelagert werden, zumindest auf dem gleichen Niveau wie im bestehenden Layout bleiben.

In allen Bereichen mussten die Vorgaben der Arbeitsstättenverordnung¹⁰² eingehalten werden. Besonders in Bezug auf die Raumanforderungen für ständige Arbeitsplätze, Belüftung und Beleuchtung musste bei der Gestaltung auf die Arbeitsstättenverordnung Rücksicht genommen werden.

¹⁰² AStV Arbeitsstättenverordnung

3.3.2.2 Variantenbildung

Das gefundene ideale Layout wurde, nun unter Berücksichtigung der angesprochenen Restriktionen, an die realen Bedingungen angepasst. Um schnell verschiedene Anordnungen ausprobieren zu können wurde hierfür eine große Papptafel (siehe Abbildung 20) mit aufgedrucktem Grundriss der Schmiedetechnik zur Verfügung gestellt. Mit Pins befestigte Schablonen der Arbeitsbereiche und Anlagen konnten dabei vertauscht werden. Darauf konnte dann das Probierverfahren (siehe Kapitel 2.3.1.3) zur Erstellung verschiedener Varianten angewendet werden.

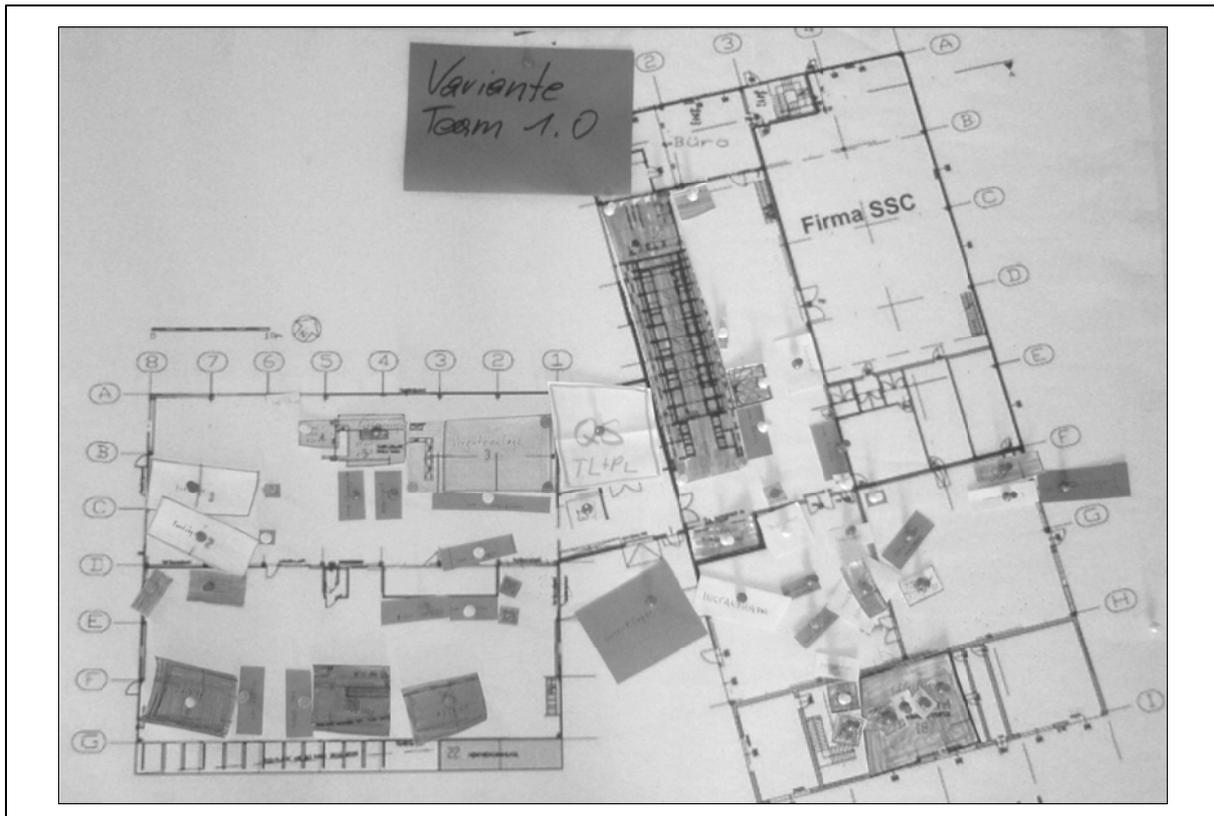


Abbildung 20: Tafel mit Schablonen

Als praktischer hat sich dabei die Darstellung des Layouts in digitaler Form, im Programm MS Visio, herausgestellt. Der prinzipielle Grundriss wurde aus der CAD-Vorlage entnommen und die Symbole und Anlagen von der Tafel übernommen und detailliert. Um eine annähernd ideale Lösung zu finden wurden verschiedene Lösungsansätze ausprobiert und als Layout Visio dargestellt. Hier ist anzumerken, dass es sich hierbei um die einfachste Form der EDV-Unterstützung handelt, da keine rechnergestützte Berechnung der Layoutergebnisse durchgeführt werden. (siehe Kapitel 2.3.2.1)

Dabei wurden schließlich vier Varianten entwickelt, die sich hinsichtlich der Erfüllung der Zielsetzungen und der Annäherung an das Ideallayout unterscheiden.

Es folgt eine Beschreibung der vier entwickelten Varianten mit ihren Vorteilen und Nachteilen und den jeweils umzusetzenden Maßnahmen.

3.3.2.2.1 Variante 1:

Die erste Variante (dargestellt in Abbildung 21) war darauf ausgerichtet, möglichst ohne hohe Kosten und aufwändigen Arbeiten den Zielen nahe zu kommen. Im Wesentlichen wurde dabei nur der neue Warenausgang umgesetzt und ebenfalls der Wareneingang deutlicher gekennzeichnet. Durch diese einzelne Maßnahme wäre eine 15%ige Verbesserung der Gesamttransportintensität (siehe Tabelle 4) möglich. Außerdem wird eine nach außen hin wirkende Linearisierung der Produktion erreicht, d.h. es gibt einen getrennten Wareneingang und Warenausgang, innerhalb der Produktion bestehen aber weiterhin Transportschleifen und Überschneidungen im Transportprozess. Auf Grund dessen werden auch wesentliche Ziele des Projektes hinsichtlich höherer Transparenz im Produktionsprozess nicht erreicht.

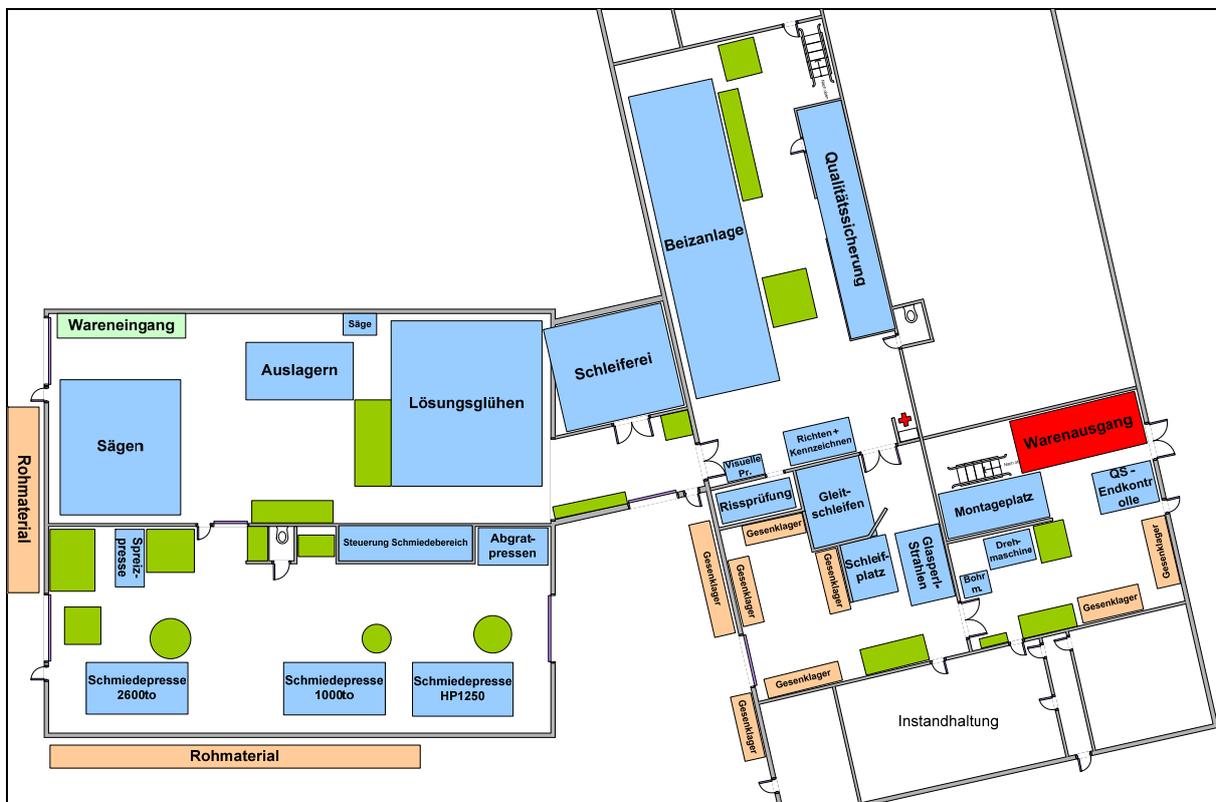


Abbildung 21: Layout Variante 1

Maßnahmen:

- Neuer Warenausgang

Vorteile/Nachteile:

- Geringer Aufwand zur Umstellung
- Materialflussverbesserung um 15%
- Ziele hinsichtlich Transparenz nicht erreicht

3.3.2.2 Variante 2:

Die zweite Variante (dargestellt in Abbildung 22) sieht aufwändige Umbauarbeiten vor und ist darauf ausgelegt, eine möglichst hohe Kongruenz mit dem Ideallayout zu erzielen.

Zusätzlich zur Variante 1 werden folgende Maßnahmen gesetzt:

Ein Durchbruch zwischen Schmiedehalle und Wärmebehandlung bei den Abgratpressen um eine direkte Weitergabe von der Schmiede in die Wärmebehandlung ohne Umwege zu erreichen. Auf Grund der Baustruktur, Stahlträger mit Blechverkleidung, ist dieser Durchbruch einfach herzustellen.

Das Errichten einer Überdachung und Abtrennung des Innenhofes um Raum für ein neues Gesenklager zu schaffen. Ebenfalls in diesem neu geschaffenen Bereich soll ein Großteil der Betriebsstoffe und teilweise die derzeit dort zwischengelagerten Halbfertigprodukte gelagert werden.

Die gesamte Nachbearbeitung (Schleiferei, Gleitschleifen, Glasperlstrahlen) wird in einer Halle zusammengefasst. Dies bedeutet, dass im derzeitigen Gesenklager eine neue Schleiferei errichtet wird. Außerdem muss aus Schallschutzgründen der Gleitschleifbereich ebenfalls abgetrennt werden. Der Vorteil dieser Lösung ist vor allem die Konzentration der Arbeitsbereiche und dadurch sehr kurze Wege innerhalb der Nachbearbeitung

Die Räumlichkeiten der Schleiferei werden der Qualitätssicherung zur Verfügung gestellt. Da dieser Standort die größtmögliche Überdeckung mit dem Ideallayout darstellt.

In den freien Bereich der Qualitätssicherung wird der Aufenthaltsbereich der Mitarbeiter integriert.

Durch diese Maßnahmen konnte in Summe eine Verbesserung des Materialflusses gegenüber der IST-Situation von 35% (siehe Tabelle 4) erreicht werden.



Abbildung 22: Layout Variante 2

Maßnahmen:

- Neuer Warenausgang
- Durchbruch Schmiede - Wärmebehandlung
- Konzentration der Nachbearbeitung
- Umzug der Qualitätssicherung

Vorteile/Nachteile:

- Größte Überdeckung mit Ideallayout
- Materialflussverbesserung um 35%
- Hohe Transparenz im Produktionsablauf
- Hoher Aufwand zur Umsetzung
- Gesenklager näher an Schmiedebereich

3.3.2.2.3 Variante 3

Variante 3 (dargestellt in Abbildung 23) baut ebenfalls auf Variante 1, mit der Umsetzung des neuen Warenausganges und Wareneinganges, auf. Allerdings wird auf einen Durchbruch, wie bei Variante 2, zwischen der Schmiedehalle und der Wärmebehandlung verzichtet. Zur Materialflussoptimierung sollen die Abgratpressen in die Nähe der aktuellen Verbindung der Hallen gestellt werden. Dies bewirkt eine positive Änderung des Materialflusses bei Produkten, die zwischen zwei Schmiedevorgängen gespreizt werden müssen, ohne einen

negativen Einfluss auf den Ablauf bei den übrigen Produkten zu erzeugen, was insgesamt zu leichten Verbesserungen im Materialfluss führt.

Ebenfalls kann bei Variante 3 auf die neue Überdachung des Innenhofs verzichtet werden, da das Gesenklager nicht verlegt werden muss. Die Verbesserung im Materialfluss wird hier durch einen Tausch der Räumlichkeiten zwischen Qualitätssicherung und Schleiferei erreicht. Dadurch wird zwar keine Konzentration der Nachbearbeitung erreicht, allerdings durch die Neupositionierung der Qualitätssicherung, in einem zentralen Betriebsbereich, der Materialfluss wesentlich verbessert. Ein Nachteil dieser Lösung besteht in der höheren Lärmbelastung für die dort anschließenden Büroräumlichkeiten. Variante 3 erreicht dabei eine Gesamtverbesserung des Materialflusses von 36,5% (siehe Tabelle 4).

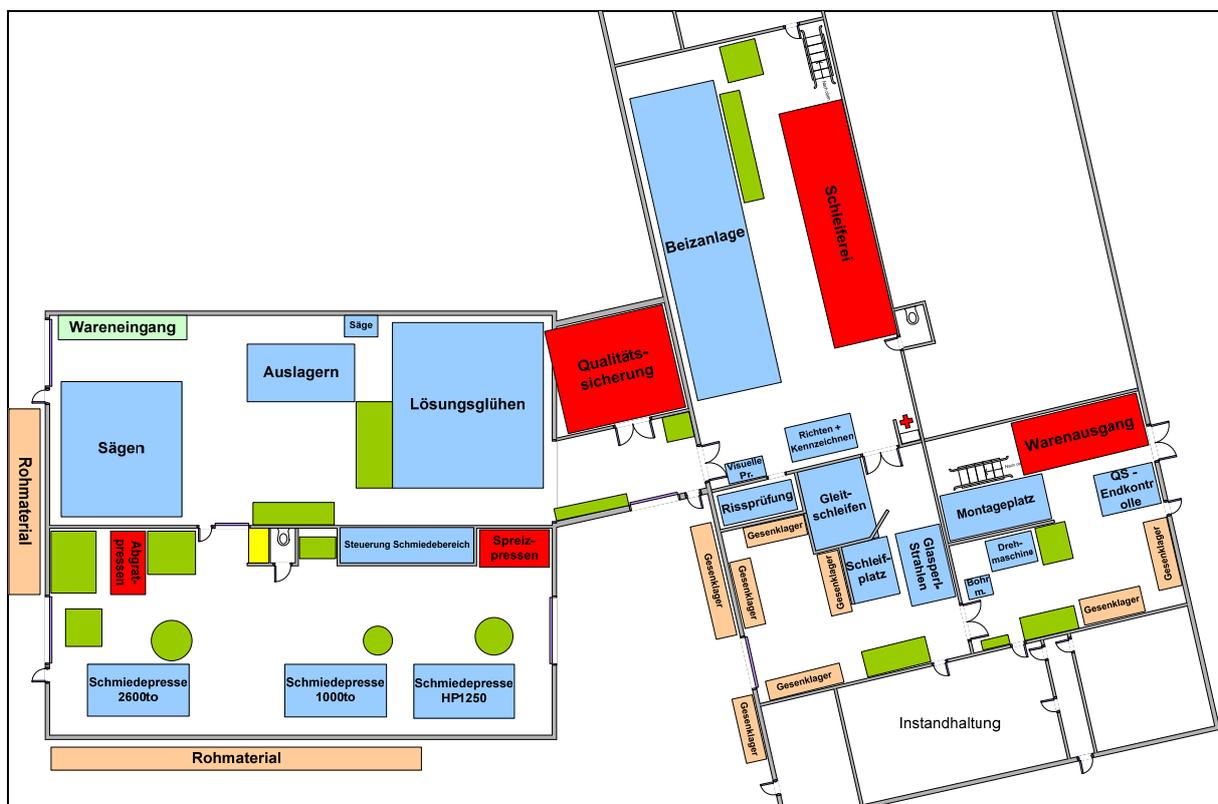


Abbildung 23: Layout Variante 3

Maßnahmen:

- Neuer Warenausgang
- Tausch Abgratpressen mit Spreizpresse
- Tausch der Schleiferei mit Qualitätssicherung

Vorteile/Nachteile:

- Nutzung vorhandener Flächen
- Materialflussverbesserung um 36,5%
- Mittlere Transparenz im Produktionsablauf
- Moderater Aufwand zur Umsetzung

3.3.2.2.4 Variante 4

Variante 4 (dargestellt in Abbildung 24) gleicht im Wesentlichen Variante 3, allerdings wird der Durchbruch zwischen Schmiedehalle und Wärmebehandlung mit einbezogen. Dadurch entsteht insgesamt ein im Ablauf besserer Materialflusses, als beim Tausch der Pressen und damit eine Gesamtverbesserung von 39,7% (siehe Tabelle 4).

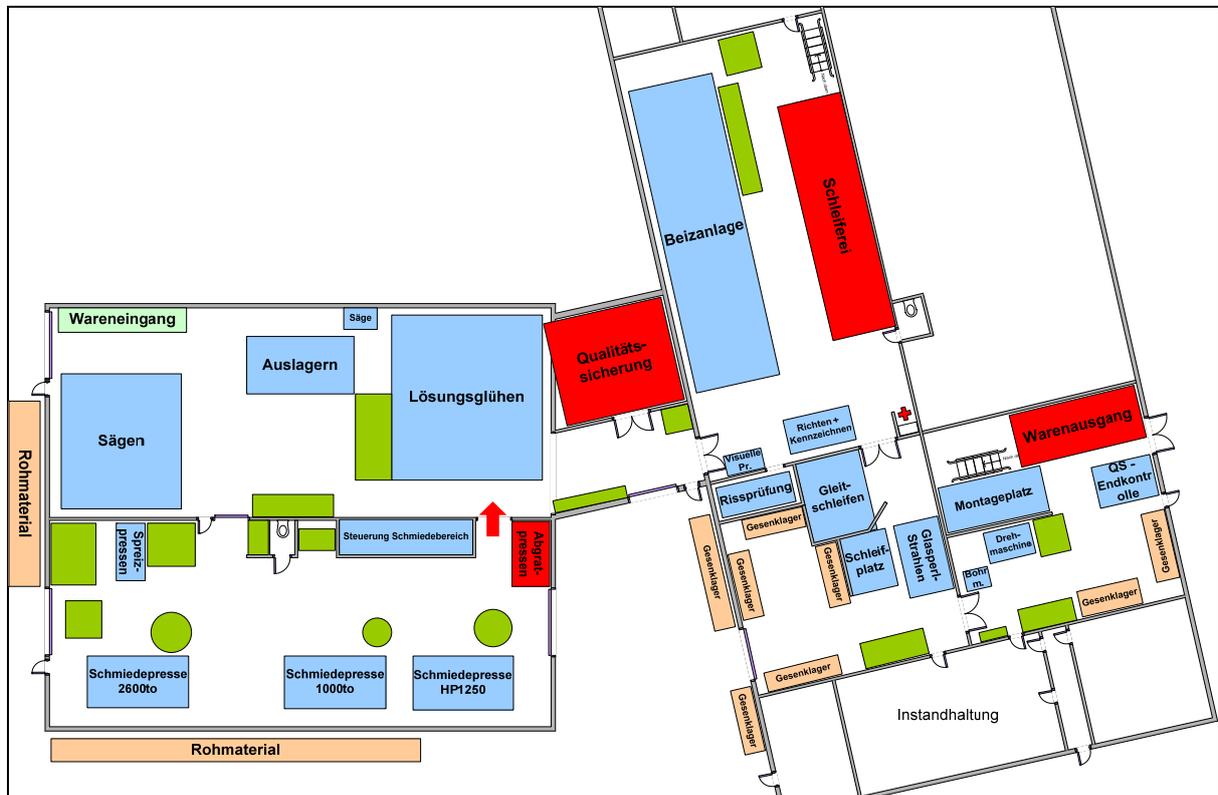


Abbildung 24: Layout Variante 4

Maßnahmen:

- Neuer Warenausgang
- Durchbruch Schmiede - Wärmebehandlung
- Tausch der Schleiferei mit Qualitätssicherung

Vorteile/Nachteile:

- Nutzung vorhandener Flächen
- Materialflussverbesserung um 39,7%
- Mittlere Transparenz im Produktionsablauf
- Mittlerer Aufwand zur Umsetzung

3.3.2.3 Vergleich der Transportintensitäten der Varianten

Für jede der vier Varianten wurde eine eigene Distanzmatrix und daraus entstehend Transportintensitätsmatrix erstellt. Die Materialflussmatrix, die die Transportvorgänge zwischen den Abteilungen darstellt, unterliegt nicht dem Layout selbst, sondern dem Produktionsprogramm und war somit bei allen Varianten identisch. Aus der Transportintensitätsmatrix wurde für jede der vier Varianten die Gesamtsumme der Transportintensität berechnet und in Relation zur Ausgangssumme gesetzt. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 dargestellt.

	V-IST	V1	V2	V3	V4
Summe Transportintensität	98.018.176	83.751.696	63.418.038	62.134.226	58.903.197
Transportintensität in %	100%	85%	65%	63%	60%
	Produktionsweg in Metern				
Beispielprodukte	V-IST	V1	V2	V3	V4
McLaren Upright	411,5	335,5	239	248	236
Recaro Sitzfuss	367,5	304,5	225	210	198
TRW Querlenkergehäuse	473	397	304,5	262,5	290,5

Tabelle 4: Vergleich der Transportintensität

Bei einem Vergleich der Varianten hinsichtlich Transportintensität erzielte Variante 4 den besten Wert. Auch bei den drei gewählten Beispielprodukten, die sich im Produktionsablauf leicht unterscheiden, bietet Variante 4 in zwei von drei Fällen den optimalen Lösungsansatz. Beim dritten Produkt, dem Querlenkergehäuse, bietet Variante 3, auf Grund des Einsatzes der Spreizpressen im Produktionsablauf dieses Produktes, die bessere Lösung. Vom Potential der Einsparungen her klar schlechter als die anderen Varianten zeigt sich hier bereits Variante 1.

3.3.2.4 Bewertung und Entscheidung

Da, neben dem verbesserten Materialfluss, weitere Zielsetzungen zu beachten waren wurde eine Nutzwertanalyse (siehe Tabelle 5) der vier Varianten durchgeführt:

Bewertungskriterium	Gewichtung	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
		Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert	Bewertung	Nutzwert
Materialfluss Gesamttransportweg	35%	3	1,05	8	2,8	9	3,15	10	3,5
Materialfluss Überschneidungen	5%	3	0,15	8	0,4	7	0,35	7	0,35
Aufwand zur Umstellung	10%	10	1	3	0,3	10	1	8	0,8
Warenausgang Neu	10%	8	0,8	8	0,8	8	0,8	8	0,8
Transparenz Produktionsprozess	20%	2	0,4	9	1,8	4	0,8	5	1
Ausreichend Gesenklager	5%	7	0,35	9	0,45	6	0,3	5	0,25
Ausreichend Lager	5%	7	0,35	8	0,4	7	0,35	7	0,35
Montageplatz	3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15
Zusammenfassung Nachbearbeitung	2%	2	0,04	8	0,16	2	0,04	2	0,04
Erhalt der Erweiterbarkeit	5%	4	0,2	8	0,4	6	0,3	6	0,3
Gesamtnutzwert	100%	Σ 4,49		Σ 7,66		Σ 7,24		Σ 7,54	
Rangfolge		4		1		3		2	

Tabelle 5: Ergebnis der Nutzwertanalyse

Bei dieser Nutzwertanalyse wurden der Materialfluss (40%, Gesamtweg 35% + Überschneidungen 5%) und die Transparenz des Produktionsprozesses (20%) als zentrale Zielsetzungen am stärksten gewichtet. Durch die Bewertung ergab sich, dass Variante 1, durch das nicht Erreichen der Zielsetzung, sehr schlecht bewertet wurde und die Varianten 2 bis 4 sich nur geringfügig, mit leichten Vorteilen für Variante 2, unterscheiden.

Durch Gespräche mit der Leitung der Qualitätssicherung stellte sich heraus, dass im Bereich der Beizanlage keine Staubbelastung zulässig ist bzw. dies zum Verlust der Zertifizierung für Produkte des Bereiches Luftfahrt geführt hätte. Außerdem wäre die Schleiferei damit direkt neben dem Bürobereich gelegen und hätte zu Lärmbelästigung für diese Arbeitsplätze geführt. Zusätzlich war es nicht vorteilhaft, dass bei Kundenbesuchen, z.B. Audits, als erstes dieser Bereich mit hoher Staubbelastung vorgezeigt worden wäre. Aus diesen Gründen konnte eine Umsetzung der Schleiferei in den Räumlichkeiten der Qualitätssicherung, und somit die Varianten 3 und 4, trotz besserer Bewertung in Hinblick auf den Materialfluss nicht weiterverfolgt werden.

Die Staubbelastung der Schleifarbeiten in direkter Umgebung der Beizanlage wäre nicht akzeptiert worden, bzw. hätte eine aufwändige Einhausung der Schleifarbeitsplätze nötig gemacht. Die Gestaltung der Schleifarbeitsplätze unter diesen Bedingungen wäre auf Grund der Arbeitsstättenverordnung, vor allem im Bereich Beleuchtung bzw. Belüftung, nicht bzw. nur sehr schwer umsetzbar gewesen.¹⁰³

Aus den genannten Gründen wurde bei einer Besprechung mit der Geschäftsführung und den leitenden Angestellten die Entscheidung zu Gunsten von Variante 2 getroffen.

¹⁰³ AStV §25 und §26

3.3.2.5 Optimierung von Variante 2

Nach dieser Festlegung wurde Variante 2 noch einmal auf Optimierungspotential hin untersucht. Dabei wurden in Gesprächen mit den leitenden Angestellten und Abteilungsleitern noch Verbesserungsmöglichkeiten festgestellt und Bedenken für Detailaspekte von Variante 2 geäußert.

Durch diese Gespräche wurde ermittelt, dass ein weiterer Durchbruch zwischen Beizanlage, mit dem Weg durch die Rissprüfkammer in die neue Schleiferei, zur erheblichen Materialflussoptimierung führt.

Auf Grund von Sicherheitsbedenken mussten Umstellungen vorgenommen werden. So war die Positionierung der spanenden Bearbeitung (Drehmaschine, Bohrmaschine, Säge), vor der neuen Schleiferei, nicht umzusetzen, da eine Gefährdung der bedienenden Arbeiter durch vorbeifahrende Stapler (siehe Abbildung 25) bestanden hätte.

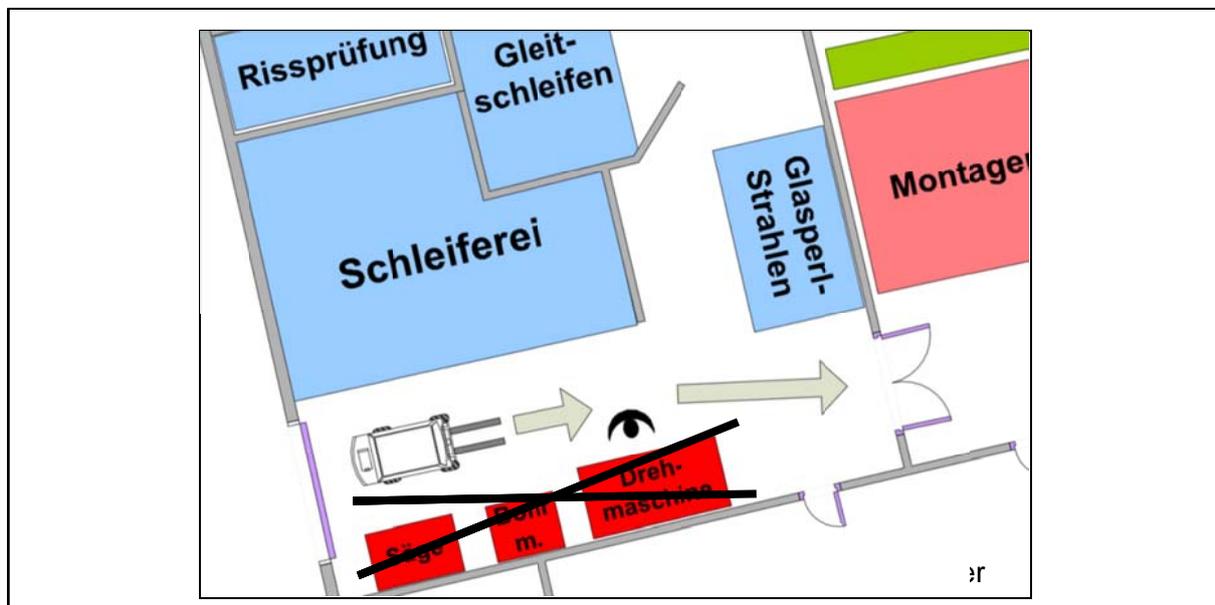


Abbildung 25: Detail Schleiferei Variante 2

Die Bearbeitungsmaschinen werden im neuen Layout somit nicht umgestellt. Dies wirkt sich leicht nachteilig auf den Montageplatz aus, der nun nicht mehr vergrößert werden konnte. Am ursprünglich geplanten Standort wurden als Ausgleich weitere Gesenklagerplätze geschaffen, die ohnehin mittels Stapler manipuliert werden.

Weiter musste das Sperrlager wieder vom Eingangsbereich verlegt werden, da es dort ansonsten bei Kundenbesuchen störend positioniert gewesen wäre. Die Kunden hätten so als erstes die Ausschussware zu sehen bekommen. Als Lösung wurde daher das Sperrlager direkt zur Qualitätssicherung verlegt, was auch vom Produktionsablauf her logischer ist, da die Freigabe der Bauteile durch die Qualitätssicherung erfolgt.

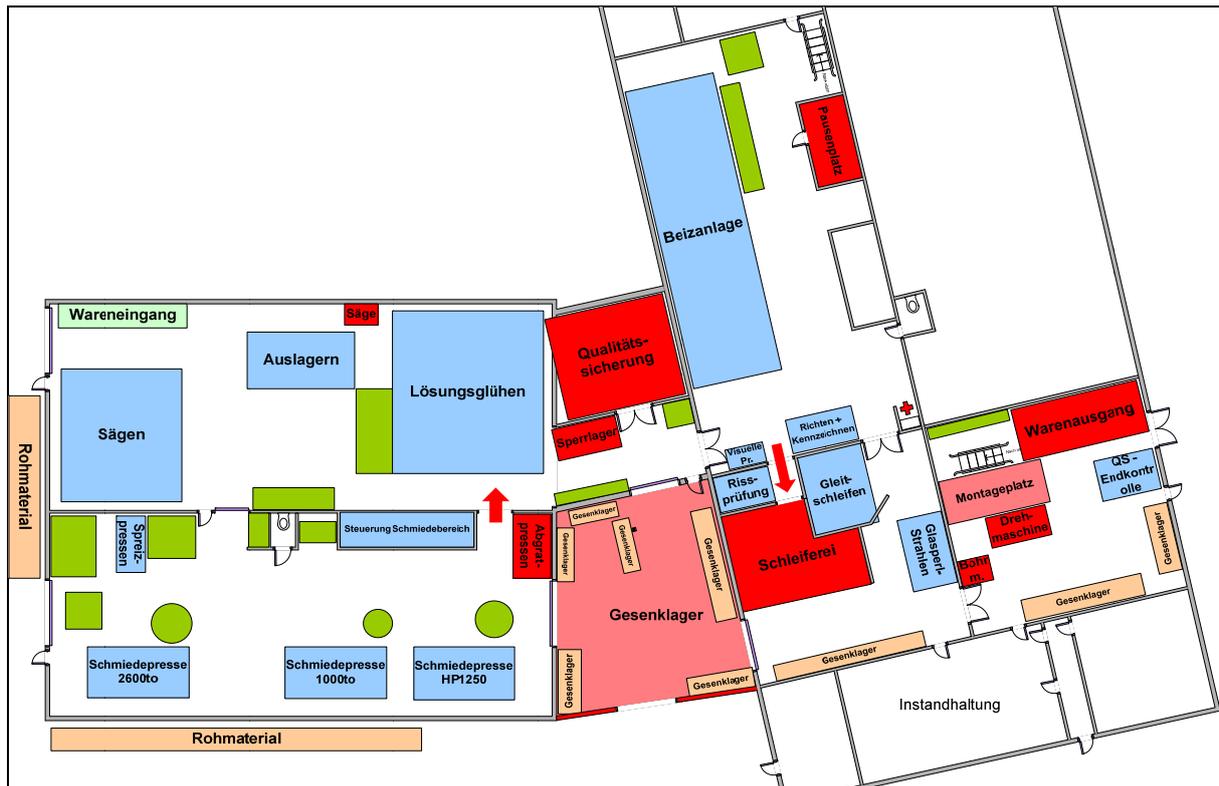


Abbildung 26: Layout Variante Neu (Optimierte Variante 2)

Durch Umsetzung dieser Maßnahmen (Abbildung 26) und Umstellungen konnte die Gesamttransportintensität auf 57,3% des IST-Wertes (siehe Tabelle 6) gesenkt werden. Dies stellt auch im Verhältnis zu Variante 4 noch eine Verbesserung um 3% dar, ohne dass dabei Zulassungen gefährdet werden. Auch an Hand der gewählten Beispielprodukte ist diese Verbesserung sichtbar. Es bleibt allerdings der im Vergleich zu den Varianten 3 und 4 wesentlich höhere Umbauaufwand. Die Berechnung der Gesamttransportintensität erfolgte dabei analog zu den vier Grundvarianten auf Basis einer, um die Optimierungen aktualisierten, Distanzmatrix.

	Layout-IST	Layout NEU	Verringerung
Σ Transportintensität*	98.018.176	55.935.728	43%
	Produktionsweg		
Beispielprodukte	V-IST	V2 NEU	Verringerung
McLaren Upright	411,5 m	213,5 m	48%
Recaro Sitzfuss	367,5 m	199,5 m	46%
TRW Querlenkergehäuse	473 m	279 m	41%

Tabelle 6: Vergleich Transportintensität IST zu NEU

3.3.2.6 Detailplanung:

In diesem Abschnitt wurden die einzelnen Bereiche und Abteilungen detaillierter ausgeführt. Dies erfolgte unter enger Zusammenarbeit mit der Geschäftsführung bzw. mit dem jeweils zuständigen Bereichs- oder Gruppenleiter. Ziel war es die neu positionierten Bereiche zweckmäßig zu gestalten und dabei die bestehenden Einrichtungen (Anlagen, Arbeitsplätze, Regale) mit einzubinden. In dieser Phase wurden viele Lösungsvorschläge gesammelt und versucht sinnvolle Anmerkungen direkt in die Planung mit einfließen zu lassen.

Qualitätssicherung:

Notwendig war eine Unterbringung der Geräte für die Härteprüfung und der 3D-Vermessung. Auf das Verlegen der Magnetpulverprüfung (MT-Prüfung) wurde nach Rücksprache verzichtet, da diese nicht als Schmutzquelle (Eisenspäne, Chemikalien) in den ansonsten sauberen Qualitätssicherungsbereich wirken sollte. Falls in Zukunft eine größere Menge an Bauteilen MT geprüft werden soll, kann ein Bereich vor der Qualitätssicherung (Sperrlager) dazu umgestaltet werden. (siehe Abbildung 27)

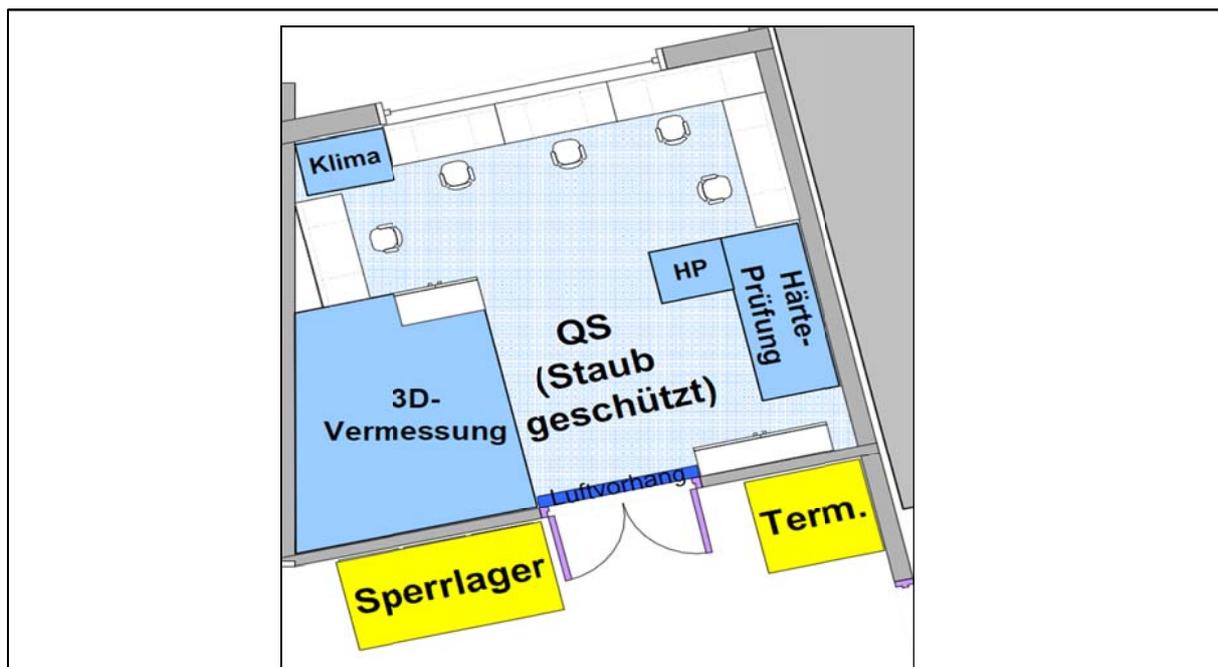


Abbildung 27: Qualitätssicherung Neu

Um größere Sauberkeit (Staubfreiheit) zu gewährleisten wurde neben einer Klimatisierung auch ein Luftvorhang im Eingangsbereich der Qualitätssicherung eingeplant. Außerdem sollte die Zahl der Büroarbeitsplätze auf bis zu fünf erhöht werden, was ebenfalls so umgesetzt wurde.

Schleiferei:

Die neue Schleiferei soll beide derzeit als Schleifbereich genutzten Bereiche zusammenführen und diese mit einer effizienten Staubabsauganlage aufwerten. Vorgabe waren acht Schleifarbeitsplätze (derzeit bestehen fünf). Auf Grund der Arbeitssicherheit musste der Durchgangsbereich vor der Glasperlstrahlanlage verbreitert werden, was zu einer Verkleinerung der Fläche der neuen Schleiferei führte. Als Kompromiss wurden schließlich sieben Schleifarbeitsplätze (siehe Abbildung 28) und die Integration der manuellen Strahlanlage geplant. Außerdem musste genügend Raum für die neue Absauganlage mit eingeplant werden.

Nach der Arbeitsstättenverordnung¹⁰⁴ war es außerdem nötig zusätzliche Fenster vorzusehen, da ansonsten die Lichtverhältnisse für einen ständigen Arbeitsplatz unzureichend gewesen wären. Der zusätzlich zu errichtende Durchgang zur Rissprüfung vermindert ebenso die direkt nutzbare Fläche und muss wie die Qualitätssicherung mit einem Luftvorhang gegen zu große Staubbelastung abgesichert werden.

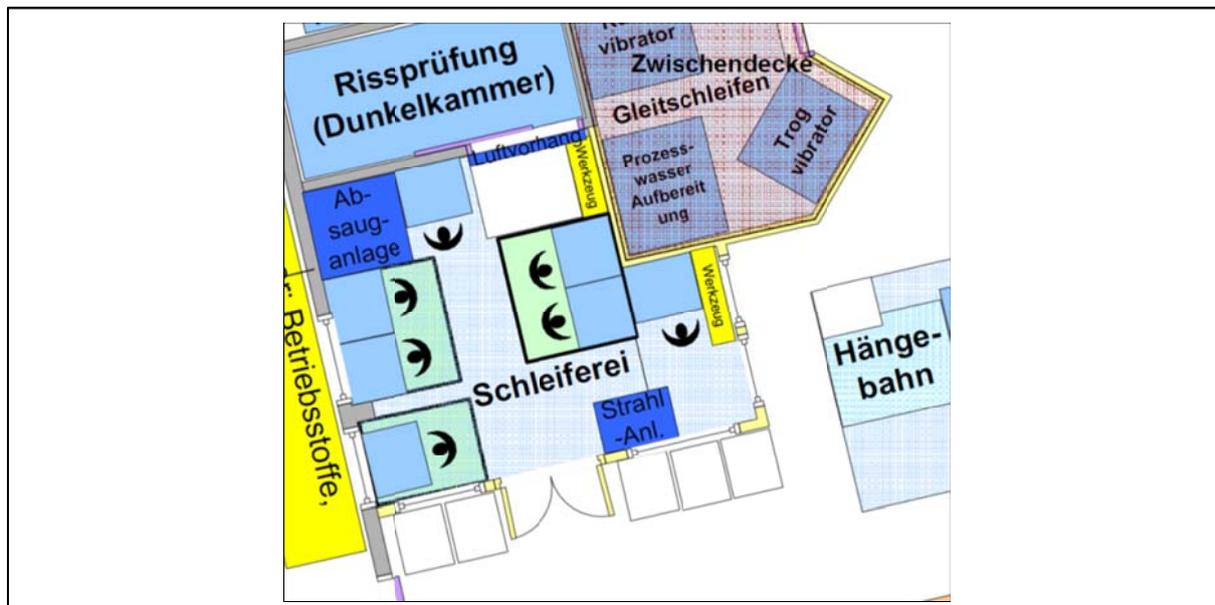


Abbildung 28: Schleiferei Neu

Um die Arbeitsbedingungen insgesamt angenehmer zu gestalten und die ArbeitnehmerInnenschutzgesetz¹⁰⁵ in Hinsicht des Schallschutzes zu erfüllen, ist auch eine komplette Einhausung der Gleitschleifanlagen vorgesehen.

¹⁰⁴ AStV §25 und §29

¹⁰⁵ ASchG §65

Warenausgang / Montagebereich:

Nach Rücksprache mit der Qualitätssicherung wurden am Warenausgang (siehe Abbildung 29) zwei Arbeitsplätze für die Endprüfung und Freigabe der Bauteile eingeplant. Die als Ablage genutzte Galerie wurde als Lager für diverses Verpackungsmaterial und selten benötigte Teile für die Montage konzipiert. Direkt am Warenausgangsbereich besteht somit nur mehr ein kleines Lager für Verpackungsmaterial und Lagerflächen für versandfertige Produkte.

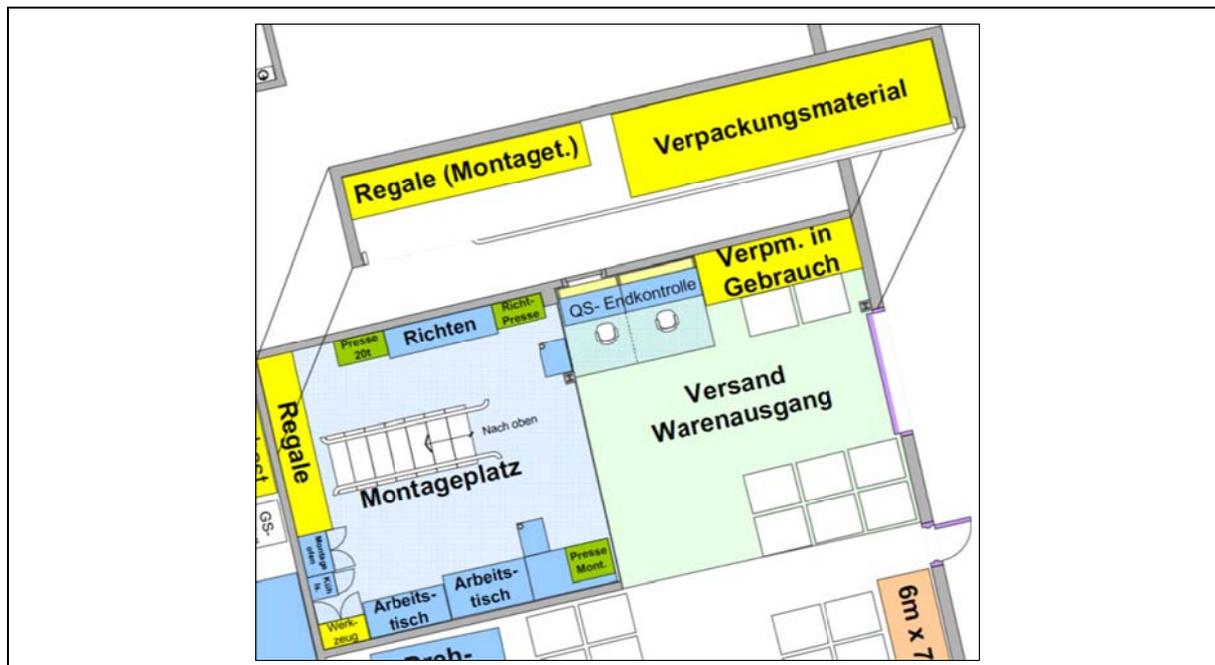


Abbildung 29: Montageplatz und Warenausgang Neu

Der Montagebereich wurde so umgestaltet, dass nur mehr häufig benötigte Komponenten direkt dort gelagert werden. Dies ermöglichte eine Integration der sog. Montagegruppe „Porsche“ bestehend aus einem Ofen, einem Kühlgerät und einer 20t Presse. Ein sich ebenfalls im Montagebereich befindender Richtplatz wurde hinter dem Ausgang zur Galerie positioniert, was im restlichen Montagebereich (hauptsächlich genutzt) zu einem effizienteren Ablauf führt.

Gesenklager:

Im neuen Gesenklager (siehe Abbildung 30) war es notwendig die Abstände der Regale so zu planen, dass diese weiterhin mittels Gabelstapler bedienbar bleiben. Auch auf genügend Platz für Fahrwege (neues Außentor, Schmiedebereich, Nachbearbeitung) war Rücksicht zu nehmen. Ebenfalls in diesem Bereich untergebracht wurde ein Lager für Betriebsstoffe, welches bestehende Lagerplätze für Betriebsstoffe wie Öle und Schmiermittel zusammenführt.

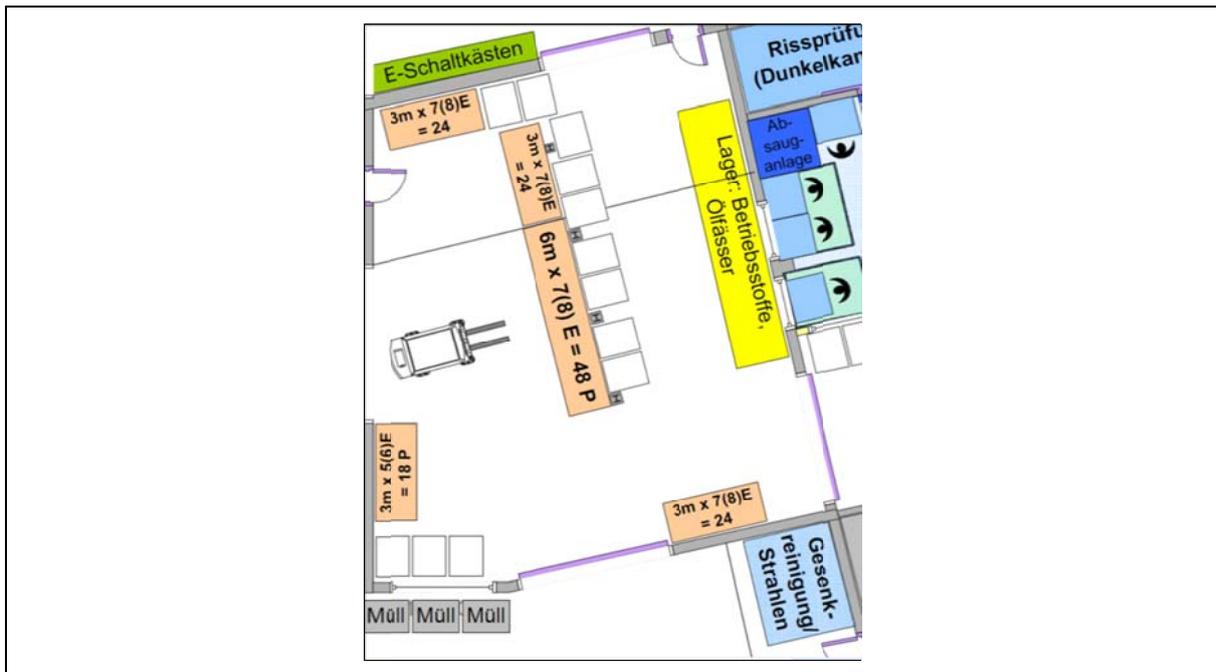


Abbildung 30: Gesenklager Neu

Beizhalle:

In den abgetrennten Räumen der Qualitätssicherung (siehe Abbildung 31) wurde der neue Pausenraum für Mitarbeiter geplant, dieser liegt somit direkt am Ausgang zu den Umkleiden und sanitären Anlagen für die Mitarbeiter. Zu Informationszwecken wurde eine neue Informationswand geplant. Außerdem soll der Schaukasten für Kundenbesuche neu gestaltet werden.

Im gesamten Bereich war darauf zu achten, für zukünftige Erweiterungen der Beizanlage keine für den Materialfluss kritischen Prozesse einzuplanen.

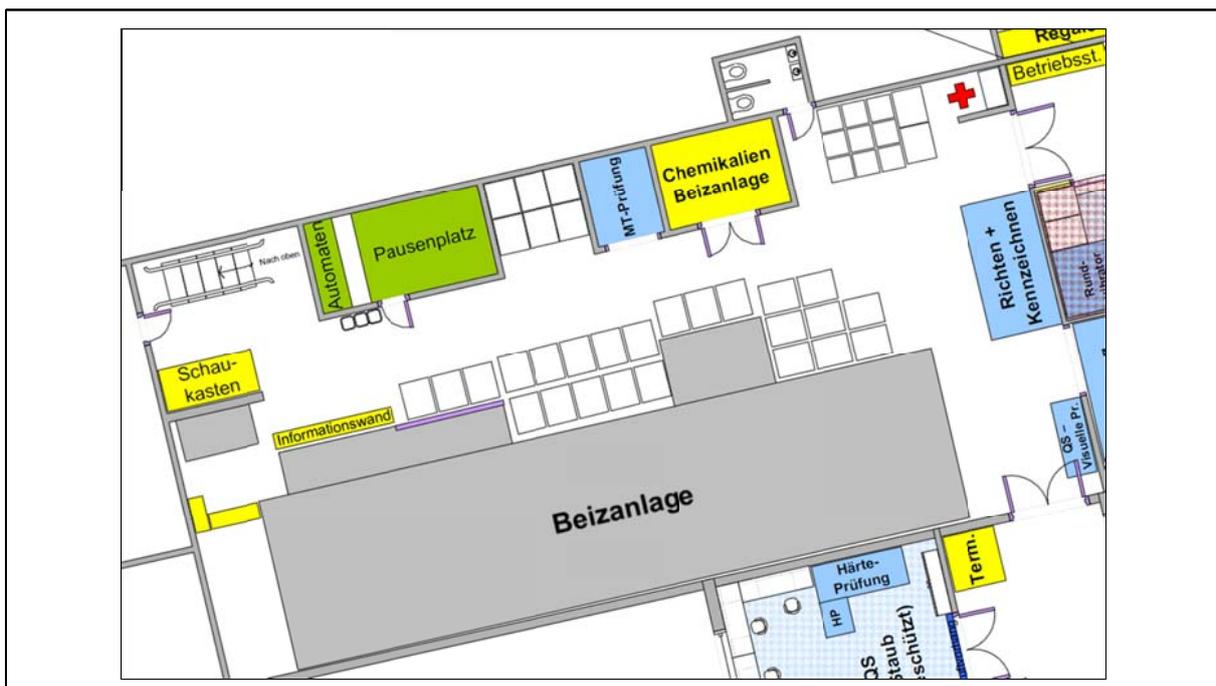


Abbildung 31: Beizhalle / Mitarbeiterbereich Neu

Verkaufslager.

Während der Planung ergab sich das Thema der geeignet Lagerung eine eventuellen Vorausproduktion. Da das neue Lagerkonzept eine strikte Zuordnung zu den einzelnen Produktionsbereichen darstellt, gab es hier keine weiteren Kapazitäten. Deshalb wurde der Heizraum, welcher zwischenzeitlich als zusätzlicher Montagebereich im Gespräch war, für diesen Zweck um geplant (siehe Abbildung 32). Die direkte Anbindung an den Warenausgang und der separate Zugang (von außen über neu asphaltierte Zufahrt) dienen ideal dem Zweck als Verkaufslager.

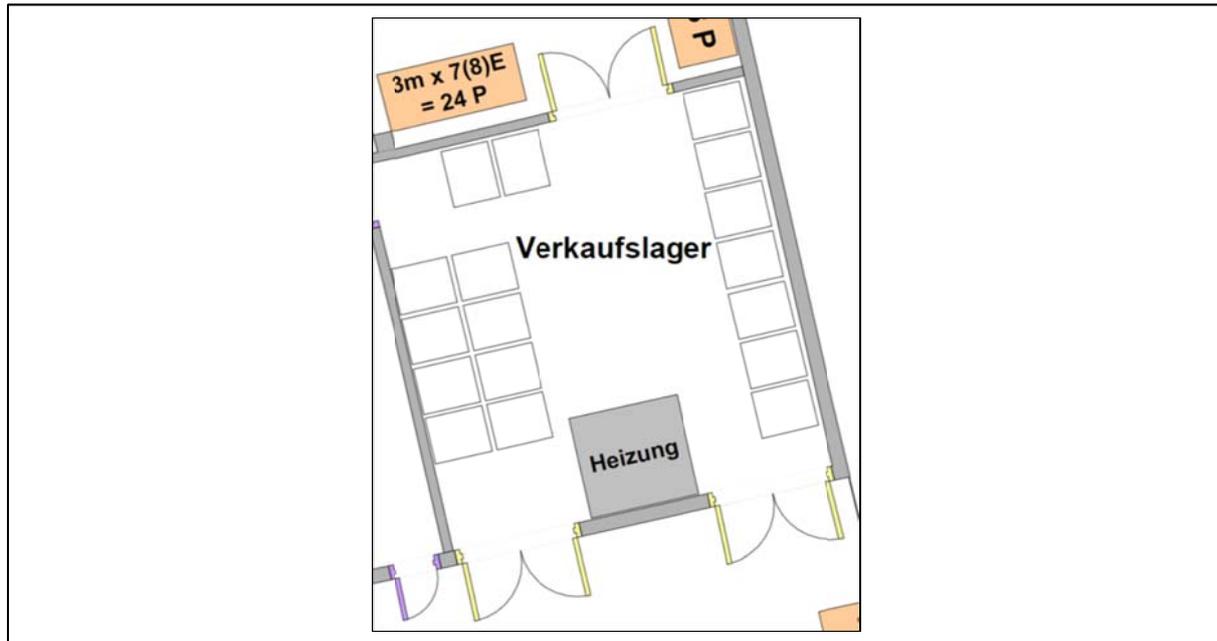


Abbildung 32: Verkaufslager

Zusammengenommen ergeben diese Detaillierungsschritte das fertige Gesamtlayoutkonzept (Anhang 3: Detaillayoutkonzept) mit der neuen Materialflussdarstellung (Anhang 2: Materialflussschaubild Neu). Ebenfalls in diesem Layout ersichtlich die zukünftige Verteilung der Lagerplätze (dargestellt als weiße Rechtecke).

3.4 Ausführungsplanung

Nachdem die Detailplanung der einzelnen Bereiche abgeschlossen war, folgte die Phase der Umsetzungs- oder Ausführungsplanung. Hierbei werden sämtliche Schritte definiert, die zur Ausführung des Projektes notwendig sind.

3.4.1 Organisation

Dieser Punkt beinhaltet allgemeine Organisationsaufgaben und Definitionen, die vor Start des Projektes getroffen werden müssen, bzw. das gesamte Projekt über begleiten. (siehe Kapitel 2.3.4)

Projektleitung

Die Projektleitung, mit dem im Kapitel 2.3.4 benannten Aufgabengebiet übernimmt direkt die Geschäftsführung der Schmiedetechnik. Aufgaben die nicht direkt ausgeführt werden können, werden dabei delegiert und kontrolliert. Bestellungen werden z.B. vom Einkauf durchgeführt, die Freigabe erfolgt aber durch die Geschäftsführung. Ebenfalls vorgesehen ist die starke Einbindung der Instandhaltung zur Kontrolle von Arbeiten, die durch externe Unternehmen durchgeführt werden.

Genehmigungsanträge

Diese betreffen konzernintern Investitionszusagen des Vorstandes, um die Umsetzung des Projektes gewährleisten zu können.

Außerdem muss eine Baugenehmigung für den Hallenzubau eingeholt und die Betriebsstätten Genehmigung aktualisiert werden.

Ausschreibungen und Bedarfslisten

Die Ausschreibungen und Bedarfslisten sind direkt in der Maßnahmenliste angeführt und in den zugehörigen Umsetzungsmodulen beschrieben.

Auftragsvergabe

Die Auftragsvergabe erfolgt nach dem Einholen und Prüfen der Angebote zum Umsetzungszeitpunkt des jeweiligen Modules. Aufträge mit längerer Vorlaufzeit sind demnach auch rechtzeitig zu bearbeiten um den Projektablaufplan einhalten zu können.

3.4.2 Projektablaufplan

Um einen Projektablaufplan erstellen zu können wurden zuerst alle Maßnahmen zur Umsetzung des neuen Layouts aufgelistet. (Anhang 4: Aktivitätenliste)

Dieser groben Auflistung folgte eine genaue Zuordnung der einzelnen Aktivitäten zu Modulen. Die Module selbst sind in sich abgeschlossene Tätigkeiten, die alle Maßnahmen zur Umsetzung eines Layoutbereiches beinhalten. Es erfolgt dabei eine Einteilung in abhängige und unabhängige Module. Das bedeutet ein Modul ist unabhängig, wenn kein anderes Modul vorher umgesetzt werden muss. Eine Auflistung der Module mit ihren Abhängigkeiten ist in Tabelle 7 dargestellt.

Modulname:	Abhängigkeit:
Modul Warenausgang	unabhängig
Modul Durchbruch Schmiede	unabhängig
Modul Innenhof	unabhängig
Modul Neue Nachbearbeitung	abhängig
Modul Qualitätssicherung	abhängig
Modul Aufenthaltsbereich	abhängig
Modul Verkaufslager	abhängig
Modul Allgemeine Maßnahmen	abhängig

Tabelle 7: Modulbezeichnungen

Innerhalb dieser Module wurden die Aktivitäten weiter unterteilt mit den Zusätzen

- Vorarbeiten
- Angebote
- Einkauf
- Ausführung

um eine klarere Zuordnung der einzelnen Schritte zu einem Aufgabenbereich zu erreichen.

Vorarbeiten: Als Vorarbeiten werden kleinere Vorbereitungshandlungen bezeichnet, die zur Durchführung der Hauptarbeiten des zugehörigen Moduls notwendig sind.

Angebote: Dieser Punkt bezeichnet jene Tätigkeiten bei denen das Einholen von Angeboten für Bauarbeiten, Anlagen und zusätzliche Ausrüstungen notwendig ist.

Einkauf: Definierte Einrichtungen und Geräte die vom Einkauf, nach einer Auswertung der jeweiligen Angebote, zu bestellen sind.

Ausführung: Mit Ausführung gekennzeichnete Tätigkeiten stellen die Hauptarbeitsschritte jedes Moduls dar.

Eine wichtige Vorgabe bei der Erstellung dieses Projektablaufplanes war es sämtliche Arbeiten so zu planen, dass keine Unterbrechung der Produktion notwendig ist. Die gewählte Umsetzung in Modulen gewährleistet dies mit wenigen Einschränkungen. So steht während der Umstellungen nicht der gesamte Lagerplatz zu Verfügung. Ebenfalls nur eingeschränkt nutzbar ist der kleinere Schleifbereich neben der Hängebahnstrahlanlage.

Es wurde versucht, so weit als möglich, die Aktivitäten in eine zeitlich aufeinander abgestimmte Abfolge zu bringen. Eine genaue Terminabfolge zu geben ist z.B. auf Grund des Verkaufslagers nicht exakt möglich, da dieses vom Termin her variabel umgesetzt werden kann, sobald das Modul Warenausgang fertig umgesetzt ist. Auch die Allgemeinen Maßnahmen könnten zum Teil bereits in früheren Projektphasen umgesetzt werden, da sie sich aber keinem anderen Modul spezifisch zuordnen lassen, wurden diese am Ende gesammelt aufgelistet.

Die einzelnen Maßnahmen wurden schließlich noch, abgestimmt mit der Geschäftsführung, den zuständigen Verantwortungsbereichen zugeordnet. Ebenfalls mit der Geschäftsführung wurde die Terminfestsetzung für die einzelnen Module und Maßnahmen getroffen.

Das Ergebnis dieser Projektablaufplanung ist in einer Tabelle (siehe Anhang 5: Projektablaufplan) dargestellt.

3.4.3 Kostenschätzung

Nach Fertigstellung des Projektablaufplanes wurde noch eine grobe Abschätzung der Kosten des gesamten Projektes, bzw. der einzelnen Module durchgeführt.

Die Abschätzung der Bautätigkeiten und sonstigen Aufwendungen wurde in Zusammenarbeit mit der Instandhaltung durchgeführt. Dabei gestaltete sich die Abschätzung als sehr schwierig, da keine Vergleichsobjekte und Erfahrungen zu Verfügung standen. Vor allem in Bezug auf die baulichen Tätigkeiten ist diese Abschätzung deshalb nur als sehr grobe Näherung zu verstehen. Eine genaue Prognose dieser Kosten ist nach der Einholung der Angebote möglich.

Wie erwartet sind die Investitionskosten für die Errichtung der Überdachung des Innenhofes (neues Gesenklager) am höchsten. Ebenso im Rahmen der Erwartungen liegen die hohen Kosten für die weitere Bautätigkeit zur Umsetzung des neuen Nachbearbeitungsbereiches. Anzumerken ist, dass die Abschätzung hier auch am wenigsten genau ist.

Die Kosten für die einzelnen Umsetzungsmodule wurden im oberen Schätzbereich angesetzt um trotz der groben Schätzung der Kosten relativ sicher planen zu können. Ebenfalls zu diesem Zweck gibt es für jedes Modul einen Punkt „Diverses“ welcher kleiner Anschaffungen und Arbeiten, wie Verkabelung und Arbeiten, die unternehmensintern erledigt werden können.

Nach der ersten Abschätzung wurden die Kosten mit der Geschäftsführung nochmals überarbeitet und in Details leicht verändert. Eine detaillierte Auflistung der geschätzten Kosten ist in Anhang 6: Kostenabschätzung zu finden.

Insgesamt ergeben sich somit Kosten für das Projekt in der Höhe von €200.000, die sich auf die einzelnen Module wie in Tabelle 8: Kostenschätzung der Module verteilen:

Modul Warenausgang	€ 13.800
Modul Durchbruch Schmiede	€ 7.000
Modul Innenhof	€ 82.000
Modul Neue Nachbearbeitung	€ 55.900
Modul Qualitätssicherung	€ 18.600
Modul Aufenthaltsbereich	€ 2.600
Modul Verkaufslager	€ 9.000
Modul Allgemeine Maßnahmen	€ 12.000
Gesamtsumme	€200.900

Tabelle 8: Kostenschätzung der Module

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit kurz zusammengefasst und ein Ausblick für die mögliche weitere Vorgehensweise gegeben.

4.1 Zusammenfassung

Die größte Herausforderung der Ausgangssituation stellt ein Mangel an Übersicht in der Produktion dar. Diese Unübersichtlichkeit entstand durch lange Transportwege und aus der Tatsache, dass Warenausgang und Wareneingang nicht getrennt angelegt waren. Produkte wurden im Kreis geschickt und Transportwege überkreuzten sich, was insgesamt zu einem ineffizienten Materialfluss geführt hat. Diese Probleme sollten durch eine Umgestaltung des Betriebslayouts beseitigt bzw. minimiert werden.

Durch das Studium der vorhandenen Literatur zum Thema Fabrikplanung, Layoutplanung und Produktionsplanung ergab sich schnell eine klare Vorgehensweise welche das gesamte Projekt durchzieht. Die Einteilung in sechs Planungsphasen hat sich dabei als sehr zweckmäßig herausgestellt. Aus diesen Planungsphasen ergaben sich die einzelnen Aufgaben, bzw. konnten die gegebenen und auftretenden Problemstellungen einfach einer dieser Phasen zugeordnet werden. Die Phasen Grobplanung, Feinplanung und Ausführungsplanung greifen dabei ineinander und werden iterativ mehrfach durchlaufen. Außerdem ergaben sich aus der Literatur nützliche Methoden und Vorgehensweisen, die für die Lösung der Aufgabe anwendbar waren.

In der praktischen Anwendung, vor allem in der Phase der Vorbereitung, ergaben sich verschiedene Probleme. So gestaltete sich die Ermittlung der notwendigen Datengrundlage sehr schwierig. Dadurch konnten in der Literatur vorgeschlagene Methoden, die bestimmte Grunddaten benötigten, teilweise nicht angewendet werden. Andere Methoden wurden auf Grund des notwendigen Umfangs der dafür nötigen Untersuchungen, verworfen oder stark abgeändert angewandt. Die meisten Methoden zur Layoutgestaltung (Schmigalla-Verfahren, Schwerdfeger-Kreisverfahren) scheinen vor allem für den Grundfall A, die Neugestaltung eines Industriebetriebes, bzw. mit Einschränkungen für den Grundfall C, die Erweiterung bestehender Betriebe, entwickelt worden zu sein. In der praktischen Umsetzung auftretende Restriktionen, wie feststehende Anlagen, werden gar nicht oder nur kaum berücksichtigt, was meist eine sinnvolle Anwendung der Methode ausschloss.

In der praktischen Ermittlung des Layouts hat es sich am zweckmäßigsten erwiesen mit Materialfluss- und Transportintensitätsmatrizen zu arbeiten und zu versuchen über die mathematische Definition der Transportintensität eine minimale Gesamttransportintensität zu erreichen.

Trotz dem teilweise in der Literatur umstrittenen Status der Idealplanung war diese für die Lösung der Aufgabe äußerst hilfreich. Das dadurch sehr früh vorliegende ideale Layout bot einen guten Ausgangspunkt und Vergleichswert um die verschiedenen Lösungsansätze zu bewerten.

In der weiteren praktischen Betrachtung wurde das Produktionsprogramm kategorisiert und auf die wichtigsten Kernprodukte für die weitere Optimierung eingeschränkt. Aus den ermittelten Daten zu diesen Produkten wurde ein allgemeiner Produktionsablauf entwickelt.

Um für diesen Produktionsablauf einen optimierten Materialfluss zu erreichen wurden vier unterschiedliche Layoutkonzepte entwickelt. Die Varianten repräsentieren verschiedene Grundsätze, zielen aber alle auf eine Linearisierung der Produktion hin. Dabei mussten die einzelnen Varianten die realen Bedingungen und Einschränkungen berücksichtigen. Durch die Bewertung dieser Varianten ergab sich eine Präferenz für die am aufwendigsten umzusetzende Variante, die aber hinsichtlich Materialfluss und Transparenz gute Werte erreichte. Auch die leitenden Angestellten stimmten für eine Umsetzung dieser Variante. Nach der Festlegung des neuen Groblayouts wurde dieses nochmals optimiert und detaillierter geplant.

Im Ergebnis konnte dadurch die Transportintensität um durchschnittlich 43% gesenkt werden, d.h. 43% der Wege, die der innerbetriebliche Transport verursacht, konnten eingespart werden. Vor allem auch die dadurch erreichte neue klare Struktur der Transportvorgänge soll ebenso zu Verbesserungen im Produktionsablauf und Verringerung von Fehlern führen.

Zum besseren Überblick folgt eine stark vereinfachte Darstellung des Materialflusses durch den Produktionsbereich. Im Vergleich der Abbildung 33: Materialfluss IST sowie der Abbildung 34: Materialfluss NEU klar ersichtlich ist die drastische Verringerung der unternehmensinternen Transportwege im neuen Layout. Ebenfalls ersichtlich sind die klareren Transportvorgänge (Kreislaufsystem) zwischen den Bereichen der Nachbearbeitung und insgesamt die größere Übersichtlichkeit im Layout.

Übersicht Materialfluss IST – grobe Darstellung

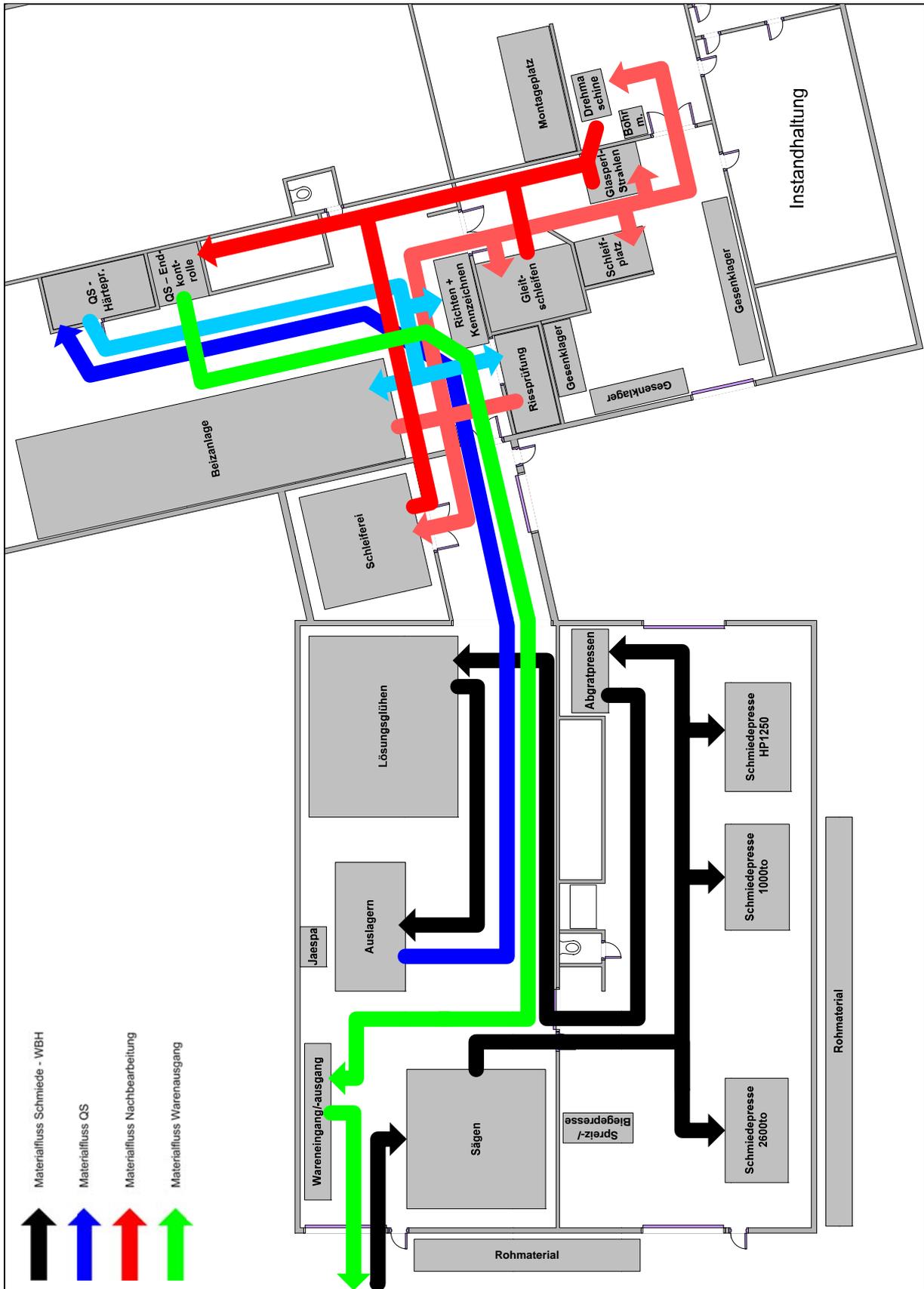


Abbildung 33: Materialfluss IST

4.2 Ausblick

Die weitere Vorgehensweise zur Umsetzung und Integration des neuen Layouts ist durch den ausgearbeiteten Ablauf vorgegeben. Die ersten Maßnahmen, wie z.B. die Erstellung des neuen Warenausgangs, wurden bereits umgesetzt. Derzeit sind die Mitarbeiter schon dabei die neuen Abläufe in ihre Arbeitsweise zu übernehmen.

Da die, durch reine Optimierung von Prozessen, erreichbare Effizienzsteigerung Grenzen hat, ist in Zukunft zu überprüfen ob die Produktionskapazitäten sinnvoll erweitert werden können. Im optimierten Layout wurde eine eventuelle Erweiterung bereits berücksichtigt, um später die baulichen Voraussetzungen dafür zu schaffen. Derzeit sind die Schmiedepressen und die Beizanlage nahezu vollständig in einem Drei-Schicht-Betrieb ausgelastet. Um eine Erweiterung der Produktion zu erreichen wird ein Ausbau der Kapazitäten in diesen beiden Bereichen notwendig sein.

Das entstandene Layout bietet dafür folgende Möglichkeiten:

- 1.) Für die Erweiterung der Schmiedekapazität, durch Ankauf einer neuen Schmiedepresse, wäre ein Anbau an die bestehende Schmiedehalle, in Richtung des Rohmateriallagers möglich. Für die derzeit in diesem Bereich gelagerten Metallschrott-Container und Altmaschinen, wäre ein neuer Lagerplatz entlang der Auffahrt zweckmäßig.
- 2.) Für die eine kleinere Erweiterung im Bereich der Beizanlage, besteht die Möglichkeit die für den Materialfluss unkritischen, in der Beizhalle verbliebenen Bereiche zu verlegen. Eine größere Ausweitung der Kapazitäten wäre durch einen weiteren Zubau, direkt an die Beizhalle anschließend, möglich.
- 3.) Generell besteht die Möglichkeit, die bisher an externe Unternehmen vermieteten Flächen wieder als Produktionsflächen für das Unternehmen zu nutzen und so eine Erweiterung der Kapazitäten zu ermöglichen.

Dabei wäre auch zu untersuchen wie sich eine Ausweitung der Produktion auf die derzeit nicht vollständig ausgelasteten Bereiche auswirkt. Hier könnte die Notwendigkeit entstehen eine zusätzliche Arbeitsschicht einzuplanen, eine weitere Gleitschleifanlage zuzukaufen, eine Aufrüstung der Messtechnik für die Qualitätssicherung durchzuführen und den Montagebereich zu überarbeiten.

4.3 Persönliches Fazit

Zusammenfassend kann schon durch einfache Maßnahmen, wie der Verlegung des Warenausgangs ein effizienterer Ablauf des Produktionsprozesses erreicht werden. Um den Materialfluss wirklich optimal und effektiv zu gestalten sind aber aufwendige Maßnahmen notwendig, die zum Teil hohe Investitionskosten bedingen. Insgesamt verbessert das neue Layout die Transparenz und Effektivität des Produktionsprozesses, bedeutet dabei aber keine Kapazitätsausweitung der Produktion.

Besonderen Eindruck bei mir hinterlassen hat die Bereitschaft der Mitarbeiter im Unternehmen, die erarbeiteten Maßnahmen mitzutragen und umzusetzen. Auch das Interesse während der Planungsphase und das Engagement Vorschläge für das neue Layout einzubringen war für mich überraschend. Positiv ist auch, dass noch während meiner Zeit im Unternehmen bereits mit der Umsetzung der Vorschläge begonnen wurde und weitere Schritte gesetzt wurden um das Projekt voranzutreiben.

Insgesamt hat mir die Diplomarbeit einen tiefen Einblick in das Aufgabenfeld und die Methoden der Fabrik- und Layoutplanung geboten. Darüber hinaus, und meiner Ansicht nach für meine berufliche Zukunft wichtiger, hat mir die Aufgabe auch praktische Erfahrungen im Projektmanagement und Projektplanung ermöglicht.

Literaturverzeichnis

ARBEITNEHMERINNENSCHUTZGESETZ ASchG 2011

ARBEITSSTÄTTENVERORDNUNG AStV 2011

ARNOLD D.; FURMANS K.: Materialfluss in Logistiksystemen, 6.Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2009

BRECHER C. (Hrsg): Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2011

DANGELMAIER W.: Produktion und Information: System und Modell, 1. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2003

GROSSESCHALLAU W.: Materialflussrechnung, Springer Verlag Berlin Heidelberg 1984

GRUNDIG C.-G.: Fabrikplanung. Planungssystematik – Methoden – Anwendungen, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag München 2009

HAHN D.; LASSMANN G.: Produktionswirtschaft – Controlling industrieller Produktion, 1. Auflage, Physica Verlag Heidelberg 1993

HELBING K. W.: Handbuch Fabrikprojektierung, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2010

HÖHNE T.: Fabrikplanung, RWTH Aachen: Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen 2006, <http://www.wzl.rwth-aachen.de>, Abfrage vom: 30.06.2011

HUBER E.; KUSTER J.; LIPPMANN R.; SCHMID A.; SCHNEIDER E.; WITSCHI U.; WÜST R.: Handbuch Projektmanagement, 2. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2008

KETTNER H.; SCHMIDT J.; GREIM H.-R.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, 1. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien 1984

KUMMER S.; GRÜN O.; JAMMERNEGG W.: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 2. Auflage, Pearson Studium 2009

LÖDDING H.: Verfahren der Fertigungssteuerung: Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration, 2., erweiterte Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2008

LUTZ U.; GALENZA K. (Hrsg): Industrielles Facility Management, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2004

MARTIN H.: Transport- und Lagerlogistik – Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 7., erweiterte und aktualisierte Auflage, Vieweg + Teubner Wiesbaden 2009

MÜLLER E.; ENGELMANN J.; LÖFFLER T.; STRAUCH J.: Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2009

NYHUIS P., WIENDAHL H.-P.: Logistische Kennlinien – Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen, 2., erweiterte und neubearbeitete Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2003

PANKL Racing Systems: High Performance, <http://www.pankl.com>, Abfrage vom: 10.06.2011

PAWELLEK G.: Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, 1. Auflage, Berlin 2008

PHOL H.-C.: Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2004

SCHENK M.; WIRTH S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, 1. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg Berlin 2004

SCHMIGALLA H.: Fabrikplanung: Begriffe und Zusammenhänge, 1. Auflage, München 1995

SCHÖNSLEBEN P.: Integrales Logistikmanagement, 2. Auflage, Berlin 2000

SPUR G.; STÖFERLE T.: Handbuch Fertigungstechnik – Band 6 Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag München Wien 1994

TU DORTMUND: Lehrstuhl für Fabrikorganisation, Fabrikplanung – Von der Standortplanung zum betriebsbereiten Arbeitsplatz, <http://www.lfo.tu-dortmund.de>, Abfrage vom: 05.07.2011

WERNER H.: Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 4., aktualisierte und überarbeitete Auflage, Gabler Verlag 2010

WIENDAHL H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure, 6., aktualisierte Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien 2008

WIENDAHL H.-P.; NOFEN D.; KLUSSMANN J. H.; BREITENBACH F.: Planung modularer Fabriken: Vorgehen und Beispiele aus der Praxis, Carl Hanser Verlag München Wien 2005

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktionsablauf Teil 1	1
Abbildung 2: Produktionsablauf Teil 2.....	1
Abbildung 3: Produktionsablauf Teil 3.....	2
Abbildung 4: Vorgehensweise.....	5
Abbildung 5: Umfeld der Layoutplanung	6
Abbildung 6: Verfahrenorientiertes Layout	7
Abbildung 7: Produktorientiertes Layout	8
Abbildung 8: Planungssystematik angepasst an Kettner und Grundig	11
Abbildung 9: Ziele der Layout Planung	12
Abbildung 10: ABC-Analyse (Beispiel).....	15
Abbildung 11: Flächenabhängige Kosten.....	17
Abbildung 12: Kreisverfahren nach Schwerdtfeger	19
Abbildung 13: Modifiziertes Dreiecksverfahren	20
Abbildung 14: Prinzipdarstellung einer Materialflussmatrix.....	23
Abbildung 15: Übersicht Kategorien.....	31
Abbildung 16: Produktionsablauf als Flussdiagramm	33
Abbildung 17: Funktionsschema - Produktionsablauf	38
Abbildung 18: Funktionsschema - ergänzt um Transportfälle in Tausend Stück	39
Abbildung 19: Ideale Anordnung der Produktion als Blocklayout.....	40
Abbildung 20: Tafel mit Schablonen.....	43
Abbildung 21: Layout Variante 1	44
Abbildung 22: Layout Variante 2	46
Abbildung 23: Layout Variante 3	47
Abbildung 24: Layout Variante 4	48
Abbildung 25: Detail Schleiferei Variante 2	51
Abbildung 26: Layout Variante Neu (Optimierte Variante 2)	52
Abbildung 27: Qualitätssicherung Neu	53
Abbildung 28: Schleiferei Neu	54
Abbildung 29: Montageplatz und Warenausgang Neu.....	55
Abbildung 30: Gesenklager Neu	56

Abbildung 31: Beizhalle / Mitarbeiterbereich Neu	56
Abbildung 32: Verkaufslager	57
Abbildung 33: Materialfluss IST	64
Abbildung 34: Materialfluss NEU.....	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Materialflussmatrix.....	34
Tabelle 2: Distanzmatrix (Angaben in Metern)	35
Tabelle 3: Transportintensitätsmatrix (MM x DM = TM)	36
Tabelle 4: Vergleich der Transportintensität.....	49
Tabelle 5: Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	50
Tabelle 6: Vergleich Transportintensität IST zu NEU.....	52
Tabelle 7: Modulbezeichnungen	59
Tabelle 8: Kostenschätzung der Module	61

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
AV	Arbeitsvorbereitung
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
d.h.	das heisst
EK	Einkauf
ERP	Enterprise Ressource Planning
etc.	et cetera
EUR	Euro
ext	extern
GF	Geschäftsführung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HP	Hydraulikpresse
Hrsg	Herausgeber
IH	Instandhaltung
int	intern
KG	Kommanditgesellschaft
KT	Kleinteile
KW	Kalenderwoche
MS Visio	Microsoft Visio (Visualisierungssoftware)
MT	Magnetpulverprüfung
PDSYS	Pankl Drivetrain Systems
PL	Produktionsleitung
QS	Qualitätssicherung
tbd	to be defined
WBH	Wärmebehandlung
z.B.	zum Beispiel

Anhang

Anhang 1: IST-Materialflussschaubild.....	75
Anhang 2: Materialflussschaubild NEU	76
Anhang 3: Detaillayoutkonzept.....	77
Anhang 4: Aktivitätenliste	78
Anhang 5: Projektablaufplan	80
Anhang 6: Kostenabschätzung	83

Anhang 3: Detaillayoutkonzept



Anhang 4: Aktivitätenliste

1. Umsetzung des Warenausgangs

- Ausräumen der Halle (Bearbeitungszentrum)
- Anschlüsse für neue Standorte verlegen (Strom, Netzwerk für QS)
- Verlegen der Montagegruppe (Vorwärmofen, Kühlschranks, Regal, Presse)
- Tausch des Doppeltors gegen Rolltor
- QS-Endkontrolle einrichten
- Lager für Versandbereich einrichten
- Markierung des Bereiches, Lagerstellen, Versandfertig, etc.
- Außenbereich Warenausgang: Be- und Entladebereich

2. Überdachung Innenhof

- Umlagern der im Bereich untergebrachten Lagerboxen (Verteilen auf zuständige Abteilung, bzw. Schmiede)
- Vorübergehende Umlagerung der Gesenke
- Abbau der bestehenden Überdachung bis zum Bereich vor der neuen Außenwand
- Vorbereitungsarbeiten – Fundament für Wand, Begradigung für Gesenklager
- Errichtung neuer Wand und Deckenkonstruktion mit neuem Rolltor, inkl. Fenster und Oberlichter, Belüftung von Rissprüfkammer und neuer Schleiferei berücksichtigen
- Verlegung der Gesenklagerregale 3m, 3m, 6m aus neuer Schmiede, 3m Innenhof Bestand, 3m Neu
- Verlegung /Errichtung des Betriebsstoff- und Öllagers (aus dem Warenausgang, bzw. vom Rohmaterial weg) – Gemeinsame Auffangwanne
- Kennzeichnung der Lagerflächen für das Produktionszwischenlager Schmiede

3. Neue Nachbehandlung – Schleiferei

- Abbau des provisorischen Schleifarbeitsplatzes bei der Strahlanlage
- Provisorische Abstützung für Leitungen und Anschlüsse der Gleitschleifanlagen herstellen
- Verlegung von Kabelschacht in Rissprüfkammer
- Ausbrechen der Fenster in „Außenwand“
- Aufbau neuer Wände für Schleiferei und Gleitschleifanlage und Einziehen einer Zwischendecke mit Lichtkuppeln
- Anbringen der Leitungen und Anschlüsse der Gleitschleifanlagen an neue Wände
- Durchbruch von Rissprüfkammer in neue Schleiferei (Provisorischen Staubschutz)
- Verlegung nötiger Anschlüsse in der Schleiferei – Druckluft und Strom, Beleuchtung
- Errichtung der Absauganlage – Abzug über neuen Innenhof nach oben
- Einrichtung der neuen Schleifarbeitsplätze und Anschluss an die Absauganlage
- Verlegung der manuellen Strahlanlage aus alter Schleiferei
- Markierung des Freibereichs vor dem Durchbruch zur Rissprüfung

- Markierung der Lagerflächen vor der neuen Schleiferei („Zum Schleifen“ , „Zum Strahlen“)
- Markierung der Lagerflächen bei den Gleitschleifanlagen („Zum Gleitschleifen“)

4. Neue Qualitätssicherung

- Ausräumen von noch vorhandenen Einrichtungen
- Sanieren von Boden, Decken, Wände
- Prüfung auf Notwendigkeit von neuen Fenstern für Staubdichtheit
- Einbau neuer automatischer Tür
- Verlegung der notwendigen Anschlüsse.
- Einbau neuer Klima- und Überdruckanlage
- Verlegung der 3D-Vermessung
- Verlegung der Härteprüfung und des Qualitätssicherungsbüros
- Aufbau der eventuell zugekauften Messmaschine
- Errichtung und Kennzeichnung des neuen Sperrlagers vor der QS
- Ausräumen der Räumlichkeiten der bisherigen QS
- Errichtung eines Regales für Kleinteile (Anbauteile für Gesenke) an Stelle des bisherigen Sperrlagers

5. Neuer Pausenraum für Mitarbeiter

- Pausenplatz vom Warenausgang in die ehemalige Qualitätssicherung verlegen
- Getränke- und Snack-Automaten verlegen
- Gestaltung eines neuen Schaukastens am Eingangsbereich vom Büro
- Errichten einer Informationswand für die Mitarbeiter (gegenüber Pausenraum)- auch als Sichtschutz zur Beizanlage
- Kennzeichnung der neuen Lagerflächen „Zum Beizen“, „Zum Kennzeichnen“, „Allgemeines Produktionszwischenlager“
- Errichtung neues Palettenregal (Gesenke) am bisherigen Pausenplatz im Warenausgang 3m

6. Parallelmaßnahmen:

- Gestaltung des Wareneingangs: Kennzeichnung der Lagerung und Eingangskontrolle
- Durchbruch in Schmiedehalle zu Wärmebehandlung:
- Verlegung der vorhandenen Anschlüsse (Steckdosen)
- Umstellung der Abgratpressen (Tür und Durchbruch bleiben frei)
- Kennzeichnung der Lagerflächen in Schmiedehalle und Wärmebehandlung (Einhaltung überwachen)
- Elektrische Gesenk Vorwärmung und Schmiedeofen einrichten
- Durchbruch vom Warenausgang zum Heizraum: Statik prüfen, Anschlüsse verlegen, Doppeltür errichten, Heizung durch Schutzgitter abtrennen bzw. einhausen
- Müllplätze Außenbereich besser kennzeichnen

Anhang 5: Projektablaufplan

TODO LISTE Thema	Details	Verantwortung: (int/ext)	Bis (in KW):	Status:	Anmerk:
Modul Warenausgang	Vorgehend: unabhängig Nachfolgend: Modul Verkaufslager		32		
Warenausgang - Vorarbeiten	- Ausräumen der Halle	IH	30	erl.	
Warenausgang - Angebot	- Angebot für Rolltor einholen	IH	25	erl.	
Warenausgang - Ausführung	- Tausch des Doppeltors gegen funktionelles Rolltor	Extern	32	erl.	
Warenausgang - Vorarbeiten	- Leitungen: Strom, Netzwerk verlegen - Steckdosen für PC, Drucker etc. für QS - Netzwerkkabel, Telefonkabel für QS - Starkstrom für Montageofen - Steckdose für Kühlschrank	IH	32	erl.	
Warenausgang - Vorarbeiten	- Licht: 3x Lichtbalken (Neonröhre doppelt) - Glocke: für Tür	IH	32	erl.	Licht erl.
Warenausgang - Ausführung	- Lager für Verpackungsmaterial auf Galerie errichten - Regale für Montageteile auf Galerie verlegen - Regale für Montage umstellen - Montagebereich neu anordnen - 20t Presse (Porsche-Montage) aufstellen (steht bei Beizanlage) - Vorwärmofen, Kühlschrank verlegen	QS/IH/PL	32	erl.	- Arbeitsplatte für Montagetisch - Eventuell weiteres Regal für Montageteile(Galerie)
Warenausgang - Einkauf	- QS-Endkontrolle einrichten (Einrichtung vorhanden?) Arbeitsplatz: 1 PC (Intern?, Anfrage IT) 1 Elektro-Ameise für Verladung (1 Hubwagen) 1 Drucker, 1 Handscanner 1 Arbeitstisch (Spezifikation Danner)	PL/QS/EK	32	i.A.	anfragen/bestellen
Warenausgang - Ausführung	- Versandflächen farblich kennzeichnen "Versand an Endkunde" "Versand zur Bearbeitung" - Eingangslager für Paketdienste kennzeichnen (Regalplatz) - Logo/Schild "Pankl Schmiedetechnik - Warenausgang"	EK/QS/IH	32	i.A.	
Warenausgang - Ausführung	- Verkehrsflächen Außenbereich kennzeichnen - Abstimmung mit SSC	Lager/GF	32		
Warenausgang - Organisation	- Organisatorisches: Prozesse überarbeiten - Mitarbeiterin Fr. Schmied für neue Arbeitsweise instruieren	GF	32	erl.	
Modul Durchbruch Schmiede	Vorgehend: unabhängig Nachfolgend: -		40		
Durchbruch Schmiede - Angebote	- Angebot für Durchbruch	IH/EK	30		
Durchbruch Schmiede - Vorarbeiten	- Verlegung der vorhandenen Anschlüsse (Steckdosen) - Verschieben der Abgratpressen (Tür und Durchbruch zugänglich halten)	Extern	36		
Durchbruch Schmiede - Ausführung	- Errichten des Durchbruches	Extern	36		
Durchbruch Schmiede - Ausführung	- Kennzeichnung der Verkehrsfläche nur für den Durchgang	PL	40		
Modul Innenhof	Vorgehend: unabhängig Nachfolgend: Modul Nachbearbeitung		49		Im Winter ev. nicht möglich, dann verschieben auf 2012
Überdachung Innenhof - Angebot	- Einholen von Angeboten für die Bautätigkeiten	IH/EK	40		
Überdachung Innenhof - Vorarbeiten	- Umlagern der im Bereich gelagerten Bauteile - Vorübergehende Umlagerung der Gesenke	Lager/PL	45		
Überdachung Innenhof - Vorarbeiten	- Start Bautätigkeiten - Abbau der bestehenden Überdachung	Extern	45		

TODO LISTE Thema	Details	Verantwortung: (int/ext)	Bis (in KW):	Status:	Anmerk:
Überdachung Innenhof - Ausführung	- Fundament für neue Außenwand errichten - Errichtung neuer Außenwand und Deckenkonstruktion inkl. Neuem Rolltor, Fenster, Oberlichter, Beleuchtung, Belüftungsmöglichkeit (Abluft Schleiferei und Rissprüfung)	Extern	48		Bautätigkeit WINTER - OK!
Überdachung Innenhof - Ausführung	- Verlegung des Gesenklagers (Palettenregal 6m, 3m, 3m aus dem bestehendem Lager, 3m Bestand Außenbereich, 3m Regal Neu) in neuen Bereich EK: 1 Palettenregal 3m x 6 - Verlegung/Errichtung des Betriebsstoff- und Öllagers - Kennzeichnung der vorgesehenen Zwischenlagerflächen	Lager/EK	49		
Modul Nachbearbeitung	Vorgehend: Modul Innenhof Nachfolgend: Modul Qualitätssicherung		51		
Neue Nachbearbeitung - Angebote	- Angebot für Umbau: Trennwände, Zwischendecke für Gleitschleifanlagen, Türen und Fenster, Durchbruch Rissprüfung	IH/EK	40		
Neue Nachbearbeitung - Angebote	- Angebot neue Schleifarbeitsplätze und Geräte (Schleifkabinen) - Angebot zus. Absauganlage für Schleiferei, Alte verwenden? - Angebot Luftvorhang Durchbruch Rissprüfung ohne HZ 1,5m - Abluft siehe Innenhof	IH/PL/EK	43		
Neue Nachbearbeitung - Vorarbeiten	- Abbau der Schleifarbeitsplätze bei der Strahlanlage - Provisorische Verlegung der Anschlüsse und Leitungen der Gleitschleifanlage - Verlegung des Kabelschachtes in der Rissprüfkammer	Instandhalt.	49		Gleitschleifanlage steht!!
Neue Nachbearbeitung - Ausführung	- Durchführung Umbau: Trennwände, Zwischendecke Gleitschleifanlage, Durchbruch + Schiebetüre Rissprüfung, Einhausung Gleitschleifanlage, Fenster(6x), Türen, Abluftmöglichkeit	Extern	50		
Neue Nachbearbeitung - Ausführung	- Installation von Beleuchtung, Druckluft- und Stromleitungen - Wiederherstellen der Leitungen der Gleitschleifanlagen	Instandhalt.	51		
Neue Nachbearbeitung - Ausführung	- Installation und Anschluss der neuen Absauganlage - Einrichten der neuen Schleifarbeitsplätze (Absaugung) - Luftvorhang am Durchgang zur Rissprüfung	Extern	51		
Neue Nachbearbeitung - Ausführung	- Verlegung und Anschluss der manuellen Strahlanlage - Verlegung und Anschluss des Schleifbockes	Instandhalt.	51		
Neue Nachbearbeitung - Ausführung	- Markierung des Freibereichs für Durchgang Rissprüfung - Markierung Lagerflächen vor der Schleiferei: "zum Schleifen", "zum Strahlen" - Markierung bei Gleitschleifanlage: "zum Gleitschleifen"	PL	tbd.		
Modul: Qualitätssicherung	Vorgehend: Modul Nachbearbeitung Nachfolgend: Modul Aufenthaltsbereich		7		
Neue Qualitätssicherung - Vorarbeiten	- Ausräumen noch vorhandener Einrichtung in Schleiferei - Überprüfung von Fenster	IH	1		
Neue Qualitätssicherung - Angebote	- Sanierung der ehemaligen Schleiferei: Decke, Wände, Boden - Staubdichtes Fenster - Automatische (Schiebe-)Tür	IH/Extern	1		
Neue Qualitätssicherung - Angebote	- Angebote Klimaanlage mit Staubfilter und Möglichkeit zur leichten Überdruckerzeugung (Staubbekämpfung) - Luftvorhang Tür ohne Heizung 2m	Extern	1		
Neue Qualitätssicherung - Angebote	- Ankauf Messmaschine prüfen	GF	tbd.		
Neue Qualitätssicherung - Ausführung	- Durchführung Sanierung - Einbau neuer Fenster und automatischer Tür	IH/Extern	4		

TODO LISTE Thema	Details	Verantwortung: (int/ext)	Bis (in KW):	Status:	Anmerk:
Neue Qualitätssicherung - Ausführung	- Verlegung notwendiger Anschlüsse	IH	4		
Neue Qualitätssicherung - Ausführung	- Installation der neuen Klimaanlage - Testlauf der Klimaanlage - Luftvorhang Tür	Extern	5		
Neue Qualitätssicherung - Ausführung	- Verlegung der 3D-vermessung - Verlegung der Härteprüfung - Verlegung des QS-Büros	QS	7		
Neue Qualitätssicherung - Ausführung	- Einbau neue Messmaschine (Optional)	QS/Extern	tbd.		
Neue Qualitätssicherung - Ausführung	- Errichtung und Kennzeichnung neues Sperrlager	IH	7		
Modul: Aufenthaltsbereich	Vorgehend: Modul Qualitätssicherung Nachfolgend: Weitere Maßnahmen		8		
Verlegung Mitarbeiterbereich - Vorbereitung	- Ausräumen der Räumlichkeiten der bisherigen QS - Pausenraum vom Warenausgang in ehemalige QS verlegen - Automaten (Kaffee, Snacks usw.) aufstellen/anschließen	PL	8		
Verlegung Mitarbeiterbereich - Ausführung	- Neugestaltung des Schaukastens (Büroeingang)	AV/EK/GF	8		
Verlegung Mitarbeiterbereich - Ausführung	- Errichtung und Gestaltung einer Informationswand (auch als Sichtschutz zur Beizanlage)	AV/PL/GF	8		
Verlegung Mitarbeiterbereich - Ausführung	- Kennzeichnung der Lagerflächen in der Beizhalle: "Zum Beizen", "Zum Kennzeichnen/Richten", "Allgemeines Zwischenlager"	PL/ QS	8		
Modul: Verkaufslager	Vorgehend: Modul Warenausgang Nachfolgend: -		43		Wird nur bei Platzproblemen umgesetzt und Termin ist variabel
Neues Verkaufslager - Vorarbeiten	- Prüfen der Statik für Durchbruch - Prüfung Einhausung Heizung	IH/Extern	40		
Neues Verkaufslager - Angebote	- Angebot für Durchbruch und Tor - Angebot Einhausung Heizung	IH/EK	40		
Neues Verkaufslager - Ausführung	- Errichtung des Durchbruches	Extern	43		
Neues Verkaufslager - Ausführung	- Einhausen der Heizanlage	IH	43		
Neues Verkaufslager - Ausführung	- Kennzeichnen der Lagerplätze und Verkehrsflächen (Zugangsmöglichkeit von außen vorsehen)	Lager	tbd.		
Modul: Allgemeine Maßnahmen	Vorgehend: Modul Aufenthaltsbereich Nachfolgend: -		16		
Müllinseln - Ausführung	- Kennzeichnung der Entsorgungsbereiche außen (Trennung nach Restmüll, ölhaltige Abfälle etc.) - Kennzeichnung der Müllinseln innen (Trennung beachten)	Lager	10		
Wareneingang - Ausführung	- Wareneingang kennzeichnen - QS - Eingangskontrolle	PL	16		
Warenausgang - Einkauf	- Errichten eines weiteren Palettenregals 3m an der Stelle des Pausenplatzes EK: 1 Palettenregal NEU 3m	IH/EK	16		
Werkzeuglager - Ausführung	- Errichtung eines Regals für kleinere Gesenke an der Stelle des bisherigen Sperrlagerbereiches (Vorhanden?)	PL/EK	16		
Lagerplätze - Ausführung	- Durchgehende Kennzeichnung der Zugehörigkeit (zu Arbeitsschritt) überprüfen	Lager/PL	16		

Projektabschluss	Gesamtprojekt	KW	16		
-------------------------	----------------------	-----------	-----------	--	--

Projektdauer	Gesamtprojekt	Wochen:	43		variabel
---------------------	----------------------	----------------	-----------	--	-----------------

Anhang 6: Kostenabschätzung

Warenausgang	Rolltor	4.000 €
	Arbeits Tisch Montage	500 €
	PC, Drucker, Scanner	1.000 €
	Arbeits Tisch QS	300 €
	Verladegerät (E-Ameise)	5.000 €
	Diverses	3.000 €
		13.800 €
Durchbruch Schmiede	Durchbruch	3.000 €
	Brandschutztüre	2.000 €
	Diverses	2.000 €
		7.000 €
Innenhof	Gebäude Überdachung, Tor, Fenster	75.000 €
	Palettenregale	5.000 €
	Diverses	2.000 €
		82.000 €
Nachbearbeitung	Umbau , Durchbruch, Risspr., Tore	30.000 €
	Schleifarbeitsplätze mit Absaugungen	20.000 €
	Luftvorhang (ohne Heizung) 1,5m	900 €
	Diverses	5.000 €
		55.900 €
Qualitätssicherung	Sanierung	10.000 €
	Luftvorhang (ohne Heizung, 2m breit)	2.000 €
	Arbeitsplatz -Tisch	2.000 €
	PC	1.000 €
	Ablagen	600 €
	Sperrlager	1.000 €
	Diverses	2.000 €
		18.600 €
Aufenthaltsbereich	Schaukasten	1.000 €
	Infoboard	100 €
	Diverses	1.500 €
		2.600 €
Verkaufslager	Durchbruch + Tür	5.000 €
	Einhausung Heizung	1.000 €
	Diverses	3.000 €
		9.000 €
Weiteres	KT-Regal (Kleinteile)	500 €
	Palettenregal	1.500 €
	Diverses/Sicherheitsposten	10.000 €
		12.000 €
Gesamtsumme		200.900 €