

Daniel Holzinger, BSc

Greenfield Layoutplanung

Masterarbeit

Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau

Produktionstechnik

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

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

Graz, 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

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

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Sorger und unter wissenschaftlicher Betreuung des Institutes für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung unter der Leitung von Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer erstellt.

Ich bedanke mich bei Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer und meinen Betreuern seitens der Universität, Dipl.-Ing. Hans Peter Schnöll und Dipl.-Ing. Matthias Friessnig, für die wissenschaftliche Betreuung, die mir jederzeit mit ihrem fachlichen Wissen zur Seite standen.

Für die Unterstützung seitens der Firma Sorger, bedanke ich mich bei Dipl.-Ing. Dominik Straubinger, Karl-Heinz Knapp, Richard Meyr und Andreas Wallner, die mir bei all meinen Fragen mit ihrem fachspezifischen Wissen vor Ort die wichtigsten Informationsquellen waren.

Ich möchte mich auch bei meiner Familie und besonders bei meinen Eltern bedanken, die mir immer begleitend und unterstützend zur Seite standen und mich so durch das Studium getragen haben.

Dank gilt auch allen Freunden, die mich immer ermutigt und motiviert haben.

Abschließend danke ich von ganzem Herzen dem, der mich befähigt und begleitet hat, dieses Studium zu absolvieren, meinem Gott und Herrn Jesus Christus.

Kurzfassung

Diese Arbeit wurde im Rahmen einer Kooperation der Bäckerei Sorger mit dem Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der Technischen Universität Graz erstellt. Die Bäckerei Sorger blickt auf über 300 Jahre Bäckerei-Handwerks-Tradition zurück. Der Familienbetrieb mit 26 Filialen umfasst die Bereiche Bäckerei, Feinbäckerei, Konditorei, Kaffeehaus und -rösterei. Durch neue Großkunden und die Entwicklung der Bäckereibranche weg von den frischen Produkten hin zu tiefgekühlten Produkten werden neue Herausforderungen an die Produktion gestellt. Um die Wettbewerbsfähigkeit auch weiterhin gewährleisten zu können, wird die Produktion der Bäckerei Sorger am Standort Graz Eggenberg einer Betriebsanalyse unterzogen, Verbesserungspotentiale aufgezeigt, sowie ein optimiertes Produktionslayout im Sinne einer „Greenfield“- Lösung erstellt.

Den ersten Abschnitt der Arbeit stellt die Betrachtung des theoretischen Grundgerüsts der Betriebsstättenplanung dar. Der zweite Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse des Projektes mit der Firma Sorger.

Die Betriebsanalyse erfolgte mittels Primär- und Sekundärdatenerhebung. Im Rahmen einer Multimomentaufnahme wurden die Auslastungen der relevanten Betriebsmittel aufgenommen. Ausgehend vom Produktionsprogramm der Jahre 2013 bis 2018 und den Ergebnissen der Primärdatenerhebung wurden Optimierungspotentiale aufgezeigt und ein Anforderungskatalog erstellt. Anschließend wurden konkrete Handlungsempfehlungen an die Geschäftsführung abgegeben. Des Weiteren wurden drei Layoutvarianten erstellt und durch vergleichende Gegenüberstellung zum bestehenden Produktionslayout eine Bewertung durchgeführt. Im Verlauf des Projektfortschritts konnte das am bestehenden Standort vorhandene Potential aufgezeigt werden. Es zeigte sich, dass aufgrund der gewachsenen Strukturen und der durch Platzmangel fehlenden Flexibilität, das Potential am bestehenden Standort nicht genutzt werden kann. Zusätzlich konnten die monetären Vorteile des optimierten Greenfield-Layouts und die strategischen Vorteile einer baldigen Umsiedlung an einen neuen Standort aufgezeigt werden.

Abstract

This thesis was developed in cooperation of Bäckerei Sorger and the Institute of Industrial Management and Innovation Research of the Graz University of Technology. Bäckerei Sorger looks back on a tradition of over 300 years of bakery craftsmanship. The family business with 26 branches includes the divisions bakery, confenctionary, pastry, cafe and coffee roasting.

As a result of new customers and the developement of the bakery industry away from fresh products to frozen products, new challenges are imposed on the production. In order to ensure competitiveness, a operation analysis of the production site was realised, potential for improvement was shown and an optimized production layout in terms of a „Greenfield“-layout was created.

The first part of the thesis presents the theoretical basics of facility planning. The second part includes the results of the project with Sorger. The operation analysis was performed through primary and secondary data collection methods. As part of a work-sampling study the utilization of the relevant production facilities were recorded. Based on the production program of the years 2013 to 2018 and the results of the data collection, potentials for optimization have been shown and a list of requirements has been created. Subsequently, specific recommendations for action were submitted to the management. Furthermore, three layout versions were created and through a contrasting juxtaposition comparison with the existing production layout, a review has been performed.

In the course of the project the potential of the existing production site could be identified. It turned out, that due to the lack of space the potential at the existing site can not be availed. In addition, the monetary benefits of the optimized „Greenfield“-Layout and the strategic advantages of an early resettlement to a new location was shown.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung und Zielsetzung.....	1
1.2	Vorgehensweise	2
1.2.1	Phase I	2
1.2.2	Phase II	2
2	Produktionslayoutplanung	4
2.1	Planungsgrundfälle	6
2.1.1	Neuplanung	6
2.1.2	Um- und Neugestaltung.....	7
2.1.3	Erweiterung	7
2.1.4	Rückbau	7
2.1.5	Revitalisierung	8
2.2	Bildung von Planungsphasen	8
2.3	Zielplanung	9
2.4	Vorplanung	10
2.4.1	Produktionsprogramm	12
2.4.2	Betriebseinrichtungen.....	15
2.4.3	Prozessanalyse	16
2.4.4	Materialflussanalyse	20
2.5	Grobplanung	22
2.5.1	Strukturentwicklung	22
2.5.2	Strukturdimensionierung.....	22
2.5.3	Groblayoutplanung	28
2.6	Feinplanung	41
2.6.1	Verkehrswegesystem	42

2.6.2	Feinlayoutplanung	43
2.7	Ausführungsplanung	44
2.8	Ausführung	44
3	Analyse des Produktionsprogrammes	46
3.1	Produktionsprogramm 2013 bis 2018	47
3.2	Zukünftige Herausforderungen	49
4	Analyse der bestehenden Betriebsstätte	50
4.1	Allgemeine Erklärungen und Bezeichnungen	50
4.2	Betrachtungsbereich und Systemgrenzen der Analyse	56
4.3	Methoden und Tools	58
4.3.1	Dokumentenanalyse	58
4.3.2	Multimomentaufnahme	58
4.3.3	Befragungen	64
4.3.4	Observation	64
4.4	WP-Anlage	65
4.5	CTR-Anlage	76
4.6	Brotlinie	82
4.7	Kleingebäcklinie	86
4.8	Konditorei	91
4.9	Backöfen	93
4.10	Verpackungsmaschinen	96
4.11	Zusammenfassung der Ergebnisse	97
5	Ableitung des Anforderungskataloges als Basis der Layoutplanung	98
6	Handlungsempfehlungen für bestehende Betriebsstätte	100
6.1	WP-Anlage	100
6.2	CTR-Anlage	101

6.3	Brotlinie	101
6.4	Kleingebäcklinie	102
6.5	Konditorei.....	102
6.6	Backöfen	103
6.7	Zusammenfassung – Stand der Umsetzung	103
7	Greenfield Layoutplanung	106
7.1	Grundsätze der Betriebsstättenplanung	106
7.2	Beschreibung der Produktionsbereiche.....	107
7.3	Beschreibung unterschiedlicher Layoutvarianten	115
7.3.1	Variante 1	118
7.3.2	Variante 2	123
7.3.3	Variante 3	127
7.4	Bewertung der Layoutvarianten.....	132
7.4.1	Vergleich der Transportleistungszahl	132
7.4.2	Vergleich des Flächenbedarfs.....	134
7.5	Zusammenfassende Diskussion der Bewertungsergebnisse	136
8	Literaturverzeichnis	139
9	Abbildungsverzeichnis.....	141
10	Tabellenverzeichnis	144
11	Formelverzeichnis.....	148
12	Abkürzungsverzeichnis	149
Anhang	150

1 Einleitung

Nachfolgend werden die der Masterarbeit zugrunde liegende Problemstellung, die Zielsetzung, sowie die Vorgehensweise beschrieben.

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Bäckerei Sorger wird seit über 300 Jahren als Familienbetrieb geführt und hat 26 Filialen, die sich über die gesamte Steiermark verteilen. Der Betrieb umfasst die Bereiche Bäckerei, Feinbäckerei, Konditorei, Kaffeehaus und Rösterei. Durch neue Großkunden und die Entwicklung der Bäckereibranche weg von den frischen Produkten hin zu tiefgekühlten Produkten werden neue Herausforderungen an die Produktion gestellt. Um die Wettbewerbsfähigkeit auch weiterhin gewährleisten zu können, soll die Produktion der Bäckerei Sorger am Standort Graz Eggenberg einer Betriebsanalyse unterzogen, Verbesserungspotentiale aufgezeigt, sowie ein optimiertes Produktionslayout im Sinne einer „Greenfield“- Lösung erstellt werden.

Zielsetzung:

1. Erarbeitung des theoretischen Grundgerüsts der Betriebsstättenplanung
2. Analyse der Produktionsprozesse und Aufzeigen von Optimierungspotentialen am bestehenden Standort Graz Eggenberg
3. Entwicklung eines optimierten Produktionslayouts für einen neuen Produktionsstandort („Greenfield“)
4. Dokumentation der gewonnenen Erkenntnisse

1.2 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise gliedert sich in die zwei folgenden Phasen (siehe Abbildung 1).

1.2.1 Phase I

Begonnen wird mit einer eingehenden Betriebsanalyse. Hierbei werden das aktuelle Produktionsprogramm, das zukünftig erwartete Produktionsprogramm für einen Zeithorizont von 5 Jahren sowie die am bestehenden Standort vorhandenen Betriebsmittel analysiert. Das Ergebnis der ersten Phase ist das Aufzeigen von Optimierungspotential und die Ableitung eines Anforderungskataloges als Planungsgrundlage.

1.2.2 Phase II

Durch die aus Phase I erhaltenen Ergebnisse erfolgt in Phase II eine Materialfluss- und Layoutplanung, die Ableitung von konkreten Optimierungsmaßnahmen am bestehenden Standort sowie die Ableitung eines Produktionslayouts als „Greenfield“-Lösung.

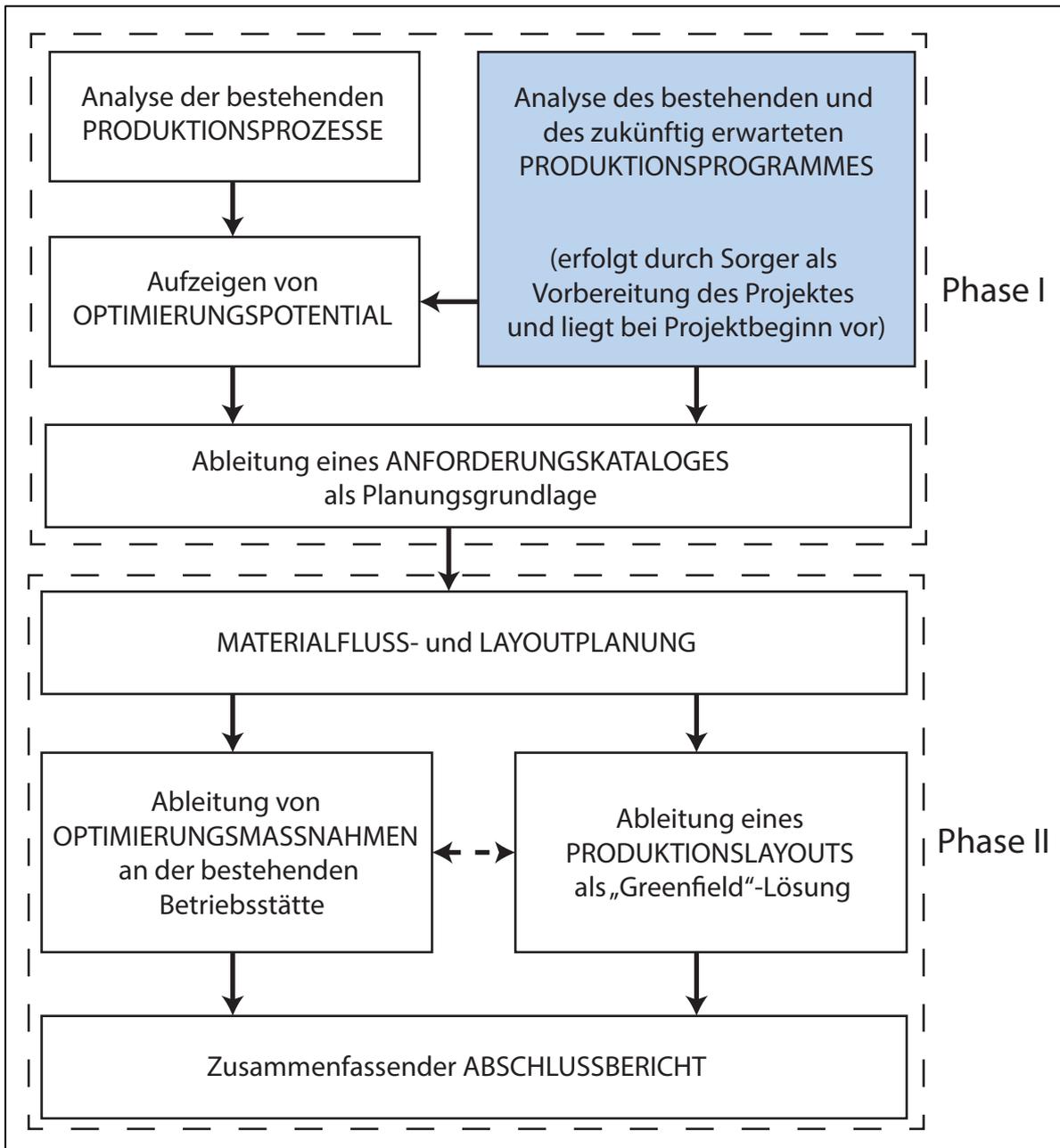


Abbildung 1: Grundstruktur der Vorgehensweise¹

¹ Schnöll (2013), S. 5, eigene Darstellung

2 Produktionslayoutplanung

Das vielseitige, komplexe und weitläufige Planungsgebiet der Layoutplanung ist aus einzelnen Teilaufgaben mit einheitlicher Zielsetzung zusammengesetzt. Dieses hierarchisch aufgebaute System besteht aus Ermittlungen, Untersuchungen und Entscheidungen. Jeder Planungsschritt wird wesentlich durch den vorherigen beeinflusst, eine genaue Koordinierung ist daher erforderlich.²

Die Layoutplanung ist ein Teilgebiet der Unternehmensplanung und beschäftigt sich mit der optimalen Gestaltung und rationellen Verwirklichung von Investitionsvorhaben. Inhalt ist die Auswahl der Produktionsmittel und die Gestaltung von Fertigungsstätten mit dem Ziel der Ermittlung der technisch-wirtschaftlich optimalen Voraussetzungen für die Fertigung eines vorgegebenen Produktionsprogrammes, unter Berücksichtigung einer entsprechenden Flexibilität.³

Die Fabrikplanung beschäftigt sich zwar mit statischen Gebilden, hat jedoch eine dynamische, sich mit der Zeit wandelnde Aufgabe zu erfüllen.⁴

Die Betriebsstätten mit ihren Teilbereichen, Anlagen und Einrichtungen sind daher sorgfältig und weitblickend zu planen.⁵

Folgende Grundsätze sind bei der Planung zu beachten:⁶

- Einheitliche Materialflussrichtung, ohne Kreuzungen und Rückläufe
- Minimierung der Transporte bzw. kürzeste Transportstrecken zwischen den Struktureinheiten
- Flexible Anlagen und Einrichtungen
- Kontinuierliche Nutzung der Anlagen und Einrichtungen, möglichst ohne Engpässe und Leerlauf

² Vgl. Aggteleky (1981), S. 26

³ ibidem

⁴ ibidem

⁵ Vgl. REFA (1985), S. 147

⁶ ibidem

Der Prozess der Fabrikplanung umfasst die Lösung von Problemstellungen der Planung, Realisierung und Inbetriebnahme von Fabriken und wird durch die Gestaltungsergebnisse folgender Planungsfelder beschrieben:⁷

- Bestimmung von Standorten (Standortplanung)
- Entwurf von Bebauungsplänen unter Betrachtung der Wahl und Anordnung von Raum- und Gebäudesystemen (Generalbebauungsplanung)
- Konzeption von Produktions- und Logistikprozessen (Fabrikstrukturplanung)

Das Ziel der Fabrikplanung lässt sich aus den Unternehmenszielen und Rahmenbedingungen ableiten. Der Erfüllungsgrad dieser Ziele wird während des Planungsablaufs sowie nach der Realisierung bewertet.⁸

Folgende Fabrikziele lassen sich unterscheiden:⁹

- Flexibilität und Wandlungsfähigkeit
- Produkt- und Produktionsprozessqualität
- Geschwindigkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Mitarbeiterorientierung, Kommunikationsunterstützung und Attraktivität
- Nachhaltigkeit
- Transparenz

Unterschiedlich gewichtete Ziele führen zu unterschiedlichen spezifischen Anforderungsprofilen für die zu planende Fabrik.¹⁰

⁷ Vgl. Grundig (2013), S. 11f

⁸ Vgl. VDI (2011), S. 5

⁹ ibidem

¹⁰ Vgl. VDI (2011), S. 5

2.1 Planungsgrundfälle

Der Fabrikplanungsprozess kann in fünf Grundfälle gegliedert werden. Die folgend angeführten Grundfälle unterscheiden sich hinsichtlich Aufgabencharakter, Problemumfang, Schwierigkeitsgrad, Lösungskonzepten und -freiräumen sowie speziellen Inhalten der Planungsmethodik.¹¹ Abbildung 2 zeigt die Planungsgrundfälle der Betriebsstättenplanung.

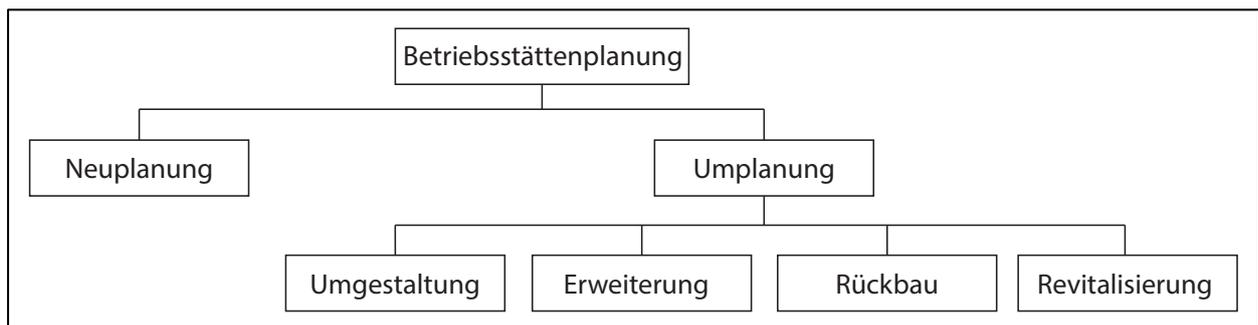


Abbildung 2: Planungsgrundfälle der Betriebsstättenplanung¹²

2.1.1 Neuplanung

Die Neuplanung eines Industriebetriebes bildet den klassischen Grundfall der Fabrikplanung.¹³ Der Aufbau einer Fertigungsstätte auf der „grünen Wiese“ ist charakterisiert durch:¹⁴

- Hohen zeitlich-inhaltlichen Planungsvorlauf
- Globale Vorgaben zu Produktionsprogramm und -entwicklung
- Bestimmung des optimalen Standortes
- Generalbebauungsplanung des neuen Grundstückes
- Erzielung optimaler Prozesslösungen

Der Vorteil der Neuplanung ist, die im Vergleich zu den anderen Grundfällen, einfach zu planende und realisierende Anpassung an Veränderungen.¹⁵

¹¹ Vgl. Grundig (2013), S. 18

¹² In Anlehnung an REFA (1985), S. 149, eigene Darstellung

¹³ ibidem

¹⁴ ibidem

¹⁵ Vgl. Pawellek (2008), S. 118

2.1.2 Um- und Neugestaltung

Die Um- und Neugestaltung bildet den dominierenden Anteil der anfallenden Fabrikplanungsaufgaben und stellt oftmals eine betriebliche Daueraufgabe dar.¹⁶

Die Merkmale sind:¹⁷

- Zielsetzungen sind die Rationalisierung und/oder Modernisierung vorhandener Fertigungskomplexe
- Möglichkeit exakte Vorgaben zum Produktionsprogramm und zu dessen zeitlicher Entwicklung
- fortlaufende Anpassung der Fertigungskomplexe an Produktionsprogrammveränderungen

2.1.3 Erweiterung

Der Grundfall der Erweiterung liegt dann vor, wenn es primär um die Schaffung von Kapazitäten geht. Meist sind Auftrags- und Umsatzwachstum Grund für die notwendige Kapazitätserweiterung.¹⁸

Die Merkmale sind:¹⁹

- Erweiterung führt meist zur Intensivierung der Flächen- und Raumnutzung am bestehenden Standort
- Möglichkeit exakter Vorgaben zum Produktionsprogramm und zu dessen zeitlicher Entwicklung
- Erweiterung kann mit Standortbestimmung für Neubau von Zusatzkapazitäten verbunden sein
- Erweiterung kann den vorhandenen Standort des Unternehmens in Frage stellen und zur Verlagerung bzw. zu Ausgliederungen auf einen neuen Standort führen

2.1.4 Rückbau

Ein Rückbau führt zur Neuanpassung von Kapazitäten und Strukturen. Häufiger Grund dafür ist die Folge von Umsatzrückgang, Abbau der Fertigungstiefe, der Auslagerung von Produktionsstufen bzw. der Konzentration auf Kernproduktprofile.²⁰

¹⁶ Vgl. Grundig (2013), S. 18f

¹⁷ ibidem

¹⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 19

¹⁹ ibidem

Die Merkmale sind:²¹

- Neustrukturierung von Produktionsprogrammen
- Redimensionierung
- Neudimensionierung von Produktions- und Logistikausrüstungen
- Restrukturierung
- Neustrukturierung der Gestaltungs- und Organisationslösungen der Fertigungskomplexe

2.1.5 Revitalisierung

Werden stillgelegte Industriebetriebe einer neuen industriellen Nutzung zugeführt, spricht man von Revitalisierung.²²

Die Merkmale sind:²³

- Umnutzung bzw. Neunutzung des Standorts
- Abbruch bzw. Sanierung von Flächen- und Raumstrukturen
- Globale bzw. exakte Angaben zum Produktionsprogramm
- Restrukturierung bzw. Neugestaltung der Fertigungskomplexe
- Erzielung optimaler Prozesslösungen

2.2 Bildung von Planungsphasen

Der Fabrikplanungsablauf wird in inhaltlich-methodisch abgrenzbare und logisch strukturierte Planungsphasen gegliedert. Die Planungsphasen enthalten definierte Planungsinhalte, wobei im Regelfall die nachfolgende Planungsphase auf den Ergebnissen der vorauslaufenden Planungsphase aufbaut.²⁴ Die Planungsphasen werden sequentiell und teilweise iterativ abgearbeitet. Je nach Planungsgrundfall sind gegebenenfalls nur einzelne Phasen zu durchlaufen.²⁵ Grundsätzlich lassen sich die Aktivitäten der Fabrikplanung in die in Abbildung 3 dargestellten Planungsphasen gliedern.²⁶

²⁰ Vgl. Grundig (2013), S. 19

²¹ ibidem

²² Vgl. Grundig (2013), S. 19f

²³ ibidem

²⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 37

²⁵ Vgl. VDI (2011), S. 8

²⁶ ibidem

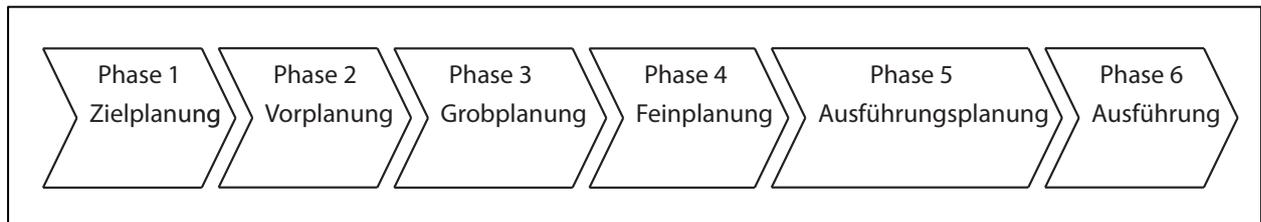


Abbildung 3: Planungsphasen des Fabrikplanungsprozesses²⁷

In der Folge wird auf die einzelnen Planungsphasen eingegangen.

2.3 Zielplanung

Die erste Phase des Fabrikplanungsprozesses bildet die Zielplanung. Im Zuge der Zielplanung werden Zielvorgaben und Planungsgrundlagen zur fundierten Bearbeitung von Fabrikplanungsaufgaben erarbeitet. Ausgangspunkt für Planungsaktivitäten sind im Regelfall Initiativen der Unternehmensleitung. Während des Fabrikplanungsprozesses muss ein ständiger Abgleich der Leistungsfähigkeit bzw. der Defizite des Unternehmens mit gesetzten Zielen erfolgen.²⁸

Wesentlicher Inhalt der Zielplanung ist die von erkannten Defiziten und Neuanforderungen ausgehende Entwicklung von Grobkonzepten möglicher Problemlösungen. Es sind die zur Realisierung erforderlichen Hauptaufgaben, Konsequenzen, Investitionsaufwände und Zielsetzungen zu formulieren, sodass eine erste Planungsgrundlage durch Vorgabe von Arbeitsrichtung und Aufgabenstellung gegeben ist. Es sind folglich hochkomplexe Aufgabenstellungen in deutlich abstrahierter Form zu erarbeiten. Die Qualität der erzielten Ergebnisse entscheidet wesentlich über Arbeitsrichtung, Treffsicherheit und Wirtschaftlichkeit der Fabrikplanungsaufgabe.²⁹

Die Aufgabenstellungen der Zielplanung stecken den Rahmen der Fabrikplanungsaufgabe ab und haben folgende Inhaltsschwerpunkte:³⁰

- Projektdefinition
- Problembeschreibung
- Zielsetzungen
- Lösungsrichtung

²⁷ In Anlehnung an VDI (2011), S. 8, eigene Darstellung

²⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 54

²⁹ Vgl. Grundig (2013), S. 56

³⁰ ibidem

- Vorgaben Wandlungsfähigkeit
- Finanz- und Kostenrahmen
- Terminketten
- Aufgabenstellungen/Leistungsrahmen
- Projektleitung/Projektorganisation

Die Ergebnisse der Zielplanung sind in einer Machbarkeitsstudie niederzulegen.³¹

2.4 Vorplanung

Im Zuge der Vorplanung wird eine Analyse des Ist-Zustandes mit dem Ziel der Realisierung eines wirtschaftlichen Produktionslayouts durchgeführt.³² Die Vorplanungsphase beinhaltet die Erarbeitung von Planungsgrundlagen durch die Analyse der Ausgangslage, Zielrealität und Entscheidungstrends, Konkretisierung von Aufgabenstellungen und schließlich die Erarbeitung eines Pflichtenheftes.³³ Es werden dabei jedoch nicht nur die technisch-funktionellen Abläufe, sondern auch die Kostenstruktur untersucht.³⁴ Für die Planungsgrundfälle Umgestaltung und Erweiterung muss weitgehend von den Ergebnissen der Betriebsanalyse ausgegangen werden.³⁵ Die systematische Durchleuchtung der betrieblichen Abläufe wird zugleich für die Ermittlung von Verbesserungs- und Kostensenkungsmöglichkeiten wahrgenommen, die bei der Neuplanung zu berücksichtigen sind.³⁶

Betriebsanalysen werden durchgeführt, um aus dem Ist-Zustand Grunddaten als Ausgangsbasis für einen angestrebten verbesserten Soll-Zustand zu gewinnen. Im Rahmen des Fabrikplanungsprozesses werden Prozessanalysen durchgeführt, um überschlägige Angaben für den notwendigen Flächen- und Raumbedarf des Planungsobjektes, für die geeigneten Bauwerkformen und -größen, den Personalbedarf und die erforderlichen Anschlüsse der Ver- und Entsorgung der Betriebsstätte zu gewinnen.³⁷

³¹ Vgl. Grundig (2013), S. 57

³² Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 234

³³ Vgl. Grundig (2013), S. 50

³⁴ Vgl. Aggteleky (1981), S. 21

³⁵ ibidem

³⁶ Vgl. Aggteleky (1981), S. 31

³⁷ Vgl. REFA (1985), S. 170

Die Betriebsanalyse verfolgt somit eine doppelte Zielsetzung:³⁸

- Ermittlung der betrieblichen Daten und Angaben, die für die Planung bzw. Umgestaltung eines Betriebes erforderlich sind.
- Ermittlung der Ansatzpunkte für technische und betriebliche Verbesserungen, ferner für Rationalisierungs- und Kostensenkungsmaßnahmen.

Dieser auch als „Schwachstellenanalyse“ bezeichnete Vorgang ist somit eine Ist-Zustandsuntersuchung mit zukunftsbezogener Betrachtungsweise und dient dem Aufdecken von Fehlern und Verlustquellen im Betrieb. Ziel ist beobachtete Sachverhalte, die zu leistungs- bzw. finanzwirtschaftlichen Verlusten führen könnten, aufzuzeigen.³⁹

Für die Durchführung der Betriebsanalyse gilt der Grundsatz: „So genau wie nötig – so grob wie möglich“.⁴⁰

Sie beinhaltet folgende Arbeitsphasen:⁴¹

- Erfassung der betrieblichen Abläufe
- Analyse der Produktionsfaktoren
- Analyse der Sekundärbereiche (Raumausnutzung, Materialfluss)
- Untersuchung der Tertiärbereiche (Planung, Führung, Verwaltung und Kontrolle)

Die wichtigsten Hilfsmittel der Betriebsanalyse sind:⁴²

- ABC-Analyse und PQ-Analyse (siehe Kapitel 2.4.1) zur Ermittlung der potenziellen Schwerpunkte
- Multimomentaufnahme (siehe Kapitel 2.4.3) zur Ermittlung von nicht vorhandenen aber für die Planung notwendigen Daten
- Kriterienpläne und Prioritätslisten zur Wahrnehmung der projektbezogenen Einflussfaktoren inkl. der geschäftspolitischen Richtlinien

³⁸ Aggteleky (1982), S. 27

³⁹ Vgl. REFA (1985), S. 173

⁴⁰ Vgl. Aggteleky (1982), S. 28

⁴¹ Aggteleky (1982), S. 28

⁴² Aggteleky (1982), S. 31

Die Ergebnisse der Phase „Vorplanung“ sind im Rahmen einer Pre-Feasibility-Studie (vorläufige Machbarkeitsstudie) darzustellen.⁴³

Die wesentlichen Inhalte dieser Studie sind:⁴⁴

- Präzisierung von Projektzielen/Zeitetaspen
- Vorgaben zum Produktionsprogramm
- Ermittlung von Bedarfsgrößen
- Festlegung von Logistikprinzipien
- Entwürfe und Eingrenzung der Lösungskonzepte
- Angaben zu Aufwänden/Wirtschaftlichkeit
- Konkretisierung der Aufgabenstellung

Die Pre-Feasibility-Studie bildet einen Zwischenschritt von der Machbarkeits-Studie (Zielplanung) zur Feasibility-Studie (Grobplanung). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse bilden eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für das Unternehmensmanagement hinsichtlich Planungsfreigabe auf Basis der Wirtschaftlichkeit und konkretisierter Arbeitsrichtung.⁴⁵

Teil der Betriebsanalyse sind das Produktionsprogramm, die Betriebsmittel, die Produktionsprozesse sowie die Materialflüsse.⁴⁶

2.4.1 Produktionsprogramm

Das Produktionsprogramm bildet die Grundlage bei der Festlegung des Leistungsumfanges der zu planenden Produktion.⁴⁷

Folgende Gesichtspunkte werden darin berücksichtigt:⁴⁸

- Sachlich (Produktarten, Sortimente)
- Mengenmäßig (Umfang, Stückzahlen je Produktart)
- Zeitlich (Produktionszeitraum, Planungsperiode)
- Wertmäßig (Preis, Kosten)

⁴³ Vgl. Grundig (2013), S. 79

⁴⁴ Grundig (2013), S. 79

⁴⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 79

⁴⁶ Vgl. VDI (2011), S. 13

⁴⁷ Vgl. Grundig (2013), S. 64

⁴⁸ Grundig (2013), S. 64

Die Funktion, Dimension und Struktur des zu planenden Produktionssystems werden vom Produktionsprogramm abgeleitet. Es ist dabei zu klären, welcher Anteil aus dem gesamten Produktionsprogramm für das zu projektierende Produktionssystem zugrunde gelegt wird und welcher über Kooperation zugekauft werden soll (Make-or-Buy-Entscheidung).⁴⁹

Das üblicherweise vom Unternehmensmanagement vorgegebene Produktionsprogramm repräsentiert das Ergebnis betrieblicher Markt- und Absatztätigkeit und unterliegt einem ständigen Abgleich im Rahmen strategischer Unternehmensplanung.⁵⁰ Im wesentlichen geht es dabei um eine langfristige Absatzplanung, beruhend auf einer langfristigen Beurteilung der Marktentwicklung, der eigenen Produktpolitik und der Diversifikationsvorhaben.⁵¹

Um die Handhabung mit umfangreichen Produktionsprogrammen zu erleichtern, wird die Typenvertretermethode angewandt. Grundlage dabei ist die rechnerische Reduzierung der Produktvielfalt auf Produktgruppen. Es werden dabei Produktgruppen technologisch ähnlicher Teile bzw. Erzeugnisse gebildet. Pro Gruppe wird jeweils ein Typenvertreter ermittelt auf Basis dessen die Umrechnung der Teile bzw. Erzeugnismengen jeder Gruppe geschieht.⁵²

Die Auswahl der Typenvertreter und die Festsetzung der Priorität und Bedeutung der zu untersuchenden Einzelheiten kann nach verschiedenen Betrachtungsweisen erfolgen. Am Wichtigsten dabei sind Umsatzanteil, Gewinnanteil und Deckungsbeitrag. Hierzu kommen häufig Analysemethoden wie die ABC-Analyse oder die PQ-Analyse zum Einsatz.⁵³

Es ist zweckmäßig ABC-Analysen des Produktionsprogrammes durchzuführen, um die strategisch wichtigen Produkte und Produktgruppen zu ermitteln.⁵⁴ Ziel der ABC-Analyse ist die statistische Klassifizierung aufgrund der Häufigkeitsverteilung von dominierenden Eigenschaften.⁵⁵

⁴⁹ Vgl. Schenk/Wirth (2004), S. 297

⁵⁰ Vgl. Grundig (2013), S. 65

⁵¹ Vgl. Aggteleky (1981), S. 233

⁵² Vgl. Schenk/Wirth (2004), S. 298

⁵³ Vgl. Aggteleky (1982), S. 34f

⁵⁴ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 451

⁵⁵ ibidem

Dies geschieht in drei Kategorien:⁵⁶

- A = Hauptbereich mit entscheidender Auswirkung
- B = Mittelbereich mit bedeutender Auswirkung
- C = Nebenbereich mit untergeordneter Auswirkung

Die ABC-Analyse kommt im Rahmen der Betriebsstättenplanung in verschiedenen Bereichen zur Anwendung.⁵⁷ Beispiele sind:⁵⁸

- Betriebsanalyse: Ermittlung der repräsentativen Produkte
- Standortbestimmung: Berücksichtigung der dominierenden Transportrelationen
- Materialflussplanung: Berücksichtigung der dominierenden Transportbeziehungen
- Produktgestaltung: Konzentration auf die gängigen Produkte bei Aussonderung nicht gängiger Produkte
- Lagerplanung: Bildung von Zonen nach Zugriffshäufigkeit
- Ausschusssenkung: Ermittlung der häufigsten Ausschussursachen
- Reparaturstatistik: Konzentration auf die häufigsten Störungsquellen

Die ABC-Analyse ist bei der Unterscheidung von wenigen wichtigen und vielen unwichtigen Elementen behilflich. Im Zuge der Anwendung auf das Produktionsprogramm, dient die ABC-Analyse der Gegenüberstellung der Mengenanteile der Produkte an der Gesamtausbringungsmenge und Umsatzanteile der jeweiligen Produkte am Gesamtumsatz. Als Ergebnis lassen sich die umsatzträchtigen von den umsatzschwachen Produkten trennen. Diese Informationen werden im Rahmen der Strukturentwicklung und -dimensionierung benötigt, um die Produktion in Serienfertigungs- und Einzelfertigungssegmente zu unterteilen.⁵⁹

Das Produktionsprogramm hängt vom zukünftigen Absatzmarkt ab und unterliegt daher Schwankungen. Die Wirtschaftlichkeit der Investition bei der Fabrikplanung wird maßgeblich von der Treffsicherheit bei der Festlegung des Produktionsprogramms beeinflusst.⁶⁰

Vom Unternehmensmanagement ist neben der Vorgabe des Produktionsprogrammes für das Erfolgsjahr (Zeitperiode der Inbetriebnahme der Projektlösung) eine zu

⁵⁶ Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 451

⁵⁷ Vgl. REFA (1985), S. 244

⁵⁸ ibidem

⁵⁹ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 451

⁶⁰ Vgl. Schenk/Wirth (2004), S. 299f

erwartende Trendentwicklung der Folgejahre (Stückzahl- und Sortimentsentwicklung) vorzugeben, um eine dynamische „entwicklungsgerechte“ Projektlösung zu ermöglichen. Es gilt daher, je präziser die Vorgaben möglich sind, desto exakter sind Projektlösungen ableitbar. Um die Auswirkungen von Schwankungen im Produktionsprogramm auf die Fabrikstrukturen abschätzen zu können, bietet sich der Einsatz von Simulationssoftware an.⁶¹

Bekanntes Produktionsprogramm als Planungsgrundlage müssen zunächst kritisch analysiert werden. Die PQ-Analyse (Produkt-Quantum-Methode) bietet eine Analysemöglichkeit, wodurch Produkte erkannt werden, die überdurchschnittliche Verluste bzw. Gewinne erzielen, Engpassausrüstungen extrem belasten sowie hohe Personal- und Energiekosten verursachen. Es können daher mit Hilfe der PQ-Analyse Konsequenzen auf die Produktpolitik und damit auf erforderliche Fabrikplanungsaufgaben abgeleitet werden.⁶²

Des Weiteren können beruhend auf der PQ-Analyse Sortimentsbereinigungen vorgenommen werden. Es sollen dabei die Eigenschaften und Forderungen des Produktprogrammes in ein ausgewogenes Zielprogramm für die technisch und betrieblich optimale Gestaltung umgelegt werden. Parallel muss untersucht werden, wie sich der Absatz und das Produktionsprogramm so gestalten lassen, dass die vorhandenen Kapazitäten optimal genutzt werden können. Der Einfluss des Produktionsprogrammes auf den Produktionsmechanismus bzw. auf die Betriebsstruktur kann sehr unterschiedlich ausfallen. Es wird daher, im Sinne der ABC-Analyse, das Hauptaugenmerk auf jene Faktoren gelegt, die einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Fertigung und Betriebsstruktur haben.⁶³

Eine weitere Methode zur Produktionsprogrammanalyse ist die Break-Even-Analyse. Dabei werden die Kosten und Erlöse eines Bereiches (Produktes) in Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad bzw. von der Produktionsmenge dargestellt. Der Break-Even-Punkt kennzeichnet den Beschäftigungsgrad, bei dem der Erlös die Gesamtkosten deckt.⁶⁴

2.4.2 Betriebseinrichtungen

Vor der Prozessanalyse müssen die Betriebseinrichtungen aufgenommen und analysiert werden. Begonnen wird mit einem Überblick über den Standort, die Lage der Gebäude, die Infrastruktur sowie mögliche Erweiterungsrichtungen und vorhandene

⁶¹ Vgl. Grundig (2013), S. 65

⁶² Vgl. Grundig (2013), S. 63ff

⁶³ Vgl. Aggteleky (1981), S. 254ff

⁶⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 69f

Freiflächen. Diese Informationen sind für Standortbewertungen und zur Planung potenzieller Erweiterungsflächen notwendig. Innerhalb der aufgenommenen Gebäude sind die Daten der Betriebsmittel zu erheben, wobei für den Fabrikplaner die Grundfläche, die Höhe, das Gewicht, der Energiebedarf und die Medienanschlüsse die wesentlichen Daten darstellen. Mit Hilfe dieser Daten wird eine Einteilung der vorhandenen Hallenflächen in Lager- und Pufferflächen, Funktionsflächen, Produktionsflächen sowie Transportflächen vorgenommen. Die daraus entstehende Flächenbilanz des gesamten Werkes lässt sich mit branchenüblichen Flächenkennzahlen vergleichen wodurch Rückschlüsse über die sinnvolle Aufteilung der Einzelflächen generiert werden. Ein häufiges Ergebnis dieser Vergleiche ist die Reduktion des Anteils an Lager- und Pufferflächen zur Minimierung von Verschwendung.⁶⁵

2.4.3 Prozessanalyse

Die Analyse der Prozesse innerhalb der Produktion führt zu einer detaillierten Beschreibung von Geschäftsprozessen, Material-, Kommunikations- und Werteflüssen.⁶⁶

Der einzusetzende Untersuchungsaufwand ist mit der Aufgabenstellung der Fabrikplanungsaufgabe in eine wirtschaftlich vertretbare Relation zu setzen. Zu geringer Untersuchungsaufwand kann zu Oberflächlichkeiten und Fehlvorgaben führen. Zu hoher Untersuchungsaufwand kann zu unvertretbarem Personalaufwand führen.⁶⁷

2.4.3.1 Datenerhebungsmethoden

Die Methoden der Datenerhebung gliedern sich in zwei Gruppen, die Primärdatenerhebung und die Sekundärdatenerhebung. Die Primärdatenerhebung ist dann notwendig, wenn die Daten nicht oder nicht in der benötigten Qualität vorliegen. Sie werden eigens für diese Untersuchung ermittelt. Bei der Sekundärdatenerhebung werden bestehende Daten, die für andere Zielsetzungen erhoben wurden, ausgewertet. Es ist also keine Untersuchung für die Durchführung der Ist-Aufnahme erforderlich. Da der Erhebungsaufwand bei der Primärdatenerhebung wesentlich größer ist, muss zuvor geprüft werden, ob eine Sekundärdatenerhebung ausreichend ist.⁶⁸

⁶⁵ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 452f

⁶⁶ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 454

⁶⁷ Vgl. Grundig (2013), S. 60

⁶⁸ Vgl. Arnold/Furmans (2009), S. 237f

Methoden der Datenerhebung sind:⁶⁹

- direkte Methoden (Primärdatenerhebung)
 - Zählung/Messung (Ereignisse, Zustände, Zeiten, Flächen)
 - Befragungen (Fragebögen, Selbstaufschreibungen, Erhebungsbögen, Interviews)
 - Beobachtungen (Stichprobenverfahren, Multimomentverfahren, Dauerbeobachtungen)
 - Planwertverfahren auf Basis von Zeitrichtwerten (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung, kurz REFA)
 - Bildaufnahmen (Foto, Video)
 - Untersuchungen des Bauzustandes und Maschinendiagnosen
- indirekte Methoden (Sekundärdatenerhebung)
 - Auswertung visuell lesbarer Datenträger
 - Bebauungs- und Lagepläne (Layoutdarstellungen)
 - Maschinendateien
 - Fertigungsunterlagen (Arbeitspläne, Stücklisten, Montageschemata)
 - Lagerstatistiken
 - Belegungspläne
 - Flächenstatistiken
 - Produktionsstatistiken
 - Transportstatistiken
 - Personalstatistiken
 - Störungs- und Instandhaltungsdateien
 - Auswertung maschinenlesbarer Datenträger
 - Soft- und Hardware-Systeme – Datenerfassung/Datenauswertung

Als Primärdatenerhebungsmethoden kommen in der Praxis der Fabrikplanung hauptsächlich die Multimomentaufnahme und die Zeitaufnahme zur Anwendung.⁷⁰

Multimomentaufnahme:

Die Multimomentaufnahme ist ein Stichprobenverfahren, das Aussagen über die prozentuale Häufigkeit von vorwiegend unregelmäßig auftretenden Vorgängen gibt. Das Verfahren eignet sich zur Ermittlung von Zeit- oder Mengenanteilen von

⁶⁹ Vgl. Grundig (2013), S. 60f

⁷⁰ Vgl. REFA (1978), S. 81

betrieblichen Vorgängen wie Auslastung von Werkzeugmaschinen oder Transportmitteln, von Arbeitskräften oder von Flächenbelegungen und zur Bestimmung von Werkstoffliegezeiten, Transportwegen oder den Personaleinsatz.⁷¹

Nach Festlegung des Ziels, der Beobachtungsobjekte, der zu beobachtenden Tätigkeiten und der Eignungsprüfung des Verfahrens für die gestellte Aufgabe, kann mit der Vorbereitung der Aufnahme begonnen werden. Zur Vorbereitung ist die Festlegung des Beobachtungsweges, die Bestimmung der Rundgangzeiten durch Probeaufnahmen sowie die Ermittlung der Anzahl der erforderlichen Beobachtungen mit Hilfe der Multimomentformel erforderlich. Das Multimomentverfahren liefert die Basisdaten für die Planung und den Schwerpunkt der Rationalisierungsmaßnahmen.⁷²

Zeitaufnahme:

„Unter Zeitaufnahme wird das Ermitteln von Soll-Zeiten durch Messen und Auswerten von Ist-Zeiten verstanden.“⁷³

Zeitaufnahmen bestehen in erster Linie aus der Beschreibung des Arbeitssystems.⁷⁴ Wesentlich dabei sind:⁷⁵

- Arbeitsverfahren
- Arbeitsmethode und Arbeitsbedingungen
- Erfassung der Bezugsmengen
- Einflussgrößen
- Leistungsgrade
- Ist-Zeiten für einzelne Ablaufabschnitte

Die Auswertung dieser Daten ergibt Soll-Zeiten für bestimmte Ablaufabschnitte.⁷⁶

2.4.3.2 Prozessvisualisierung

Für die Darstellung der Prozesse gibt es unterschiedliche Verfahren und Werkzeuge wie das System ARIS (Architektur integrierter Informationssysteme), die Prozesskettenanalyse und das Sankey-Diagramm.⁷⁷

⁷¹ Vgl. Martin (2014), S. 31f

⁷² Vgl. Martin (2014), S. 32f

⁷³ REFA (1978), S. 81

⁷⁴ Vgl. REFA (1978), S. 81

⁷⁵ REFA (1978), S. 81

⁷⁶ Vgl. REFA (1978), S. 81

Eine Methode zur Prozessvisualisierung ist die Prozesskettenanalyse. Hierbei werden für ein Produkt oder eine Produktgruppe die einzelnen Prozessschritte und ihre Verbindungen mit bestimmten Symbolen beschrieben. Die sogenannten Konnektoren bewirken entweder eine physische oder zeitliche Verknüpfung mehrere Prozesselemente, wobei jedes Prozesselement durch vier Merkmalsgruppen beschrieben wird (Prozesse, Lenkung, Strukturen, Ressourcen). Das Ziel der Prozesskettenanalyse ist es, die Abläufe in einer einfachen Darstellung für alle Beteiligten transparent zu machen sowie mögliche Schwachstellen aufzudecken und zu beseitigen.⁷⁸

Eine vergleichsweise junge Alternative zur Prozesskettenanalyse bildet die Wertstromanalyse. Sie hat sich als ein wertvolles Hilfsmittel zur Darstellung und Analyse des Wertstroms einer Produktfamilie mit den dazugehörigen Informations- und Materialflüssen bewährt.⁷⁹

Als Wertstrom werden hierbei alle wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten zur Herstellung eines Produktes bzw. einer Dienstleistung verstanden.⁸⁰

Dabei wird der gesamte Wertstrom entgegen dem Materialfluss (d. h. vom Versand zum Wareneingang) aufgenommen. Zum Verständnis der aktuellen Funktionsweise des Werkes werden Zeichnungen des Ist-Zustandes angefertigt. Unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung von Verschwendung werden anschließend Zeichnungen des Soll-Zustandes angefertigt. Abschließend kommt es mittels Bildung von Wertstromschleifen zur Umsetzung. Ziel ist es die Verschwendung in Beständen, Flächen und Liegezeiten im Durchlauf zu identifizieren und damit Ansätze für eine flussorientierte Produktion zu schaffen. Die Wertstromanalyse eignet sich besonders gut, um einen raschen Überblick über die Produktionsabläufe zu gewinnen.⁸¹

Soll mehr als ein Produkt oder eine Produktfamilie beobachtet werden, sind entsprechend viele Analysen notwendig. Um die Material- und Kommunikationsflüsse darzustellen, ist es zweckmäßig ein Hilfsmittel wie das Sankey-Diagramm zu wählen. Hierbei werden die zwischen den betrieblichen Struktureinheiten verlaufenden Flüsse

⁷⁷ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 454

⁷⁸ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 454

⁷⁹ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 455ff

⁸⁰ Vgl. Grundig (2013), S. 130

⁸¹ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 455ff

visualisiert. Die Anordnung und die Entfernungen zueinander werden vernachlässigt. Die Breite der Flüsse ist proportional zu den transportierten Mengen je Zeiteinheit.⁸²

2.4.4 Materialflussanalyse

Die Materialflussanalyse dient der Nachvollziehbarkeit der Vorgänge innerhalb der Produktion. Die Ergebnisse der Materialflussanalyse haben wesentlichen Einfluss auf die optimale Anordnung der Struktureinheiten. Die industriellen Materialflussprozesse können grundsätzlich in die internen und die externen Materialflüsse unterteilt werden. Die moderne Fabrikplanung berücksichtigt sowohl die internen als auch die externen Materialflüsse. Die Materialflussoptimierung bildet dann durchgängige Materialflusketten. Für eine Materialflussanalyse im Rahmen eines Fabrikplanungsprozesses können zwei Grundfälle unterschieden werden. Materialflussanalysen für neu zu planende Systeme basieren auf Planungsgrößen, Materialflussanalysen am bestehenden Standort hingegen auf einer vorhandenen Materialflusstruktur.⁸³

Ziele von Materialflussanalysen sind:⁸⁴

- Erstellung eines Gesamtüberblickes über die Materialflussbeziehungen aller Objekte (Materialflussvernetzung)
- Erkennen von Größenordnungen der Materialflussschwerpunkte bei Beachtung wechselseitiger Relationen (Materialflussintensitäten)

Abbildung 4 zeigt die Phasen der Materialflussanalyse.

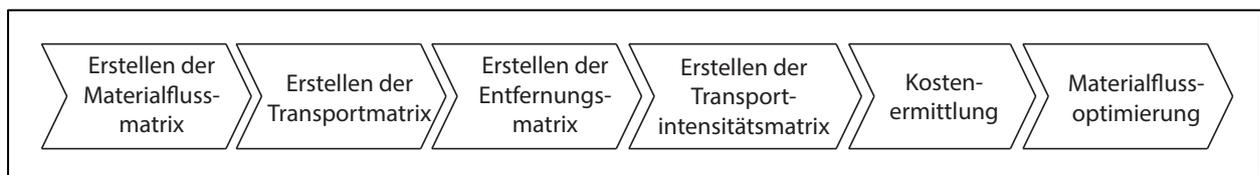


Abbildung 4: Phasen der Materialflussanalyse⁸⁵

Die Datenaufnahme bildet den Ausgangspunkt der Materialflussanalyse. Hierbei werden Daten aus den Arbeitsplänen, den Stücklisten, dem Produktionsprogramm, der Betriebsmitteldatei und dem Layout erhoben. Die Materialflussmatrix dient der Aufnahme und übersichtlichen Darstellung von Transportfrequenzen (Anzahl Transporteinheiten pro Zeiteinheit zwischen Quellen und Senken und umgekehrt),

⁸² Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 458

⁸³ Vgl. Grundig (2013), S. 116ff

⁸⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 119

⁸⁵ In Anlehnung an Arnold et al. (2008), S. 394

Transportgewichten, Transportvolumen, Transportwegen, Transportkosten oder Transportmittel.⁸⁶

Durch die Erfassung der Bewegungen zwischen Materialflussobjekten ergibt sich eine Orientierung des Materialflusses „in Flussrichtung“ und „Rücklauf“. Die Bewegungen „in Flussrichtung“ befinden sich oberhalb der Diagonalen während die Rückläufe unterhalb der Diagonalen erscheinen. In der Transportmatrix, deren Erstellung analog zur Materialflussmatrix erfolgt, wird der tatsächliche Transportaufwand auf Basis von Transporteinheiten (TE) angeführt. Zur Erstellung der Entfernungsmatrix ist ein Aufstellungsplan der Betriebsmittel, der die Positionen der Betriebs- und Transportmittel im Ist-Zustand beinhaltet, erforderlich. Für die Entfernungsmatrix sind nur diejenigen Betriebsmittel relevant, zwischen denen Materialflüsse stattfinden, wobei die tatsächlich zurückzulegenden Transportwege aufzunehmen sind. Die Verknüpfung von Transportmatrix und Entfernungsmatrix wird Transportintensitätsmatrix bezeichnet und beinhaltet die Produkte der jeweils korrespondierenden Zelleneinträge. Die Einheit der Transportintensität ist daher Transporteinheit x Meter.⁸⁷

Im Rahmen der Materialflussoptimierung wird abschließend geprüft, ob ein gerichteter Materialfluss grundsätzlich möglich ist. Dafür wird eine Sortierung der Transportmatrix durchgeführt. Ziel dabei ist es durch Zeilen- und Spaltenvertauschung eine obere oder untere Dreiecksform in der Transportmatrix zu erreichen. Bei einer Anordnung der Betriebsmittel entsprechend der Transportmatrix mit oberer Dreiecksform ist gewährleistet, dass es zu keinen Rückflüssen kommt.⁸⁸

Abbildung 5 zeigt beispielhaft einen topologisch sortierten Graph mit der dazugehörigen Transportmatrix in oberer Dreiecksform (Zelleneinträge und Pfeilbeschriftungen beziehen sich auf eine Transporteinheit).

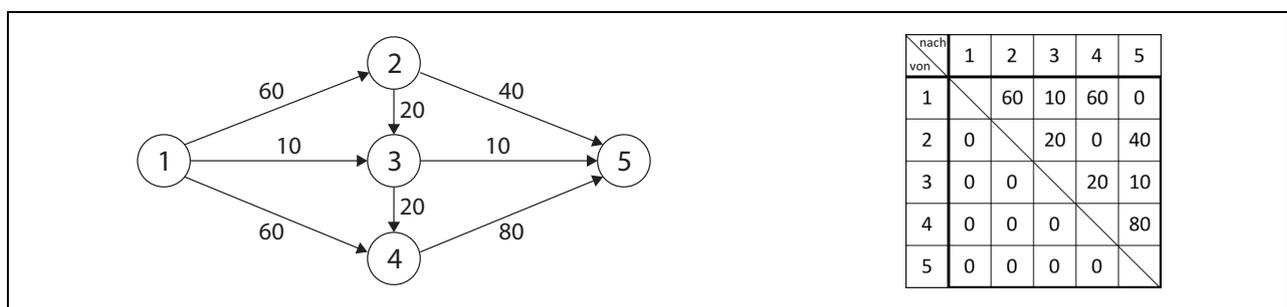


Abbildung 5: Topologisch sortierter Graph mit dazugehöriger Transportmatrix⁸⁹

⁸⁶ Vgl. Martin (2014), S. 33

⁸⁷ Vgl. Arnold et al. (2008), S. 395f

⁸⁸ Vgl. Arnold et al. (2008), S. 396

⁸⁹ Arnold/Furmans (2009), S. 73, eigene Darstellung

2.5 Grobplanung

Die Grobplanung ist die kreativste und wichtigste Phase eines Fabrikplanungsprozesses. Hier werden die in der Zielplanung erarbeiteten Kriterien umgesetzt.⁹⁰

Sie bildet den Kernbereich der Betriebsplanung, in dem das optimale Gesamtkonzept des Projektes in groben Zügen ermittelt wird. Die Ergebnisse der Strukturentwicklung und -dimensionierung sowie des Materialfluss- und Flächenplanes sind vorwiegend abstrakter Natur. In der Groblayoutplanung werden diese abstrakten Ergebnisse in konkrete, grundrissmäßig und räumlich definierte Form gebracht.⁹¹

2.5.1 Strukturentwicklung

Die Aufgabe der Strukturentwicklung ist die technologisch, organisatorisch und ökonomisch sinnvolle Bildung funktionstüchtiger Struktureinheiten. Die Strukturplanung unterteilt sich in die Detailierungsebenen Fabrik, Bereich und System. Die oberste Ebene ist die Fabrikstruktur, für die beispielsweise die Produktgruppen wesentlich sind. Innerhalb jeder Produktgruppe befinden sich auf Bereichsebene mehrere Produkt- oder Kundensegmente, die auf der Systemebene logistisch in beispielsweise Läufer (hohe Stückzahlen), Renner (mittlere Stückzahlen) und Exoten (geringe Stückzahlen) segmentiert werden. Produkte mit unterschiedlich hohen Stückzahlen bedürfen unterschiedlicher Logistik- und Fertigungskonzepte. Für Produkte mit mittleren und hohen Stückzahlen eignet sich beispielsweise eine Insel- bzw. Fließfertigung. Für Produkte mit geringen Stückzahlen eignet sich hingegen eine Werkstattfertigung. Auf den Ergebnissen der Strukturentwicklung baut die Strukturdimensionierung auf, bevor die Grobplanung mit der Groblayoutplanung abgeschlossen wird.⁹²

2.5.2 Strukturdimensionierung

Im Zuge der Strukturdimensionierung werden die Anzahl der notwendigen Betriebsmittel, die erforderlichen Flächen sowie das zur Bedienung benötigte Personal bestimmt. Die erforderlichen Eingangsgrößen sind das Produktionsprogramm, die Produkteigenschaften, die zukünftig benötigten bzw. vorhandenen Produktionsmittel sowie die Qualifikation des einzusetzenden Personals. Das Produktionsprogramm stellt die Grundlage für die Berechnung der Ressourcen dar. Um die Berechnung

⁹⁰ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 460

⁹¹ Vgl. Aggteleky (1982), S. 513

⁹² Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 460ff

zukunftsorientiert durchführen zu können, sind neben dem aktuellen Produktionsprogramm Aussagen über die zukünftige Entwicklung der Stückzahlen, die Lebenszyklen der Produkte sowie mögliche zukünftige Produkte erforderlich. Der Zeithorizont beträgt typischerweise 5 Jahre. Bei einer großen Produktvielfalt wird auf Basis eines repräsentativen Produktmixes und des angestrebten Umsatzes der Gesamtkapazitätsbedarf hochgerechnet.⁹³

Als nächstes werden Art, Anzahl, Kapazität und Verfügbarkeit der direkt an der Produktion beteiligten Betriebsmittel festgelegt. Die restlichen Betriebsmittel wie Lager- und innerbetriebliche Fördermittel ergeben sich aus der Anzahl der bereits festgelegten Betriebsmittel und ihrer Flussbeziehungen untereinander.⁹⁴

Die Methodik der Dimensionierung ist zu unterscheiden in:⁹⁵

- **Statische Dimensionierung**
Bezugszeitraum sind dabei in der Regel ganze Jahre. Man rechnet somit mit Durchschnittswerten. Die Bedarfsdynamik innerhalb dieses Zeitraums wird nicht berücksichtigt. Die statische Dimensionierung hat sich in der Praxis mit dieser vereinfachten Betrachtung vielfach als ausreichend erwiesen.
- **Dynamische Dimensionierung**
Hierbei werden die zeitabhängigen Veränderungen wie saisonale Schwankungen oder Neuproduktanläufe berücksichtigt. Durch die hohe Komplexität der Berechnung empfiehlt sich der Einsatz von Simulationssoftware.

Im nächsten Schritt der Strukturdimensionierung wird der Flächenbedarf dieser Betriebsmittel ermittelt. Hinsichtlich erforderlicher Grundstücks- und Gebäudestrukturen und des daraus resultierenden Investitionsbedarfs stellt die Flächenbedarfsermittlung eine Kernaufgabe des Fabrikplanungsprozesses dar. Die Basis für Analysen und Berechnungen zum Flächenbedarf bildet die Flächengliederung (siehe Abbildung 6).⁹⁶

⁹³ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 463ff

⁹⁴ ibidem

⁹⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 88f

⁹⁶ Vgl. Grundig (2013), S. 100

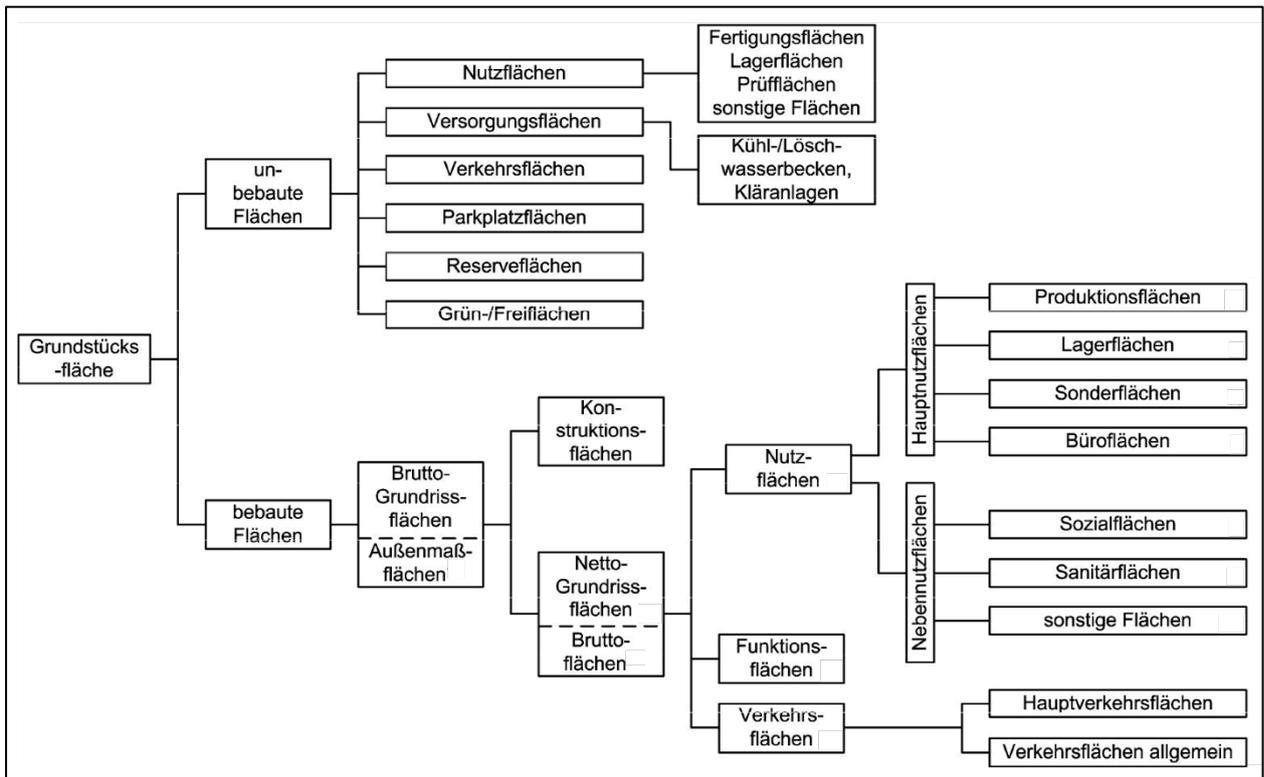


Abbildung 6: Systematische Flächengliederung nach DIN 277⁹⁷

Der Detaillierungsgrad und die Genauigkeitsanforderungen des zu bestimmenden Flächenbedarfs sind vom Planungszeitpunkt abhängig. Welche Ermittlungsmethoden zur Anwendung kommen, ist maßgeblich vom Planungszeitpunkt, Planungsziel und der zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Datenbasis abhängig.⁹⁸

⁹⁷ In Anlehnung an VDI (1991), S. 6

⁹⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 100

Grundsätzlich wird die Ermittlung des Flächenbedarfs für vier Planungsphasen benötigt:⁹⁹

- Bei der Standort- und Umweltstudie zur Feststellung der erforderlichen Grundstücksfläche
- Bei der Generalstrukturplanung zur überschlägigen Festlegung der Bereichsflächen
- Bei der Grobplanung zum Erstellen flächenmaßstäblicher Funktionsschemata der Bereiche und Ermitteln der Gebäudearten
- Bei der Fein- und Ausführungsplanung zum Festlegen der Arbeitsplatzflächen, der Verkehrs- und der Lagerflächen

Zur Ermittlung des Flächenbedarfs der Produktionsflächen kommen einerseits kennzahlenbasierte und andererseits rechnerische Verfahren zur Anwendung. Für die frühen Planungsphasen eignen sich die kennzahlenbasierten Verfahren besser als die rechnerischen Verfahren, da in dieser Planungsphase nur eine Abschätzung des Flächenbedarfs erforderlich ist. Der Flächenbedarf kann entweder absolut (z.B. Produktionsfläche = 3200m²) oder relativ (z. B. Transportfläche = 20% der Produktionsfläche) angegeben werden.¹⁰⁰

Es wird grundsätzlich zwischen zwei Vorgangsweisen unterschieden. Beim Top-Down-Prinzip werden Flächen höherer Ordnung durch Multiplikation mit Verhältniskennzahlen in Flächen niederer Ordnung zerlegt. Beim Bottom-Up-Prinzip hingegen werden Flächen höherer Ordnung durch Multiplikation von Verhältniskennzahlen mit Flächen niederer Ordnung ermittelt.¹⁰¹

Folgende Methoden der Flächenbedarfsermittlung werden hinsichtlich Methodik, erforderlicher Datenbasis, Ergebnisgenauigkeit und Anwendungsbereich unterschieden¹⁰²:

- Globale Ermittlung des Flächenbedarfes
Dabei wird der Flächenbedarf auf Basis von Bezugsgrößen wie Produktionsvolumen, Beschäftigtenanzahl, Ausrüstungsanzahlen, Betriebsgrößen, Branche und Gebäudeart mit Hilfe von Kennzahl- und Richtwertgrößen abgeleitet.¹⁰³

⁹⁹ REFA (1985), S. 234

¹⁰⁰ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 468

¹⁰¹ Vgl. Grundig (2013), S. 102

¹⁰² Vgl. Grundig (2013), S. 102ff

¹⁰³ Vgl. Grundig (2013), S. 102

- Detaillierte Ermittlung des Flächenbedarfes:¹⁰⁴
 - Flächenbedarfsermittlung mittels Flächenfaktoren:
Der Arbeitsplatzflächenbedarf wird von der Maschinengrundfläche durch Multiplikation mit einem Flächenfaktor abgeleitet. Voraussetzung für diese Methode ist die Kenntnis der Maschinengrundfläche.
 - Flächenbedarfsermittlung mittels Ersatzflächen:
Ausgehend von der Maschinengrundfläche wird allen Objektseiten ein Flächenstreifen zugerechnet, sodass überschlagsmäßig eine Arbeitsplatzfläche definiert und ermittelt wird.
 - Flächenbedarfsermittlung mittels Zuschlagsfaktoren:
Dabei wird der Arbeitsplatzflächenbedarf ausgehend von der Maschinengrundfläche abgeleitet und mittels Zuschlagsfaktoren um zusätzliche Flächenbedarfe erweitert. Die Maschinengrundflächen werden in der Regel den Herstellerangaben entnommen, während die Zuschlagsfaktoren für Bedienung, Transport, Wartung, Zwischenlagerung und Bereitstellung aus speziellen Tabellen und Nomogrammen abzuleiten sind. Die berücksichtigten Einflüsse wie Fertigungsform, Fertigungsart und Flächenüberlagerung ermöglichen die Einbringung genauer Vorstellungen bezüglich Werkstattgestaltung.
 - Flächenbedarfsermittlung mittels Probelayout:
Im ersten Schritt werden dabei unter Zuhilfenahme von Kennzahlen erforderliche Grundstücks-, Gebäude- bzw. Nutzflächen bestimmt. Anschließend erfolgt eine experimentelle Ermittlung „günstiger“ räumlicher Zuordnungen innerhalb der Flächenvorgaben. Unter Beachtung von Kriterien wie Materialfluss und Arbeitsgestaltung des Baukörpers werden zwei- oder dreidimensionale Maschinen- bzw. Ausrüstungsmodelle innerhalb der vorgegebenen Flächen verschoben. Aus dem resultierenden flächen- und raummaßstäblichen Probelayout kann der Flächenbedarf durch Ausmessen relativ genau ermittelt werden.
 - Methode der funktionalen Flächenermittlung nach Nestler:
Dieser Methode sind umfangreiche statistische Untersuchungen in Werkstätten klein- und mittelständiger Unternehmen des Maschinenbaus zugrunde gelegt. Die aus den Flächenanforderungen der Ausrüstungen direkt abgeleitete Fertigungsfläche bildet die Bezugsbasis dieser Berechnungsmethode. Ausgehend von der Fertigungsfläche werden anschließend die Teilflächen durch prozentuale Zuschläge berücksichtigt. Die Fertigungsfläche wird dabei aus der Summe aller

¹⁰⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 102ff

Maschinenarbeitsflächen gebildet. Die Maschinengrundfläche zuzüglich Bedien-, Wartungs- und Sicherheitsflächen ergeben die Maschinenarbeitsplatzfläche. Formel 1 zeigt die funktionale Flächenermittlung nach Nestler.

$$F = F_F + F_{ZL} + F_T + F_Z$$

$$F_{ZL} = 0,4 * F_F$$

$$F_T = 0,4 * F_F$$

$$F_Z = 0,2 * F_F$$

$$F = F_F + F_F * 0,4 + F_F * 0,4 + F_F * 0,2$$

F ... Werkstattfläche [m²]

F_F ... Fertigungsfläche [m²]

F_{ZL} ... Zwischenlagerfläche [m²]

F_T ... Transportfläche (Verkehrsfläche) [m²]

F_Z ... Zusatzfläche [m²]

Formel 1: Methode der funktionalen Flächenermittlung¹⁰⁵

- Flächenbedarfsermittlung durch generalisierte Zuschlagsfaktoren:
Dieser Methode ist ein zweistufiges Bottom-Up-Prinzip zugrunde gelegt. Im ersten Schritt erfolgt ausgehend von der Maschinengrundfläche die Ermittlung der Maschinenarbeitsplatzfläche. Anschließend wird die Produktionsfläche durch Multiplikation mit Zuschlagsfaktoren bestimmt. Voraussetzung ist auch hier die Kenntnis der Maschinengrundfläche. Im Vergleich zu den globalen Methoden werden zuverlässigere Bedarfsgrößen erreicht. Formel 2 zeigt die Flächenbedarfsermittlung durch generalisierte Zuschlagsfaktoren.

¹⁰⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 103ff

$$A_{MA} = A_{MG} * f_G$$

$$A_P = A_{MA} * f_A$$

A_{MA} ... Maschinenarbeitsplatzfläche

A_{MG} ... Maschinengrundfläche

A_P ... Produktionsfläche

f_G ... Zuschlagsfaktor für Bereitstellung, Bedienung, Wartung

f_A ... Zuschlagsfaktor für Lager, Transport, Qualitätsicherung

Formel 2: Flächenbedarfsermittlung durch generalisierte Zuschlagsfaktoren¹⁰⁶

Im Zuge der Fabrikplanung ist die flexible Gestaltung der Produktionseinrichtungen und des Layouts zu verfolgen. Die Einführung von Flächenmodulen ermöglicht eine leichte Verlegung von einzelnen Modulen am Modulraster. Es ergibt sich daher eine hohe Flexibilität des Layouts im weiteren Planungsverlauf und späteren Betrieb. Die Flächenmodularisierung birgt den Nachteil eines höheren Flächenaufwandes. Der erhöhte Flächenaufwand und die Vorteile einer höheren zu erwartenden Flexibilität sind abzuwägen.¹⁰⁷

Als Ergebnis der Strukturdimensionierung liegen die dimensionierten Struktureinheiten, das Logistikkonzept sowie ein flächenmaßstäbliches Funktionsschema für die Fabrik vor.¹⁰⁸

2.5.3 Groblayoutplanung

„Ein Layout ist definiert als die räumliche Anordnung von betrieblichen Struktureinheiten.“¹⁰⁹

Mit zunehmender Detaillierung ergeben sich unterschiedliche Arten von Layouts. Das Werkslayout bietet eine Darstellung aller Struktureinheiten eines Fabrikgeländes. Dabei werden Angaben über die Anordnung der Gebäude auf dem Gelände und der Verbindungsstraßen getroffen. Im Groblayout werden einzelne Produktionsbereiche innerhalb eines Fabrikgebäudes dargestellt. Die interne Logistik stellt einen

¹⁰⁶ Vgl. Grundig (2013), S. 105ff

¹⁰⁷ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 470f

¹⁰⁸ Vgl. VDI (2011), S. 13

¹⁰⁹ Arnold et al. (2008), S. 317

wesentlichen Inhalt des Groblayouts (siehe Kapitel 2.5.3) dar, weshalb die Haupttransport- und Hauptmaterialflusswege enthalten sind.¹¹⁰

2.5.3.1 Ideallayout

Die Ideallayoutplanung beinhaltet die Erarbeitung funktionsbezogener, idealisierter Lösungskonzepte durch Auswahl, Dimensionierung und Anordnungsoptimierung von Struktureinheiten.¹¹¹

Das Ideallayout ist eine flussgerechte (-optimale), flächenbezogene, idealisierte, räumliche Anordnung von Struktureinheiten. Einschränkende Faktoren technischer oder wirtschaftlicher Sicht bleiben unberücksichtigt.¹¹²

Es stellt also eine, hinsichtlich Materialfluss, bestmögliche Anordnungslösung dar, ohne anderweitig verursachte Restriktionen zu berücksichtigen. Im Ideallayout ist eine flächen- und raumneutrale Anordnung der Objekte innerhalb vorgegebener Gebäudestrukturen zu entwickeln. Dies geschieht unter dem Gesichtspunkt der Materialflussorientierung durch Distanzminimierung. Distanzminimierung bedeutet, die Objekte so anzuordnen, dass der Gesamttransportaufwand minimal wird. Die Kernziele hierbei sind daher die Sicherung eines weitgehend einheitlich richtungsorientierten Materialflusses und die Distanzminimale räumliche Anordnung der Struktureinheiten, zwischen denen ein hoher Transportaufwand zu realisieren ist.¹¹³

Der Ideallayoutplanung sind folgende Eingangsgrößen zugrunde gelegt:¹¹⁴

- Typ und Anzahl der Struktureinheiten (Objekte)
- Qualitative und quantitative Vernetzung der Struktureinheiten (Funktionsschema, Operationsfolgediagramm, Materialfluss-, Transportmatrizen, Sankey-Diagramm)
- Strukturelle Grundgestalt der Anordnung – Strukturtyp/Fertigungsform
- Flächenangaben je Struktureinheit
- Objektabstände (Distanzmatrix)

Mit diesen Informationen sind Layoutvarianten so zu erstellen, dass die jeweils entwickelten Anordnungen den Fabrikzielen sowie den Anforderungen des Kommunikations- und Logistikkonzepts bestmöglich entsprechen. Auf Basis dieser

¹¹⁰ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 471

¹¹¹ Vgl. Grundig (2013), S. 43

¹¹² Vgl. Schenk/Wirth (2004), S. 336

¹¹³ Vgl. Grundig (2013), S. 119

¹¹⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 161

Ideallayouts sind ideale Gebäudehüllen in Varianten zu skizzieren und zu bewerten. Ideallayoutvarianten mit einem jeweiligen Entwurf der Gebäudehülle bilden das Ergebnis dieser Phase.¹¹⁵

Es ist dabei wesentlich die Flächen entsprechend den Zielkriterien aneinanderzusetzen und eine weitgehend geschlossene Außenkontur zu erreichen. Gegebenenfalls können Flussrichtung sowie Zu- und Abfluss berücksichtigt werden. Im Zuge der Ideallayoutplanung kommt es zum Zuordnungsproblem in der Layoutplanung bei Netzstrukturen. Hierfür wurden unterschiedliche mathematische sowie grafische Modelle bzw. Verfahren entwickelt.¹¹⁶

Formel 3 zeigt die Formulierung der allgemeinen Zielfunktion der materialflussoptimalen Anordnung.

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} s_{ij}$$

s_{ij} ... Distanz [Meter]

m_{ij} ... Transportmenge [Transporteinheiten]

n ... Anzahl der Struktureinheiten

i, j ... Struktureinheiten

Z ... Gesamttransportaufwand [Meter * Transporteinheiten]

Formel 3: Zielfunktion der materialflussoptimalen Anordnung¹¹⁷

Ziel der materialflussoptimalen Anordnung der Struktureinheiten ist die Minimierung der Summe der Produkte aus den Transportmengen m_{ij} und den entsprechenden Distanzen s_{ij} zwischen allen n Struktureinheiten i und j . Das bedeutet, es ist die Anordnung der Struktureinheiten zu finden, bei der der Gesamttransportaufwand [Meter * Transporteinheit] ein Minimum ist.¹¹⁸

¹¹⁵ Vgl. VDI (2011), S. 14

¹¹⁶ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 472

¹¹⁷ Grundig (2013), S. 160

¹¹⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 160

Analytische Verfahren der materialflussoptimalen Anordnung der Struktureinheiten sind:¹¹⁹

- Entscheidungsbaumverfahren
- Verfahren der Enumeration
- Branch-and-bound-Verfahren

Abbildung 7 zeigt die Gliederung der heuristischen und grafischen Verfahren der materialflussorientierten Anordnung von Struktureinheiten.

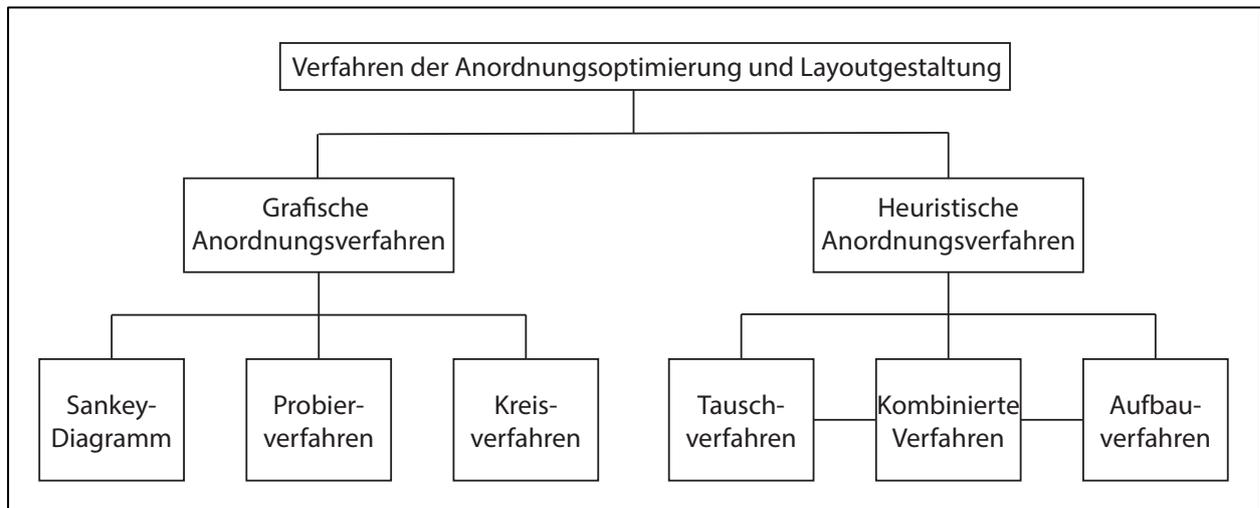


Abbildung 7: Methoden zur materialflussorientierten Anordnung von Struktureinheiten¹²⁰

Heuristische Verfahren:

- Tauschverfahren:
Ausgehend von einer manuell erstellten Anordnung der Objekte wird durch schrittweises Vertauschen der Objekte die Anordnung mit dem geringsten Transportaufwand bestimmt.¹²¹
- Aufbauverfahren (Konstruktionsverfahren):
Das bekannteste Aufbauverfahren repräsentiert das modifizierte Dreiecksverfahren nach Schmigalla (siehe Abbildung 8). Hierbei wird im ersten Schritt basierend auf einer Transportmatrix das Objektpaar mit der größten Transportintensität auf definierten Plätzen im Drei- oder Viereckraster positioniert. In den Folgeschritten werden die Objekte, die zu den bereits

¹¹⁹ Vgl. Grundig (2013), S. 164

¹²⁰ In Anlehnung an Arnold et al. (2008), S. 319, eigene Darstellung

¹²¹ Vgl. Grundig (2013), S. 164ff

positionierten Objekten die größte Transportintensität besitzen, ausgewählt und auf dem nächsten freien Rasterpunkt angeordnet.¹²²

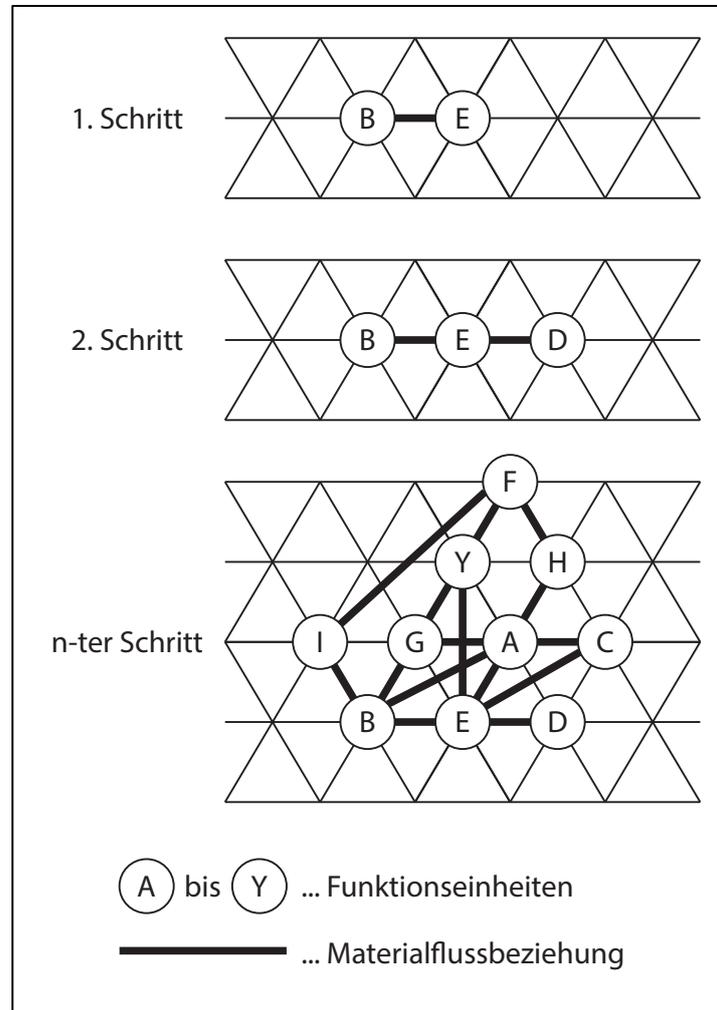


Abbildung 8: Aufbauverfahren nach Schmigalla¹²³

- **Kombinierte Verfahren:**
Die kombinierten Verfahren verbinden die Vorteile der Vertauschungsverfahren mit denen der Aufbauverfahren. Begonnen wird mit der Anordnung nach dem Aufbauverfahren. Anschließend erfolgt eine Optimierung mittels Vertauschungsverfahren.¹²⁴

¹²² Vgl. Schmigalla (1970), S. 119f

¹²³ Grundig (2013), S. 165, eigene Darstellung

¹²⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 164ff

Die heuristischen Verfahren sind systematische Probiervmethoden, die unter dem Einsatz von einfachen Rechenvorschriften eine dem Optimum nahe kommende Lösung erreichen.¹²⁵

Grafische Verfahren:

- Kreisverfahren nach Schwerdtfeger
 Hierbei werden die Objekte in Kreisform angeordnet und die Materialflussbeziehungen durch Pfeile bzw. Verbindungslinien dargestellt (siehe Abbildung 9). Die Stärke der Verbindungslinien entspricht dabei der Transportintensität. Ziel ist die abstandsminimale und tangential am Kreis verlaufende Anordnung der Objekte mit den transportintensivsten Verknüpfungen, während die transport-schwächeren Verknüpfungen durch den Kreis verlaufen. Es werden also Schritt für Schritt die Objekte mit den größten Transportintensitäten im Kreis nebeneinander angeordnet bis nur noch Materialflussbeziehungen mit niedriger Transportintensität durch den Kreis verlaufen. In Abbildung 9 werden zuerst die Objekte 4,1,3 und 7 nebeneinander angeordnet, da zwischen diesen Objekten die größten Transportintensitäten vorliegen. Danach werden die restlichen Objekte so angeordnet, dass möglichst wenige Materialflussbeziehungen durch den Kreis verlaufen.¹²⁶

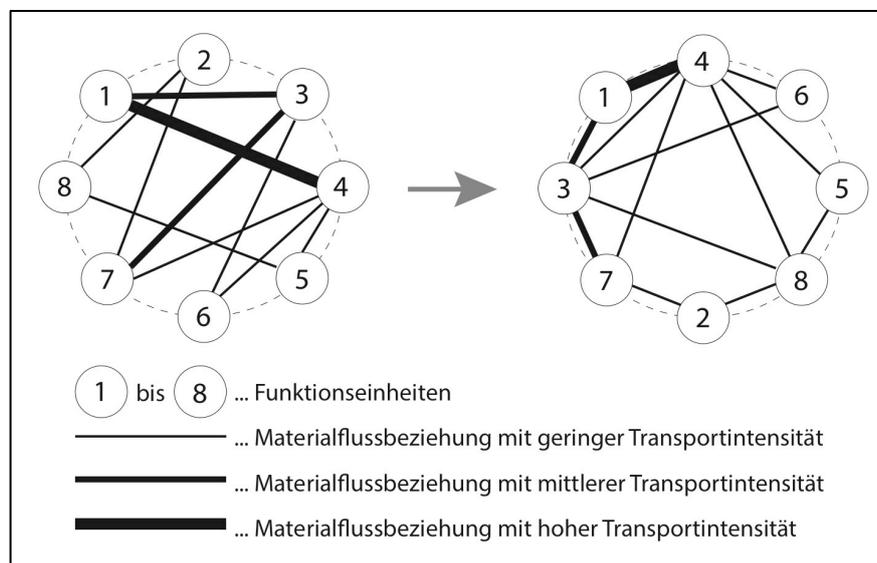


Abbildung 9: Kreisverfahren nach Schwerdtfeger¹²⁷

¹²⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 164

¹²⁶ Vgl. Grundig (2013), S. 166

¹²⁷ Grundig (2013), S. 166, eigene Darstellung

- Sankey-Diagramm

Ein Sankey-Diagramm stellt die Materialflüsse zwischen den Struktureinheiten dar, wobei die Breite der Verbindungslinien proportional der transportierten Menge je Zeiteinheit ist. Ziel ist es, die „breiten“ Verbindungen möglichst kurz zu halten. Da dieses Verfahren bei einer großen Anzahl von Struktureinheiten unübersichtlich wird, eignet es sich nur zur Ermittlung grober Zuordnungen.¹²⁸ Abbildung 10 zeigt ein Beispiel eines Sankey-Diagrammes.

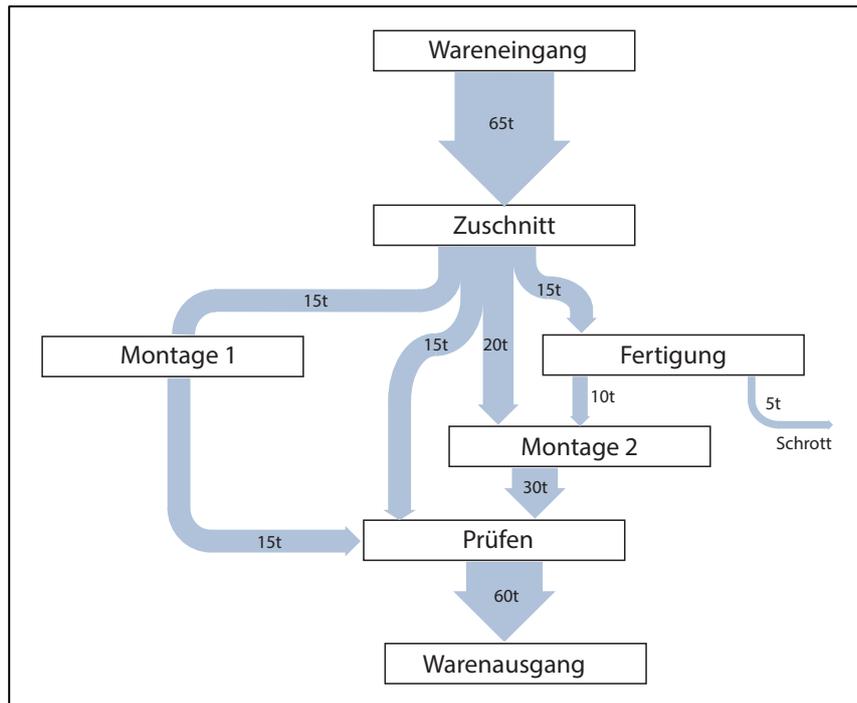


Abbildung 10: Beispiel eines Sankey-Diagrammes¹²⁹

- Probiervverfahren

Beim Probiervverfahren werden maßstäbliche Schablonen solange positioniert, bis eine flussgerechte Anordnung gefunden ist.¹³⁰

Das so gewonnene 2D-Layout kann nun in ein 3D-Layout übergeführt werden, um eine räumliche Vorstellung der Anordnung der Struktureinheiten zu erreichen. Des Weiteren entstehen erste Vorstellungen des Baukörpers.¹³¹

¹²⁸ Vgl. Arnold et al. (2008), S. 319

¹²⁹ In Anlehnung an Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 458, eigene Darstellung

¹³⁰ Vgl. Arnold et al. (2008), S. 319

¹³¹ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 473

Mit der von Restriktionen gelösten Sichtweise der Ideallayoutplanung werden grundsätzlich zwei Zielsetzungen verfolgt. Einerseits soll eine Loslösung von Betriebsblindheit und der, zufolge bestehender Gegebenheiten, entstehenden Nachteile erfolgen. Andererseits soll die Ideallayoutplanung zur weitgehenden Verwirklichung der Vorteile des Ideallayouts bei der Realplanung veranlassen. Es wird die Umsetzung von mindestens einer Groblayoutvariante nach dem Ideallayout empfohlen.¹³²

Das Ideallayout stellt eine idealisierte Ausgangslösung dar, die für die Real- bzw. Feinplanung in den meisten Fällen einer deutlichen Überarbeitung bedarf.¹³³

2.5.3.2 Reallayout

„Die Realplanung dient der Erzeugung und Bewertung von Layout- und Gebäudevarianten unter Einbeziehung aller Restriktionen.“¹³⁴

Während der Planung des Reallayouts erfolgt der Layoutanpassungsprozess. Dabei werden die Ideallayoutvarianten unter Beachtung einer Vielzahl von Einflussfaktoren detailliert, verändert und erweitert. Ziel ist die funktionsgerechte Einordnung der Struktureinheiten und Anordnungsformen in reale Flächen- und Raumstrukturen.¹³⁵

Die entstehenden Varianten genügen den Restriktionen und realen Gegebenheiten und streben die Erfüllung der Fabrikziele an. Die unterschiedliche Berücksichtigung konkurrierender Ziele führt zu Lösungsvarianten mit unterschiedlichem Fokus. Diese Lösungsvarianten werden anschließend nach gewichteten Bewertungskriterien monetär, quantitativ und qualitativ bewertet, wobei die monetäre Bewertung durch eine Kostenabschätzung für Investitionen erfolgt. Monetäre, quantitative und qualitative Bewertung sind zum Variantenvergleich zusammenzuführen, um die Vorzugsvarianten zu bestimmen.¹³⁶

¹³² Vgl. Aggteleky (1982), S. 580f

¹³³ Vgl. Grundig (2013), S. 166

¹³⁴ Vgl. VDI (2011), S. 14

¹³⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 167

¹³⁶ Vgl. VDI (2011), S. 14

Die Vorgehensweise der Realplanung wird wie folgt gegliedert:¹³⁷

1. Entwurf Reallayout (Varianten)

Anpassung Ideallayout unter Beachtung von Anpassungsfaktoren und Materialflussgrundsätzen an reale Flächen- und Raumstrukturen durch Entwurf alternativer Lösungsvarianten (Reallayoutvarianten)

2. Zuordnung Logistikelemente

Auswahl und Zuordnung von Logistikelementen zur Materialflusskopplung (Schnittstellen) von Funktionseinheiten basierend auf der Materialflussvernetzung und realen Flächen- und Raumstrukturen

3. Variantenauswahl – Vorzugsvariante

Bewertung von Lösungsvarianten und Ableitung der Vorzugsvariante.

Der Layoutanpassungsprozess ist vom jeweils vorliegenden Planungsgrundfall und der jeweiligen Planungsphase der Layoutplanung abhängig. In einem ersten Schritt wird, wie erwähnt, versucht, das Ideallayout innerhalb der vorgegebenen realen Flächen- und Raumstruktur umzusetzen. Im Regelfall ist dabei eine Umordnung von Struktur- und Flächeneinheiten erforderlich. Diese Umordnung geschieht unter Beachtung und Wertigkeitsabwägung von Anpassungsfaktoren und Materialflussgrundsätzen.¹³⁸

Anpassungsfaktoren:¹³⁹

- Anpassung an Gebäudestrukturen
- Anordnung von Funktionseinheiten nur auf zugeordneten Funktionszonen
- Funktionsgerechte, ortsflexible, installationsflexible Anordnung der Funktionseinheiten
- Anschlusspunkte Ver- und Entsorgungstechnik
- Funktionell bedingte räumliche Zusammenfassung von Funktionseinheiten
- Funktionell bedingte Auftrennung von Funktionseinheiten
- Auswahl, Dimensionierung und Einordnung von Logistikelementen
- Anordnung allgemeiner Funktions- und Sozialbereiche wegminimal bei Sichtkontakt
- Einhaltung von allgemeinen Zuordnungs- und Standortpräferenzen wie:
 - Wareneingang, Eingangslager am Materialflussbeginn
 - Werkzeug- und Vorrichtungslager nahe Produktionsbereich
 - Ver- und Entsorgungstechniken an den Randbereich im Layout

¹³⁷ Grundig (2013), S. 167

¹³⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 169

¹³⁹ Vgl. Grundig (2013), S. 171ff

- Produktionsvorbereitende und Controlling-Bereiche nahe Produktionsbereich
- Warenausgang und Ausgangslager am Materialflussende
- Anordnung und Dimensionierung von Türen, Toren, verkehrs- und weggerechte Durchfahrten
- Grobkonzeption Prinzipien der Ablauforganisation
- Sicherung kommunikationsgerechter Anordnungsstrukturen
- Beachtung gesetzlicher Bestimmungen
- Sicherung der Erweiterungsfähigkeit
 - Grundstückerweiterung
 - Nutzungsbedingte Erweiterungen innerhalb Grundstück
- Sicherung der Flexibilität von Gebäude bzw. Layout
 - Flexibilität gegenüber geplanten/adhoc erforderlichen Ausbaustufen/Erweiterungen
 - Flexibilität gegenüber Anlagenaustausch
 - Flexibilität gegenüber Produktionsprogrammschwankungen

Klassische Möglichkeiten die Flexibilität des Layouts zu gewährleisten sind große Gebäudestützweiten sowie Fixpunkte in Kernbereichen. Eine bewusste Überdimensionierung baukonstruktiver Kenngrößen wie beispielsweise die Deckentragfähigkeit, Stützenrasterweite, Raumhöhe stellen eine weitere Möglichkeit dar, ist jedoch mit erhöhten Gebäudekosten verbunden.¹⁴⁰

Materialflussgrundsätze:¹⁴¹

- Bereichsanordnung in Gebäuden, flussorientiert in Vorwärtsrichtung (rückflussarm, kreuzungsfrei)
- Durchsetzung des richtungsorientierten Flussprinzips
- Minimierung der erforderlichen Förder-, Lager- und Bereitstellungsflächen sowie Festlegung von Haupttransportachsen
- Sicherung eines einheitliche gerichteten Materialflusses
 - Vorwärtslauf entsprechend der Produktionslogistik
 - Materialfluss transportwegminimal bei Vermeidung von Gegenläufigkeiten, Rückflüssen und Kreuzungen
- räumlich zentrale oder dezentrale Einordnung der Lager, möglichst räumlich konzentriert

¹⁴⁰ Vgl. Grundig (2013), S. 173f

¹⁴¹ Vgl. Grundig (2013), S. 174

- Sicherung einer Materialflussanbindung der unterschiedlichen Bereiche
- Gliederung Werkstätten/Bereiche in ein orthogonales Netz von Haupt- und Nebenverkehrswegen bei Bildung durchgängiger Maschinenstreifen
- Erweiterungsmöglichkeiten im Materialfluss vorsehen
- Transportwegbreiten ausreichend festlegen

Nach erfolgter Ermittlung der idealen und realen Anordnungsstrukturen im Rahmen der Struktur- bzw. Layoutplanung, sind die Kopplungselemente zwischen den Struktureinheiten festzulegen. Die Zuordnung der Logistikelemente erfolgt im Zuge des Layoutanpassungsprozesses der Realplanung. Dabei gilt es die Ausrüstungswahl der Logistikelemente nachfolgender Logistikprozesse vorzunehmen und diese in die jeweilige Lösungsvariante funktions- und raumbezogen einzuordnen.¹⁴²

Folgende Elemente müssen festgelegt werden:¹⁴³

- Förderprozesse
 - Festlegung von Förder- und Lagerhilfsmitteln
 - Bestimmung erforderlicher Fördermittel
- Lagerprozesse
 - Bestimmung erforderlicher Lagermittel

Die Auswahl der Logistikelemente führt in der Regel zu einer massiven Beeinflussung bzw. zu Veränderungen der Layoutstrukturen. Ziel ist prinzipiell die ganzheitliche Gestaltung der Materialflussprozesse. Das bedeutet, dass eine Ausbildung von unternehmensübergreifenden Materialflussketten erforderlich ist. Es sind unternehmensinterne sowie unternehmensexterne Materialflussprozesse zu berücksichtigen. Punktuelle Lösungen, die nur zu Teiloptimierungen führen und den Gesamtprozess unbeeinflusst lassen, sind zu vermeiden.¹⁴⁴

2.5.3.3 Bewertung der Layoutvarianten

Die durch den Anpassungsprozess entstandenen Varianten sind hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile zu bewerten. Die Bewertung der Reallayoutvarianten unterliegt einer Vielzahl von Kriterien, wodurch ein mehrdimensionales Entscheidungsproblem vorliegt. Eine Bewertung erfolgt anhand quantitativer oder qualitativer Größen, welche durch monetäre und nichtmonetäre Elemente charakterisiert werden. Der Vorgang der Bewertung erfolgt durch Gegenüberstellung und vergleichende Bewertung. Ziel ist die

¹⁴² Vgl. Grundig (2013), S. 182

¹⁴³ ibidem

¹⁴⁴ ibidem

begründete Auswahl einer Vorzugsvariante. Zu beachten ist, dass viele Bewertungskriterien qualitativer Art sind und die Bewertung stark subjektiven Charakter besitzt.¹⁴⁵

Die Festlegung der Bewertungskriterien hat das Ziel Vorgaben zur Kostenermittlung und einen Bewertungsmaßstab für Planungsvarianten zur Verfügung zu stellen. Dabei erfolgt eine zu den Fabrikzielen passende Bestimmung von quantitativen und qualitativen Bewertungskriterien, die relativ zueinander zu gewichten sind.¹⁴⁶

In der Praxis kommen meist die zwei folgenden Bewertungsmethoden zur Anwendung:¹⁴⁷

- Nutzwertanalyse
- Punktbewertung

Nutzwertanalyse:

Die Nutzwertanalyse ermöglicht den monetär nicht quantifizierbaren Nutzen einer Lösungsvariante durch Bewertungen zu quantifizieren, um damit eine Auswahlentscheidung zu unterstützen.¹⁴⁸

Im ersten Schritt wird eine hinreichende Anzahl von relevanten Bewertungskriterien festgelegt und eine Gewichtung dieser Kriterien durchgeführt. Im nächsten Schritt werden die unterschiedlichen Varianten anhand der Kriterien bewertet. In der Regel wird eine Skala von 1 bis 5 gewählt. Die Erfüllung eines Kriteriums wird mit 5 bewertet. Die gewichtete Bewertung ergibt sich aus der Multiplikation der Kriteriengewichtung und der relativen Bewertung (Quotient aus der Bewertungsziffer und dem Maximalwert der Bewertungsskala). Die Summe der gewichteten Bewertung je Variante stellt den Nutzwert dar. Der Nutzwert gibt an wie viel Prozent der maximal möglichen Bewertung eine Variante erreicht hat.¹⁴⁹

Die Nutzwertanalyse ist die einzige universell einsetzbare Methode der Entscheidungsfindung, bei der sowohl quantifizierbare als auch nicht quantifizierbare Einflussgrößen auf einfache Weise verarbeitet werden.¹⁵⁰

¹⁴⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 201

¹⁴⁶ Vgl. VDI (2011), S. 10f

¹⁴⁷ Vgl. Grundig (2013), S. 201ff

¹⁴⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 203

¹⁴⁹ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 480

¹⁵⁰ Vgl. Aggteleky (1982), S. 338

Sie kann im Fabrikplanungsprozess in folgenden Prozessen eingesetzt werden:¹⁵¹

- Standortbestimmung
- Festlegung des Generalbebauungsplanes
- Auswertung von Layoutvarianten
- Verfahrensvergleich zwischen verschiedenen Fertigungstechniken
- Auswahl von Diversifikationsmöglichkeiten

Punktbewertung:

Der Punktbewertung ist ein stark vereinfachtes Bewertungs- und Auswahlprinzip zugrunde gelegt. Dabei wird mit Hilfe nur weniger aber entscheidender Bewertungskriterien mit gewissen Mindestanforderungen eine Bewertung durchgeführt. Die Rangfolge der Layoutvarianten basiert auf einer Punktvergabe hinsichtlich Erfüllungsgrad der Anforderungen. Der Erfüllungsgrad richtet sich danach, ob eine Variante die Anforderung voll, teilweise oder nicht erfüllt.¹⁵²

Bei den erwähnten Bewertungsmethoden ist zu berücksichtigen, dass die Vorzugsvariante zwar hinsichtlich des zu erwartenden Nutzens eine günstige Lösung darstellt, jedoch nicht zwingendermaßen auch die beste Lösung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit sein muss. Es sind grundsätzlich die Varianten zu bevorzugen, die bei geringen Aufwänden den höchsten Nutzen sichern.¹⁵³

2.5.3.4 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Zusätzlich zu den Bewertungsmethoden, die eine Bewertung und Auswahl der Layoutvarianten hinsichtlich ihres Nutzens ermöglichen, sind Wirtschaftlichkeitsberechnungen im Rahmen von Investitionsentscheidungen durchzuführen.¹⁵⁴

Im Rahmen eines Fabrikplanungsprozesses durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnungen unterliegen aufgrund ihres überwiegend mittel- und langfristigen Charakters besonderen Risiken und Unsicherheiten. Mit zunehmendem Betrachtungszeitraum steigen die Unsicherheiten bezüglich Aussagegenauigkeit

¹⁵¹ Vgl. Aggteleky (1982), S. 338

¹⁵² Vgl. Grundig (2013), S. 204

¹⁵³ ibidem

¹⁵⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 206f

und -stabilität. Um Unsicherheiten und Risiken zu reduzieren kommen die folgenden Methoden zur Anwendung:¹⁵⁵

- Ansatz von Vorsichtsabschlägen bzw. -zuschlägen
- Ansatz von Wahrscheinlichkeiten spezieller Parameter
- Ansatz pauschaler Wahrscheinlichkeiten
- Durchführung von Sensitivitätsanalysen

Es ist daher unumgänglich betriebswirtschaftliche Kompetenz ins Planungsteam einzubeziehen.¹⁵⁶

Das Ergebnis der Groblayoutplanung bildet ein realisierbares Fabrikkonzept mit Groblayout und einen Vorentwurf des Gebäudes.¹⁵⁷

Dieses Ergebnis, häufig als Feasibility-Studie bezeichnet, stellt eine Optimierungs- bzw. Projektstudie zur Bestimmung technisch-wirtschaftlich optimaler Lösungen dar. Die Feasibility-Studie bildet die wesentliche Grundlage für die nun erforderlichen Unternehmensentscheidungen bezüglich Projektfortführung, -korrektur oder -abbruch. Eingriffe in der Grobplanungsphase sind hinsichtlich Aufwand zulässig und üblich. Eingriffe in der folgenden Feinplanung sind wesentlich folgenschwerer und aufwendiger, und daher weitgehend zu vermeiden.¹⁵⁸

2.6 Feinplanung

Ziel der Feinplanungsphase ist es aufbauend auf den Ergebnissen und Entscheidungen der Grobplanungsphase detaillierte Problemstellungen und Erweiterungen zu erarbeiten. Die Projektlösung soll dabei die Qualitätsstufe Ausführungs- bzw. Umsetzungsreife erreichen.¹⁵⁹

Im Zuge der Feinplanung wird die ausgewählte Variante des Groblayouts ausgeplant. Dabei erfolgt eine detaillierte Beschreibung sowie grafische Darstellung aller Elemente der Fabrik. Inhalt ist die Fertigstellung der Ausführungspläne der Gebäude, Kostenberechnungen, Lastenhefte der Betriebsmittel, Kommunikations- und Logistikkonzept durch Prozessbeschreibung, der Arbeitsorganisation der Fabrik sowie der behördlichen Genehmigungsanträge. Des Weiteren erfolgt die detaillierte Planung

¹⁵⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 207

¹⁵⁶ ibidem

¹⁵⁷ Vgl. VDI (2011), S. 14

¹⁵⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 207f

¹⁵⁹ Vgl. Grundig (2013), S. 208

der Materialflüsse, der Informationsflüsse und der Kommunikationsflüsse in Form von Prozessdarstellungen und Prozessbeschreibungen. Darin sind die Zuordnung von Produkten und Ressourcen zu den Prozessen, die Abfolge der Prozessschritte, deren organisatorische Eingliederung, sowie die jeweils eingesetzten Arbeitshilfsmittel beschrieben. Darauf aufbauend erfolgen die Gestaltung der Arbeitsorganisation und die Definition der Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter. Durch Anpassung und Detaillierung erfolgt die Überführung des Groblayouts in ein Feinlayout. Unter Berücksichtigung der Einordnung der Betriebsmittel in die Gebäudestrukturen sowie der Medienversorgung erfolgt eine Konkretisierung der zeichnerischen Darstellung des Gebäudes. Aufbauend auf den vorliegenden Planungsergebnissen ist anschließend eine Kostenberechnung zu erstellen.¹⁶⁰

In der Feinplanungsphase muss ein anforderungsgerechtes und störungsfreies Zusammenwirken von Mensch, Betriebsmittel und Material an jedem Arbeitsplatz gewährleistet werden. Die Ergebnisse der Feinplanungsphase bilden die Grundlage für Entscheidungen zur Projektfreigabe für die Folgeschritte der Projektumsetzung.¹⁶¹

2.6.1 Verkehrswegesystem

Wesentlicher Bestandteil der Feinplanung ist die Gestaltung des Verkehrswegesystems innerhalb der Fabrik. Über dieses Verkehrswegesystem wird der gesamte Material- und Personenfluss abgewickelt. Grundsätzlich sind Last- und Leerfahrten zu unterscheiden, welche sich möglichst nicht begegnen oder kreuzen sollen, um Kollisionen und Verzögerungen zu vermeiden.¹⁶²

Folgende Punkte sind bei der Anordnung der Verkehrswege zu berücksichtigen:¹⁶³

- Sicherstellung einer einfachen Anbindung der Struktureinheiten
- Sicherstellung einer guten Flächennutzung
- Unterstützung der Kommunikation
- Vermeidung von Kreuzungen von Last- und Leerfahrten
- Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen insbesondere hinsichtlich Flucht- und Rettungswege

¹⁶⁰ Vgl. VDI (2011), S. 15f

¹⁶¹ Vgl. Grundig (2013), S. 209

¹⁶² Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 482

¹⁶³ ibidem

Die Planung des Verkehrswegesystems beeinflusst neben der logistischen Qualität des Layouts auch unmittelbar die Gebäudegestaltung. Die Abstimmung mit der Gebäudegestaltung ist daher unumgänglich.¹⁶⁴

2.6.2 Feinlayoutplanung

In der Feinlayoutplanung erfolgt die Detailierung des Groblayouts. Wesentliche Bearbeitungsinhalte sind:¹⁶⁵

- Maßgenaue Feindarstellung von Raum- und Flächenstrukturen
- Maßgenaue Grundrissgeometrie der räumlichen Feinanordnung von Arbeitsplätzen, Bearbeitungstechniken und Anlagenkomplexen, Einbauten und Einrichtungsobjekten
- Maßgenaue Einordnung von Förder- und Lagertechnik
- Maßgenaue Einordnung der Ver- und Entsorgungstechnik
- Kenntlichmachung der Zuordnung von Arbeitskräften zum Arbeitsplatz
- Maßstäbliche Darstellung von Feinlayout-Übersichten
- Eintragung von Hauptmaterialflusstströmen
- Markierung von Anschlussstellen für Medienabgriff
- Detaillierte Strukturen der Arbeitsplätze

Im Feinlayout sind alle Bereiche verbindlich dimensioniert und die architektonischen, technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Probleme bauantragsreif abgeklärt. Eventuell auftretende Unverträglichkeiten hinsichtlich Kapazitäts- beziehungsweise Leistungsunterschiede, klimatische Bedingungen und Störfaktoren wie beispielsweise Schwingungen und Dämpfe sind beseitigt. Des Weiteren erfolgt eine Koordination der zu erarbeitenden fachspezifischen Pläne und Unterlagen der Bereiche Bauplanung, Betriebsplanung, Terminplanung und Kostenplanung.¹⁶⁶

Die Gesamtheit der erstellten Unterlagen bildet das Ausführungsprojekt der Planungslösung. Es ist daher eine exakte, ausführungsfähige Endgestaltung der Lösung. Je genauer die Feinplanung durchgeführt wurde, desto einfacher und schneller kann die Lösung umgesetzt werden.¹⁶⁷

¹⁶⁴ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 482

¹⁶⁵ Vgl. Grundig (2013), S. 216

¹⁶⁶ Vgl. REFA (1985), S. 208f

¹⁶⁷ Vgl. Grundig (2013), S. 216

2.7 Ausführungsplanung

Die Ausführungsplanung enthält alle vorbereitenden Aktivitäten zur baulichen Realisierung des Planungsvorhabens. Basierend auf den Leistungsbeschreibungen aller Elemente der Fabrik wird die Vergabe an die Lieferanten organisiert sowie die Umsetzung geplant.¹⁶⁸

Die Ausführungsplanung basiert auf der vorangegangenen Feinplanung und beinhaltet folgende Aufgabenschwerpunkte:¹⁶⁹

- Prüfen und Bereinigen der vorhandenen Planungsunterlagen
- Fortführen der Bauplanung: Detaillieren der Baupläne, Erstellen von Leistungsverzeichnissen, Festlegen der Bauabschnitte
- Fortführen der Betriebsplanung: Ausarbeiten der Bedarfslisten, Detaillieren der Montagepläne für die Betriebsbereiche
- Ausschreibung, Angebote, Auftragsvergabe

Es sind also alle vorbereitenden, planungsseitigen Aktivitäten für die organisatorische, technische und bauliche Realisierung des Planungsobjektes enthalten. Die Ausführungsplanung hat das Ziel der termingerechten Umsetzung des Planungsobjektes.¹⁷⁰

2.8 Ausführung

Im Rahmen der Ausführung erfolgt die Erstellung der baulichen Anlagen, Bauwerke und Installationen, der Montage der technischen Anlagen und Einrichtungen sowie die Durchführung der Umzüge.¹⁷¹

Abbildung 11 zeigt die Gliederung der Ausführung.

¹⁶⁸ Vgl. REFA (1985), S. 222

¹⁶⁹ REFA (1985), S. 222

¹⁷⁰ Vgl. Grundig (2013), S. 217

¹⁷¹ Vgl. REFA (1985), S. 229

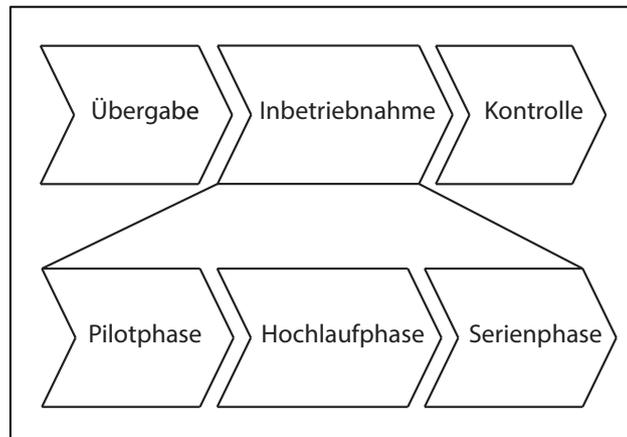


Abbildung 11: Gliederung der Ausführung¹⁷²

Mit dem Erreichen der Serienphase ist der formale Projektabschluss gegeben. Abschließend erfolgen Kontrolle und Bewertung des Planungsprozesses hinsichtlich des Erfüllungsgrades der anfänglich formulierten Projektziele. Teil der Bewertung ist eine Ursachenanalyse von Zielabweichungen wie beispielsweise Terminverzögerungen oder Kostenüberschreitungen. Des Weiteren erfolgt eine Aufbereitung und Dokumentation des während des Fabrikplanungsprozesses neu erworbenen Wissens zur Nutzbarmachung für künftige Anwendungen. Zusammengefasst wird dies in der Abschlussdokumentation des Projektes.¹⁷³

Der folgende Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse des Projektes mit der Firma Sorger. Neben der Betriebsanalyse durch Primär- und Sekundärdatenerhebung werden Optimierungspotentiale aufgezeigt, ein Anforderungskatalog erstellt und konkrete Handlungsempfehlungen an die Geschäftsführung der Firma Sorger abgegeben. Abschließend werden basierend auf den Ergebnissen Layoutvarianten erstellt, gegenübergestellt und bewertet.

¹⁷² In Anlehnung an Grundig (2013), S. 219f, eigene Darstellung

¹⁷³ Vgl. VDI (2011), S. 21f

3 Analyse des Produktionsprogrammes

Das Produktionsprogramm stellt eine entscheidende Ausgangsbasis für den Betriebsstättenplanungsprozess dar und bildet den Kern wesentlicher aufwands- und strukturbezogener Planungsinhalte. Durch das Produktionsprogramm erfolgt die Festlegung des Leistungsumfanges der Produktion.¹⁷⁴ Seitens Sorger wurden sechs Hauptprodukte (Tiefkühl-Topfentascherl, Tiefkühl-Nussschnecke, Tiefkühl-Gustospitz, Dinkelkuchen, Knusperspitz, Bio-Roggenbrot) genannt. Da diese Produkte einen zu geringen Anteil des Gesamtumsatzes abdecken, wurden Produktgruppen gebildet. Dabei wurden Produkte mit ähnlichen Produktionsprozessen den sechs Hauptprodukten zugeordnet. Mit diesen Produktgruppen werden 2013 62% und 2018 66% der Jahresumsätze abgedeckt. Werden zusätzlich die Produkte „Semmel“ und „Krapfen“ bzw. „Topfenbällchen“ betrachtet, können 76% (2013) bzw. 75% (2018) abgebildet werden. Es werden die bei Sorger gebräuchlichen Bezeichnungen für Produkte und Anlagen verwendet. Folgende Produktgruppen wurden gebildet:

Produktgruppe	Produkt
Topfentascherl	Topfentascherl (diverse Sorten) Kärntner Reingerl
Nussschnecke	Nussschnecke (diverse Sorten) Kakaoschnecke Nusskrone Sorgerkrone
Apfeltasche	Apfeltasche Jogurt-Himbeer-Stangerl Polsterzipf Zurück zum Ursprung (im Folgenden ZZU genannt) Jausenweckerl ZZU Kraftweckerl
Gustospitz	Gustospitz Schinken-Käse-Stangerl Käse-Stangerl Croissant Mürbes Kipferl ZZU Butterkipferl
Knusperspitz	Knusperspitz Steirerspitz Kornspitz Rosinenweckerl
Bio-Roggenbrot	Bio-Roggenbrot Florianibrot Spez. Bauernlaib Steirerwandl Vintschgauer Bio-Dinkelbrot Bio Max

Tabelle 1: Zuordnung der Produkte zu Produktgruppen

¹⁷⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 64

Das betrachtete Produktionsprogramm beinhaltet weder Heiß- und Warmgetränke, Produkte der kalten und warmen Küche noch Zukaufprodukte und Handelswaren.

Aufbauend auf dem Produktionsprogramm für 2018 werden die Anlagen für das Greenfield Layout ausgelegt.

3.1 Produktionsprogramm 2013 bis 2018

Tabelle 2 zeigt die Produktionszahlen zu Produktgruppen zusammengefasst für die Jahre 2013 bis 2018. Es sind jeweils die Stückzahl, der Umsatz und Umsatz/Stück für den Handel (Wiederverkauf) und die Filialen angegeben. Dieser Umsatz entspricht dem Verkaufspreis in den Filialen und im Wiederverkauf.

Produkte	2013		2014		2015		2016		2017		2018		Umsatz z/Stück €/h	Änder- ung ³ #	Umsatz	
	Stück ¹ #/Jahr	Umsatz ¹ €/Jahr														
Topfentascherl, Käimter Reingerl																
Summe Filiale																
Gesamt																
Nusschnecke, Kakao Schnecke, Nusskrona,																
Soriger Krone																
Summe Filiale																
Gesamt																
Apfeltasche, Joghurt-Himbeer-Stangerl,																
Polsterzopf, ZZU Jausenweckerl, ZZU																
Kraftweckerl																
Gustospitz, Schinken-Käse-Stangerl, Käse-																
Stangerl, Croissant, Mörbes Kipferl, ZZU																
Burenkipferl = (Frühstücksgebäck)																
Gesamt																
Knusperspitz, + Steirersp., + Kornsp.,																
Rosinenweckerl lose																
Summe Filiale																
Gesamt																
Bio-Roggenbrot, Florianibrot, Spez.																
Bauernlab, Steirerwandl, Vinschgauer, Bio-																
Dinkelbrot, Bio Max, Sandwich, Sandwich																
Gesamt																
Blechbuchen, alle Schnitten, alle Torten																
Summe Handel																
Summe Filiale																
Gesamt																
Summe 1																
Anteil am Gesamtumsatz																
																CAGR ⁵
Summe 2																
Anteil am Gesamtumsatz																
Gesamtumsatz Produktion ⁴																
Handel																
Filialen																
Gesamt																
																CAGR ⁵

Tabelle 2: Produktionsprogramm 2013 bis 2018

1: Jahresstückzahlen und Jahresumsätze wurden von Fr. Preisler (Filialen) und von Hr. Zuser (Handel) bereitgestellt
 2: Umsätze pro Stück ergeben sich durch die Division von Jahresumsatz durch Jahresstückzahl
 3: Die Änderung bezieht sich auf die Stückzahlen bzw. Umsätze der Jahre 2013 und 2018
 4: ohne Heißgetränke, kalte + warme Küche, Handelswaren und Zukaufprodukte
 5: CAGR: Compound annual growth rate (jährliche Wachstumsrate des Umsatzes)

Für die Verkaufszahlen der Filialen wurde eine Steigerung von 30% bis 2018 angenommen.¹⁷⁵ Die Produktgruppen Topfentascherl und Nussschnecke erfahren in den Jahren 2014 bis 2016 einen enormen Zuwachs. Für die Produktgruppe Topfentascherl wird eine Steigerung der Stückzahlen pro Jahr von xxx% erwartet, für die Produktgruppe Nussschnecke über xxxx%. Diese Änderungen liegen an der Einführung der Hofer Back Box. Die Firma Hofer rüstet in den Jahren 2014 bis 2016 xxx Filialen in Österreich mit einer Back Box aus. Tabelle 3 zeigt die dadurch erforderlichen Stückzahlen pro Tag.

Produkt	Anzahl Hofer Filialen	Stück pro Tag pro Filiale	Stück pro Tag gesamt
Topfentascherl	xxx	xxx	xxxxx
Nussschnecke	xxx	xxx	xxxxx
Gustospitz	xxx	xxx	xxxxx

Tabelle 3: Stückzahlen pro Tag bei Vollausbau aller xxx Hofer-Filialen

Bei den frischen Produkten wird entsprechend der Entwicklung in der Bäckereibranche für das Jahr 2018 ein Rückgang der Stückzahlen erwartet.¹⁷⁶

3.2 Zukünftige Herausforderungen

Aufgrund der steigenden erforderlichen Stückzahlen pro Jahr ergeben sich neue Herausforderungen für die Produktion am bestehenden Standort. Um die Wettbewerbsfähigkeit weiterhin zu gewährleisten, müssen die Herstellkosten gesenkt werden. Aufgrund des Platzmangels und der fehlenden Flexibilität am bestehenden Standort ist dies jedoch nicht möglich. Des Weiteren zeichnet sich in der Bäckereibranche ein klarer Trend weg von den frischen Produkten hin zu den tiefgekühlten Produkten ab, wodurch eine Erweiterung der Kältetechnik am bestehenden Standort erforderlich wird.

¹⁷⁵ lt. Hrn. Sorger

¹⁷⁶ lt. Produktionszahlen 2018 (Hr. Zuser)

4 Analyse der bestehenden Betriebsstätte

Im Folgenden werden die Systemgrenzen, die verwendeten Analysemethoden und die Ergebnisse dieser Analysen erläutert. Einleitend werden Informationen und allgemeine Erklärungen der betrachteten Betriebsmittel angegeben.

4.1 Allgemeine Erklärungen und Bezeichnungen

Dieses Kapitel dient der allgemeinen Erklärung der betrachteten Betriebsmittel, ihrer im Betrieb üblichen Bezeichnungen und der im Bericht verwendeten Fachausdrücke.

Unter „Bezeichnung“ wird der im Betrieb übliche und im folgenden Bericht verwendete Name der Anlagen angegeben.

Laminieranlage:

Hersteller:	Werner & Pfleiderer Lebensmitteltechnik GmbH
Bezeichnung:	WP-Anlage
Beschreibung:	Mit der Laminieranlage werden Butterplunder- und Blätterteige hergestellt und verarbeitet. Es wird dabei Butter eingelegt und der Teig anschließend geschichtet (touriert). Damit werden Produkte wie Topfentascherl, Nussschnecken und Apfeltaschen produziert.
Aufstellungsort:	Feinbäckerei, 1. Obergeschoß



Tabelle 4: Details zur Laminieranlage

Wickelanlage:

Hersteller:	Fritsch GmbH
Bezeichnung:	CTR-Anlage
Beschreibung:	Mit einer Wickelanlage werden Teigstücke zu Croissants, Hörnchen, Laugen- oder Salzstangen und Schinken-Käse-Stangerl gewickelt.
Aufstellungsort:	Feinbäckerei, 1. Obergeschoß
	

Tabelle 5: Details zur Wickelanlage

Kleingebäckanlage:

Hersteller:	König Maschinen GmbH
Bezeichnung:	König II
Beschreibung:	Mit einer Kleingebäckanlage werden Produkte wie Knusperspitz, Kornspitz und Rosinenweckerl hergestellt.
Aufstellungsort:	Bäckerei, Erdgeschoß
	

Tabelle 6: Details zur Kleingebäckanlage

Brotteigteiler:

Hersteller:	Werner & Pfleiderer Lebensmitteltechnik GmbH	
Bezeichnung:	Kemper	
Beschreibung:	Mit einem Brotteigteiler wird der Teig geteilt und zur weiteren Verarbeitung ausgeworfen.	
Aufstellungsort:	Bäckerei, Erdgeschoß	
		

Tabelle 7: Details zum Brotteigteiler

Ausrollmaschine:

Hersteller:	Rondo Burgdorf AG	
Bezeichnung:	Rondo	
Beschreibung:	Mit einer Ausrollmaschine werden die Teige zur weiteren Verarbeitung vorbereitet bzw. touriert.	
Aufstellungsort:	Feinbäckerei, 1. Obergeschoß	

Tabelle 8: Details zur Ausrollmaschine

Dressiermaschine:

Hersteller:	MIMAC Italia s.r.l.	
Bezeichnung:	Dressiermaschine	
Beschreibung:	Mit einer Dressiermaschine werden Teige und Massen gleichmäßig auf Bleche aufgespritzt, um sie danach zum Beispiel mit Obststücken zu belegen.	
Aufstellungsort:	Konditorei, 1. Obergeschoß	

Tabelle 9: Details zur Dressiermaschine

Geliermaschine:

Hersteller:	Bojens Backservice GmbH	
Bezeichnung:	Geliermaschine	
Beschreibung:	Mit der Geliermaschine werden die fertigen Blechkuchen geliert und auf das entsprechende Mindestgewicht gebracht.	
Aufstellungsort:	Konditorei, 1. Obergeschoß	

Tabelle 10: Details zur Geliermaschine

Stikkenöfen:

Hersteller:	König Maschinen GmbH	
Bezeichnung:	Stikkenofen	
Aufstellungsort:	Feinbäckerei/Konditorei, 1. Obergeschoß	

Tabelle 11: Details zu den Stikkenöfen

Ein Stikkenofen besitzt einen hohen Backraum, in den das Backgut mit einem Wagen (Stikken) eingefahren wird. Die maximal 20 Bleche, die eine Größe von 0,6 m² haben, können außerhalb des Ofens belegt und geleert werden. Stikkenöfen haben den Vorteil einer kleinen Stellfläche im Verhältnis zur großen Backfläche.¹⁷⁷ Bei Sorger befinden sich jeweils 5 Öfen vom Typ „Roto Passat“ in der Bäckerei im Erdgeschoß und in der Feinbäckerei/Konditorei im 1. Obergeschoß.¹⁷⁸

Etagenbacköfen:

Hersteller:	DEBAG Deutsche Backofenbau GmbH	
Bezeichnung:	Etagenbackofen Monsun	
Aufstellungsort:	Bäckerei, Erdgeschoß	

Tabelle 12: Details zu den Etagenbacköfen

Etagenöfen besitzen mehrere übereinander angeordnete unbewegliche Backherde. Das Backgut wird mittels einer flachen Holzschaukel („Schießer“) oder Abziehapparaten eingebracht.¹⁷⁹ Bei Sorger befinden sich zwei Etagenbacköfen vom Typ „SM B 1000“ mit jeweils 9 Etagen und vier Etagbenbacköfen vom Typ „Monsun 573“ mit jeweils 6 Etagen.

¹⁷⁷ Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 35

¹⁷⁸ lt. Hrn. Straubinger

¹⁷⁹ Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 34

Thermoroll Wagenofen:

Hersteller:	Daub Backtechnik GmbH	
Bezeichnung:	Thermoroll	
Aufstellungsort:	Bäckerei, Erdgeschoß	

Tabelle 13: Details zu den Thermoroll Wagenöfen

Die Thermoroll Wagenöfen werden mit Thermoöl beheizt. Das Backgut wird mit einem Wagen in den Ofen eingefahren. Bei Sorger befinden sich drei Thermoroll Wagenöfen vom Typ „RDTO SX“, in die jeweils zwei Wagen mit zehn Etagen eingefahren werden können.¹⁸⁰

Durchlaufofen:

Hersteller:	Daub Backtechnik GmbH	
Bezeichnung:	Durchlaufofen	
Aufstellungsort:	Bäckerei, Erdgeschoß	

Tabelle 14: Details zum Durchlaufofen

Bei diesem Ofen durchwandert das Backgut auf einem Netz- oder Plattenband die einzelnen Backzonen und erreicht als fertige Backware das Ende des Ofens.¹⁸¹ Bei Sorger befindet sich ein 5-Etagen Durchlaufofen vom Typ „Hanseat“.

¹⁸⁰ Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 34

¹⁸¹ Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 36

Kältetechnik:

Durch Entwicklung in der Bäckereibranche hin zu immer mehr Tiefkühlware, gewinnt die Kältetechnik in einer Bäckerei immer mehr an Bedeutung. Durch die sinnvolle Verwendung von Kältetechnik sind folgende Vorteile zu erwarten:¹⁸²

- Reduktion der Nacharbeit
- Rationellere Produktion von Backwaren dank größerer Chargen
- Überbrückung von Produktionsengpässen
- Ständige Lieferungs- und Verkaufsbereitschaft (Flexibilität)

4.2 Betrachtungsbereich und Systemgrenzen der Analyse

Folgende Linien sind Teil der Analysen:

Bereich	Linie
Bäckerei	Kleingebäcklinie Brotlinie
Feinbäckerei	Feingebäcklinie (bestehend aus CTR- und WP-Anlage)
Konditorei	Blechkuchenlinie

Tabelle 15: Zuordnung der Linien zu Bereichen

Die WP- und CTR-Anlage sind Teil der Feingebäcklinie. Sie können einerseits unabhängig voneinander verwendet werden, andererseits werden jedoch auch Produkte über beide miteinander gekoppelten Anlagen produziert.

Der Weißbrot- und Handarbeitsbereich, die Semmelproduktion und die Krapfenanlagen wurden nicht analysiert.

Abbildung 12 zeigt eine schematische Darstellung der Produktion und die Systemgrenze.

¹⁸² Vgl. Schmid/Baumann (2011), S. 540

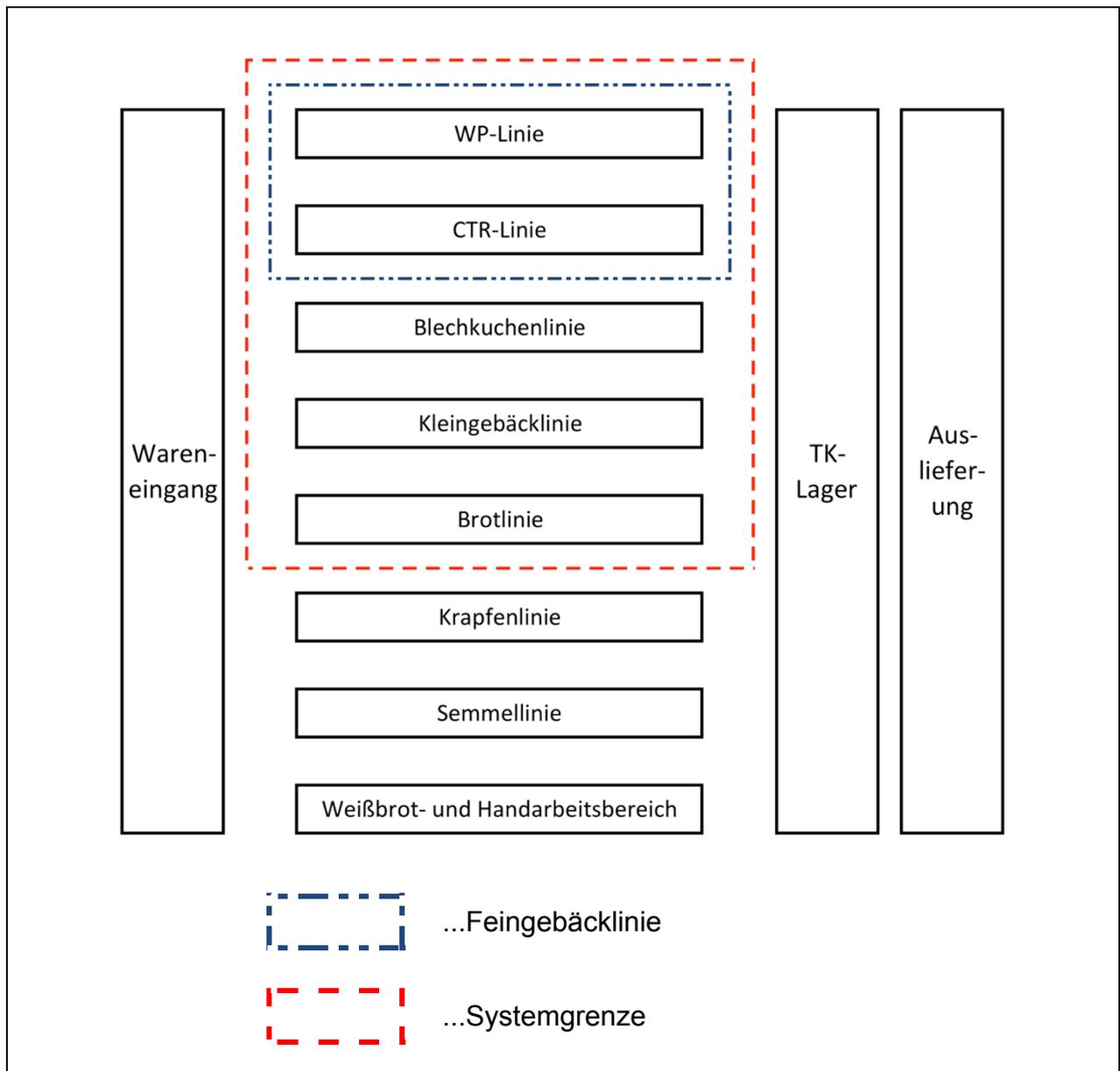


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Produktion

Der Betrachtungsbereich der Analysen deckt je Linie sämtliche Produktionsprozesse vom Mischen bis zur Verpackung ab. Der Wareneingang, das TK-Lager und die Auslieferung (in Folge auch Expedit genannt) sind nicht Teil der Analyse.

4.3 Methoden und Tools

Um den Betrieb eingehend zu analysieren, kamen unterschiedliche Methoden der Betriebsanalyse zur Anwendung. Neben der Durchsicht vorhandener Dokumente (Dokumentenanalyse), der Multimomentaufnahme und der Befragung des Personals wurden Beobachtungen einzelner Prozessschritte (Observation) durchgeführt.

4.3.1 Dokumentenanalyse

Für die Analyse der internen Daten wurden folgende Dokumente bereitgestellt:

- Produktionsprogramm von 2013 bis 2018
- Erhebungen der Stundenleistung der Anlagen
- Auswertung von Energiemessungen
- Produktionsprozessbeschreibungen der sechs Hauptprodukte
- Flussdiagramme der Produktionsprozesse

4.3.2 Multimomentaufnahme

Definition laut REFA:

„Die Multimomentaufnahme besteht in dem Erfassen der Häufigkeit zuvor festgelegter Ablaufarten an einem oder mehreren gleichartigen Arbeitssystemen mit Hilfe stichprobenmäßig durchgeführter Kurzzeitbeobachtungen.“¹⁸³

Bei der Multimomentaufnahme (im Folgenden auch MMA genannt) werden die Anzahl der Beobachtungen je Ablaufart gezählt und statistisch überprüft. Sie liefert eine Aussage darüber, mit welchen Anteilen bestimmte Ablaufarten während der Untersuchungszeit aufgetreten sind. Die Multimomentaufnahme ist stets dort wirtschaftlich anzuwenden, wo man Daten über die relative Zusammensetzung von Ablaufarten benötigt. Im Vergleich zur Zeitaufnahme ist der zeitliche Aufwand der MMA wesentlich geringer.¹⁸⁴

Die Berechnungen zur Multimomentaufnahme befinden sich in Anhang A.

Im Zuge der Multimomentaufnahme wurden 300 Rundgänge im Zeitraum von KW3 bis KW12 durchgeführt.

¹⁸³ REFA (1992), S. 232

¹⁸⁴ Vgl. REFA (1992), S. 235

Folgende Anlagen wurden im Rahmen der Multimomentaufnahme berücksichtigt:

- Werner & Pfleiderer Laminieranlage (WP-Anlage)
- Fritsch Wickler CTR 700/300 (CTR-Anlage)
- König Rex Industries Kleingebäckanlage (König II)
- Werner & Pfleiderer Kemper Imperator Teigteiler (Kemper)
- 2 x Rondo Seewer Ausrollmaschinen (Rondo)
- 10 x König Stikkenöfen
- 2 x Debag Monsun Modulbacköfen
- 4 x Debag Monsun Etagenbacköfen
- 3 x Daub Thermoroll Wagenöfen
- Daub Hanseat 5-Etagen Durchlauföfen
- Record Scorpion Verpackungsmaschine
- Record Panda Verpackungsmaschine
- Dorner VI60 Verpackungsmaschine
- Dorner ET20 Brot-Verpackungsmaschine
- 2 x Celba Doppelwendelknetter 240 kg
- 2 x König Spiralknetter 160 kg
- 2 x Erka SR 70 Spiralknetter
- 2 x Boku SK120A Spiralknetter
- Bojens Jelly Sprayer Geliermaschine
- MIMAC Minidrop Dressiermaschine

Nach der Festlegung der zu beobachtenden Betriebsmittel, wurden die verschiedenen Ablaufarten der Betriebsmittel bestimmt. Diese Ablaufarten mussten durch Kurzzeitbeobachtungen eindeutig feststellbar sein und Schlüsse über das Verhalten der Betriebsmittel ermöglichen.¹⁸⁵

Folgende Ablaufarten wurden aufgenommen:

WP-Anlage, CTR-Anlage, Kemper, König II:

- **Produziert:** die Anlage läuft, das Teigband liegt auf der Anlage, Produkte werden abgeworfen/abgenommen
- **Stillstand:** die Anlage steht, das Teigband liegt auf der Anlage, die Mitarbeiter stehen an der Anlage
- **Rüsten/Reinigen:** die Anlage steht, an der Anlage wird gearbeitet (Förderbänder werden getauscht, Füllstation wird ein- oder ausgebaut,...), nicht gezählt wurden Vorgänge wie Reinigungen in der Nähe der Anlage
- **Außer Betrieb:** die Anlage steht, kein Teigband liegt auf der Anlage, kein Mitarbeiter steht an der Anlage

¹⁸⁵ Vgl. REFA (1992), S. 238

Backöfen:

- **In Betrieb und leer:** der Backofen ist eingeschaltet und aufgeheizt (Ist-Temperatur = Soll-Temperatur), keine Produkte befinden sich im Ofen
- **Belegt:** der Backofen ist eingeschaltet und aufgeheizt (Ist-Temperatur = Soll-Temperatur), Produkte befinden sich im Ofen
- **Aufheizen:** der Backofen ist eingeschaltet und heizt gerade auf (Ist-Temperatur < Soll-Temperatur), keine Produkte befinden sich im Ofen
- **Außer Betrieb:** der Backofen ist ausgeschaltet, keine Produkte befinden sich im Ofen

Mischplatz:

- **Belegt:** ein Mitarbeiter steht am Mischplatz und verwiegt oder mischt Zutaten
- **Nicht belegt:** kein Mitarbeiter steht am Mischplatz

Mischer:

- **In Betrieb:** ein Mischkessel steht unter dem Mischkopf, der Mischkopf ist heruntergeklappt oder bewegt sich gerade in bzw. aus dem Mischkessel heraus
- **Außer Betrieb:** der Mischkopf ist hochgeklappt

Verpackungsmaschine:

- **Verpackt:** Produkte werden verpackt, Mitarbeiter stehen an der Anlage
- **Stillstand:** die Anlage steht, Mitarbeiter stehen an der Anlage, zu verpackende Produkte werden geholt, Folien werden neu eingelegt, Justierungen vorgenommen
- **Außer Betrieb:** die Anlage steht, keine Mitarbeiter stehen an der Anlage

Ausrollmaschinen (Rondo):

- **In Betrieb:** Anlage läuft, Teig ist auf der Anlage, Mitarbeiter steht an der Anlage
- **Außer Betrieb:** Anlage steht, kein Teig ist auf der Anlage, kein Mitarbeiter steht an der Anlage

Folgende Festlegungen wurden für die Durchführung der Multimomentaufnahme getroffen:

„Als Moment der Aufnahme gilt der eindeutig festzulegende Zeitpunkt, in dem sich der Beobachter vor dem Gegenstand der Beobachtung befindet.“¹⁸⁶

¹⁸⁶ Haller-Wedel (1969), S. 71

„Wird zufällig genau der Übergang von der einen Verrichtung zur anderen angetroffen, dann ist grundsätzlich die vorangegangene zu notieren. Diese Regelung schützt in gewissen Grenzen sowohl vor einer anfänglichen Unsicherheit im Erkennen der neuen Situation als auch vor absichtlicher Veränderung des Arbeitsablaufes durch den Beobachteten.“¹⁸⁷

Als Ausgangspunkt für die Rundgänge wurde das Qualitätsmanagementbüro in der Produktion im 2. Obergeschoß gewählt.

Folgende Beobachtungspunkte wurden festgelegt:

2. Obergeschoß:

- Beobachtungspunkt 1: Verpackungsanlage

1. Obergeschoß:

- Beobachtungspunkt 2: Verpackungsanlage, Schneidplatz
- Beobachtungspunkt 3: 4 x Mischmaschine, Dressiermaschine, Geliermaschine
- Beobachtungspunkt 4: 5 x Backofen
- Beobachtungspunkt 5: Mischplatz, Mischer
- Beobachtungspunkt 6: WP-Anlage, Rondo I
- Beobachtungspunkt 7: CTR-Anlage, Rondo II

Erdgeschoß:

- Beobachtungspunkt 8: Verpackungsanlage neu, Verpackungsanlage Brot
- Beobachtungspunkt 9: 5 x Backofen
- Beobachtungspunkt 10: 3 x Mischer, Mischplatz mit Waage, Mischplatz ohne Waage
- Beobachtungspunkt 11: König II
- Beobachtungspunkt 12: Kemper
- Beobachtungspunkt 13: 9 x Backofen
- Beobachtungspunkt 14: Durchlaufofen

Abbildung 13, Abbildung 14 und Abbildung 15 zeigen die Rundgangsskizzen.

¹⁸⁷ Haller-Wedel (1969), S. 72

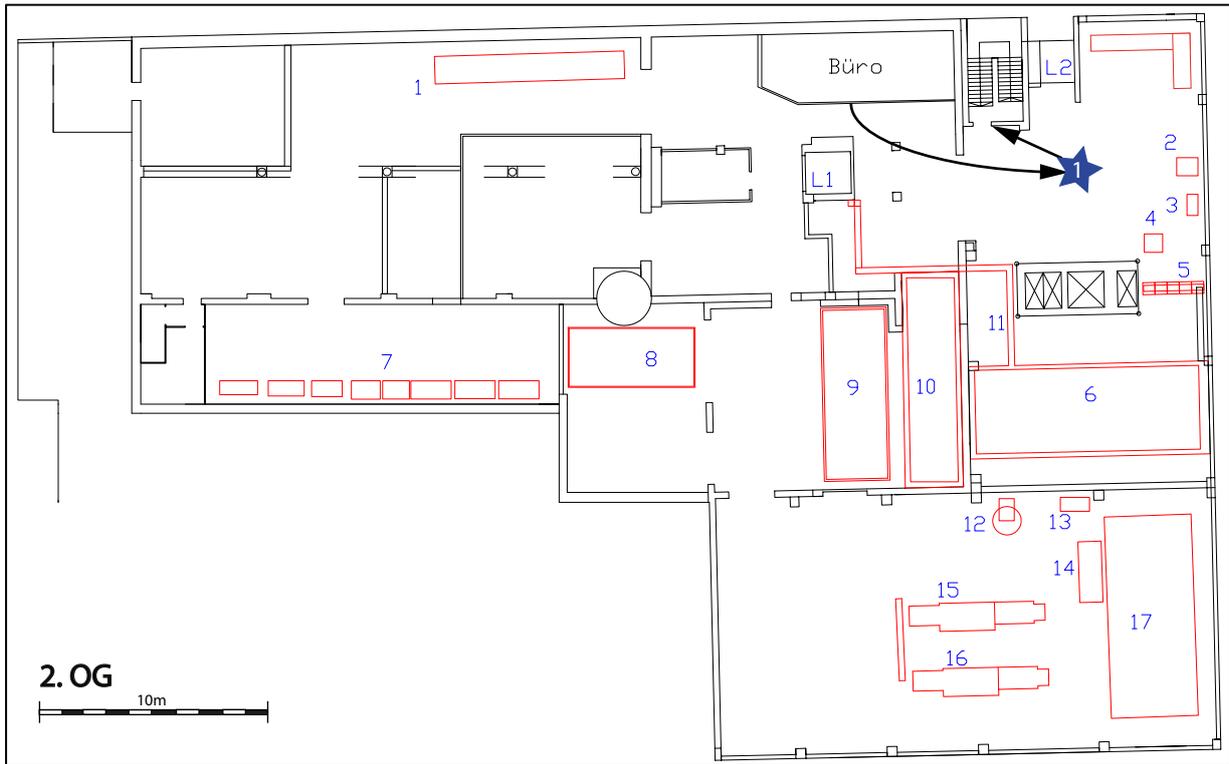


Abbildung 13: MMA-Rundgang im 2. Obergeschoß, Beobachtungspunkt 1

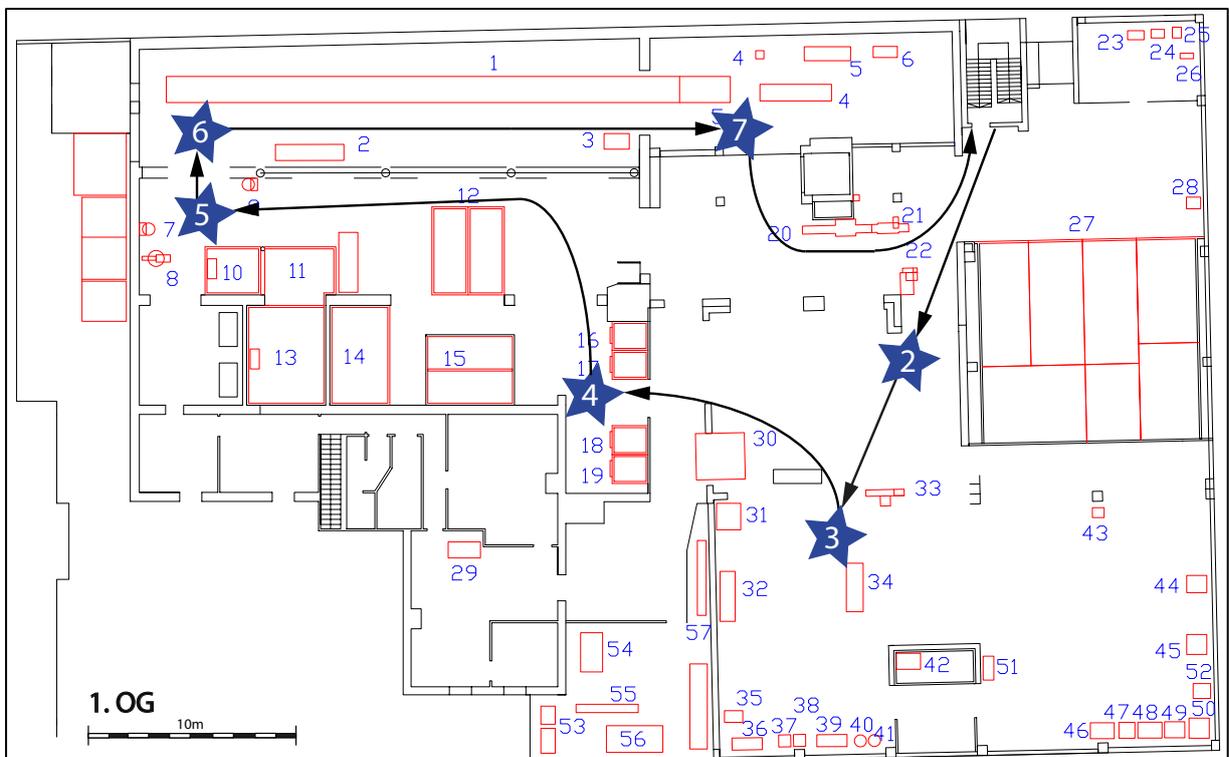


Abbildung 14: MMA-Rundgang im 1. Obergeschoß, Beobachtungspunkte 2 bis 7

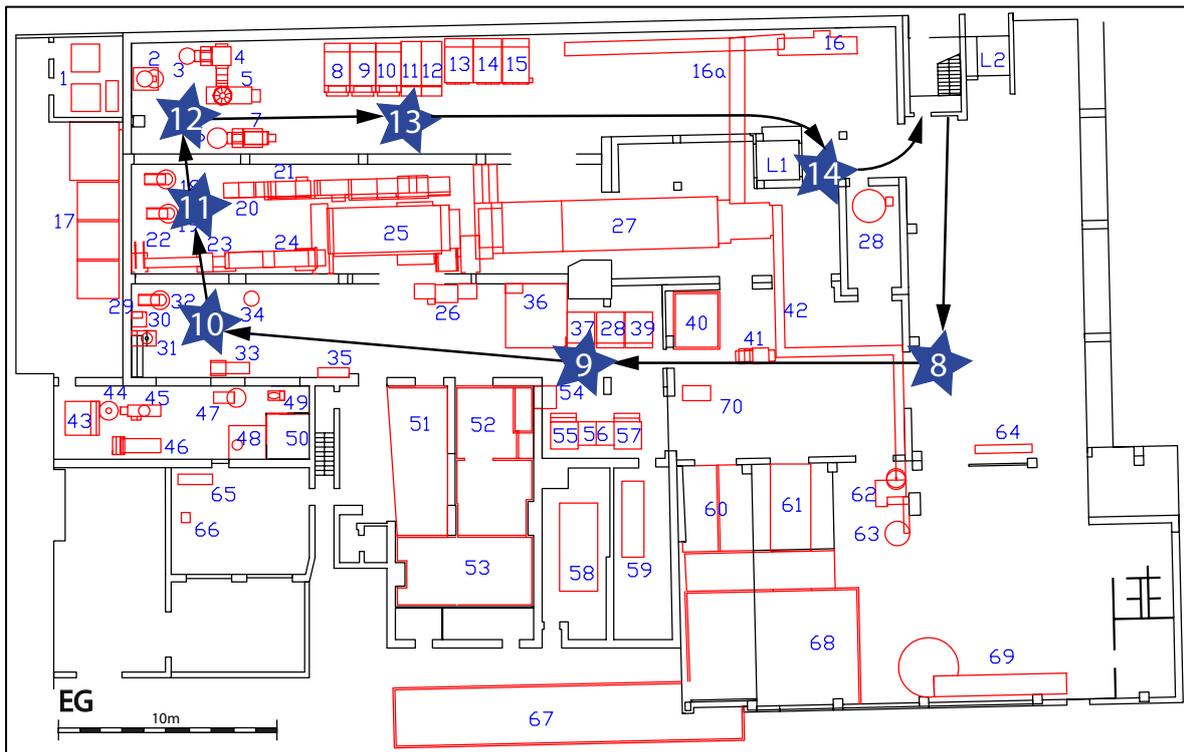


Abbildung 15: MMA-Rundgang im Erdgeschoß, Beobachtungspunkte 8 bis 14

Die Aufnahmeformulare für die Multimomentaufnahme wurden nach REFA-Vorgaben zusammengestellt (siehe Abbildung 16).

MM2 REFA-Multimomentaufnahmebogen für zusammengefasste Aufzeichnungen

Beobachter: _____
Tag: _____

Station	Bezeichnung:	Ablaufart	Rundgang Nr.										Ergebnis			
			Uhrzeit:	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	Anzahl	Übertrag	Summe
			22:37	23:24	23:54	00:58	01:48	02:24	03:51	04:08	04:43	05:54	x_i	x_i	x	p in %
1	Verpackungsmaschine 2. OG	verpackt											0	0	0	0%
		steht still											0	0	0	0%
		außer Betrieb											0	0	0	0%
2	Verpackungsmaschine 1. OG	verpackt											0	0	0	0%
		steht still											0	0	0	0%
		außer Betrieb											0	0	0	0%
3	Mischmaschine (4x) Dressiermaschine Geliermaschine Schneidplatz	in Betrieb											0	0	0	0%
		in Betrieb											0	0	0	0%
		in Betrieb											0	0	0	0%
		schneiden											0	0	0	0%
4	Backöfen 1OG (5x)	in Betrieb und leer											0	0	0	0%
		belegt											0	0	0	0%
		aufheizen											0	0	0	0%

... Beobachtungspunkte
 ... Bezeichnung des Betriebsmittels
 ... Ablaufart
 ... Rundgangsnummer
 ... Zufallszeitpunkt
 ... Aufzeichnungen
 ... Ergebnisse

Abbildung 16: Ausschnitt eines nach REFA-Vorgaben erstellten Aufnahmebogens¹⁸⁸

4.3.3 Befragungen

Um möglichst rasch einen Überblick über die Vorgänge in der Produktion zu erhalten, wurden mehrmals Befragungen der leitenden Angestellten der Bereiche Bäckerei (Hr. Wallner), Feinbäckerei (Hr. Mayr) und Konditorei (Fr. Uller) durchgeführt. Während des gesamten Projektfortschritts wurden Befragungen von Hr. Knapp (Produktionsleitung) und Hr. Nast (Arbeitsvorbereitung) begleitend durchgeführt.

4.3.4 Observation

Einzelne Prozessschritte wie das Rüsten der WP-Anlage, das Besprühen der Produkte, die Transportwege einzelner Produkte, das Schichten der Produkte und Bleche nach der König II wurden mittels Observation analysiert. Durch die 300 Rundgänge, die im

¹⁸⁸ in Anlehnung an REFA (1992), S. 259

Zuge der Multimomentaufnahme durchgeführt wurden, konnten weitere wichtige Informationen gesammelt werden.

4.4 WP-Anlage

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Prozessanalyse der WP-Linie erläutert und davon ausgehend Optimierungspotentiale abgeleitet und bewertet.

Die zwei betrachteten Hauptprodukte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke werden auf der WP-Anlage produziert. In der Nachtschicht werden auf der WP-Anlage die Teige mit einer Leistung von 280 kg/h touriert, die am folgenden Tag von der CTR- und der WP-Anlage verarbeitet werden.

In Abbildung 17 und Abbildung 18 sind die Produktionsschritte für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke im 1. Obergeschoß und Erdgeschoß dargestellt. Vom direkt neben dem Rohstofflager der Feinbäckerei positionierten Mischplatz kommen die gemischten und gekneteten Teige zur WP-Anlage. Von der WP-Anlage wird ein Teigband hergestellt und die zuvor vorgelängte Butter per Hand eingelegt. Das Teigband wird am Ende der WP-Anlage geteilt und touriert. Die entstehenden 6 kg schweren Teigblöcke werden auf einem Teigwagen im TK-Raum gelagert. Kurz vor der weiteren Verarbeitung werden die Teige vom TK-Raum in den Kühlraum geschoben. Die benötigten Teige werden dann auf die WP-Anlage gelegt und verarbeitet. Die auf die Bleche abgelegten und in die Stikkenwagen geschichteten fertigen Produkte werden danach in den Gärraum gefahren. Nach 30 Minuten Gärzeit werden die Produkte ins Erdgeschoß transportiert.

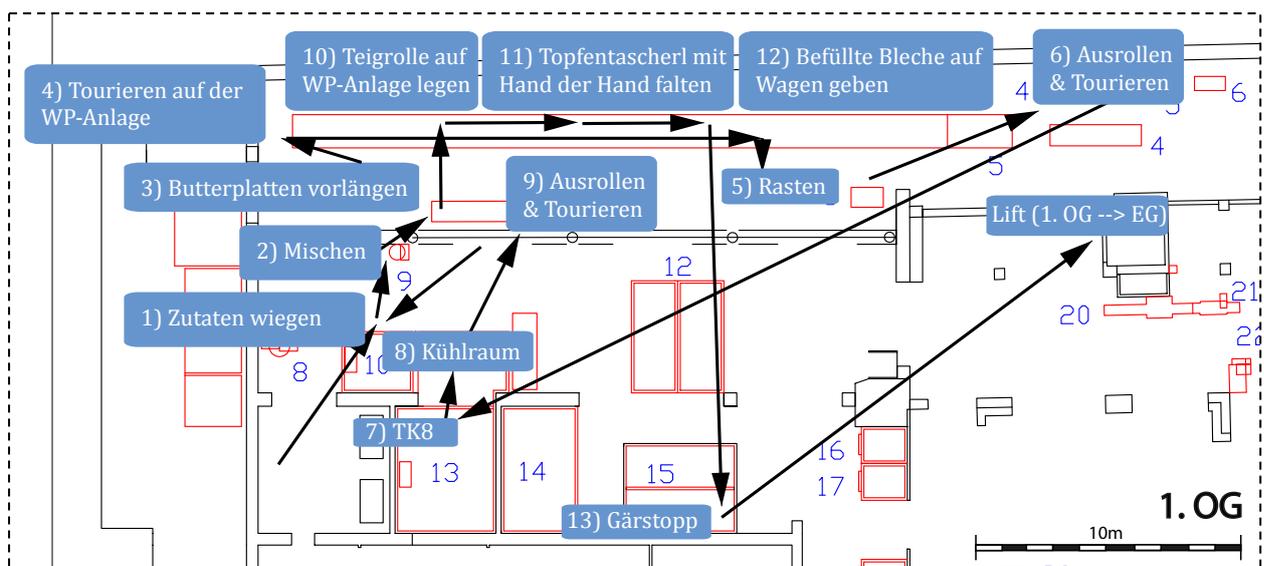


Abbildung 17: Produktionsschritte im 1. Obergeschoß für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke

Dort befinden sich die Stikkenwagen zuvor für 30 Minuten im Schocker. Damit die Produkte auch im Kern tiefgefroren sind, ist zusätzlich ein zweistündiges Gefrieren im Tiefkühlraum erforderlich. Danach werden die Produkte verpackt und ins Tiefkühlager transportiert. Je nach Umschlagshäufigkeit werden die Paletten ein bis zwei Mal pro Woche ausgeliefert.

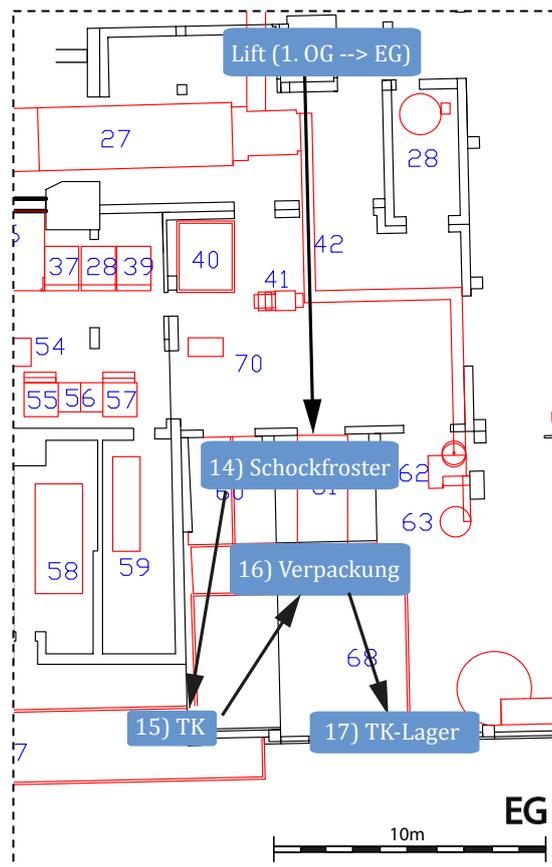


Abbildung 18: Produktionsschritte im Erdgeschoß für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke

Die WP-Anlage ist in der Lage mit einer maximalen Stundenleistung von 5.000 Stück pro Stunde eines Produktmixes aller auf der Anlage hergestellten Produkte zu produzieren. Die Leistung wird allerdings durch ein langsames Förderband im vorderen Teil der Anlage und die manuelle Produktabnahme am Ende der Anlage auf 2.500 Stück pro Stunde beschränkt. Tabelle 16 stellt den Vergleich zwischen dem tatsächlichen Outputs und der aktuellen bzw. der maximal möglichen Leistung dar. Die maximal mögliche Leistung bezieht sich auf die laut Herstellerangaben maximale Geschwindigkeit der Anlage. Die aktuelle Leistung ist die Geschwindigkeit, mit der die WP-Anlage standardmäßig betrieben wird, wodurch sich eine theoretische

Stundenleistung ergibt.¹⁸⁹ Der tatsächlich erzielte Output ist die Stückleistung für das Produkt Topfentascherl, die laut Aufzeichnungen¹⁹⁰ tatsächlich erreicht wurde. Diese Angaben gelten auch für die Betrachtungen der CTR-Anlage. Die Differenz zwischen der aktuellen Leistung und dem tatsächlichen Output kommt durch Stillstände und diverse Verzögerungen zu Stande.

	Max. mögliche Leistung ¹⁹¹	Aktuelle Leistung ¹⁹¹		Tatsächlicher Output ¹⁹¹	
	[#/h]	[#/h]	[%]	[#/h]	[%]
Produktmix	5.000	2.500	50%	2.390	48%

Tabelle 16: Vergleich des tatsächlichen Outputs mit der aktuellen bzw. der max. möglichen Leistung der WP-Anlage

Bei einem Umsatz pro Stück von 0,68 €¹⁹² ergibt sich ein Umsatzpotential von 30.000 € pro Tag und 7.752.000 € pro Jahr.

Zur Untersuchung der tatsächlichen Auslastung der WP-Anlage wurde eine Strommessung durchgeführt. Tabelle 17 zeigt das Ergebnis der an der WP-Anlage durchgeführten Strommessung.

	Zeitraum	Auslastung	Ein	Aus
		[%]	[h]	[h]
KW2 bis KW12	Mo-So	60	99,9	68,1
	Mo-Fr	76	90,9	29,1

Tabelle 17: Ergebnis der Strommessung an der WP-Anlage¹⁹³

Zum Zustand „Ein [h]“ zählen alle Messpunkte mit einem Verbrauch von über 200 Wh. Alle Messpunkte unterhalb von 200 Wh zählen zum Zustand „Aus [h]“.

Zum Abgleich dieser Messung wurde Multimomentaufnahme durchgeführt. Es ergeben sich folgende prozentuale Anteile der verschiedenen Ablaufarten an der WP-Anlage:

¹⁸⁹ lt. Hrn. Knapp

¹⁹⁰ lt. Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

¹⁹¹ lt. Hrn. Knapp

¹⁹² lt. Produktionszahlen 2013 (Hr. Zuser)

¹⁹³ lt. Hrn. Straubinger

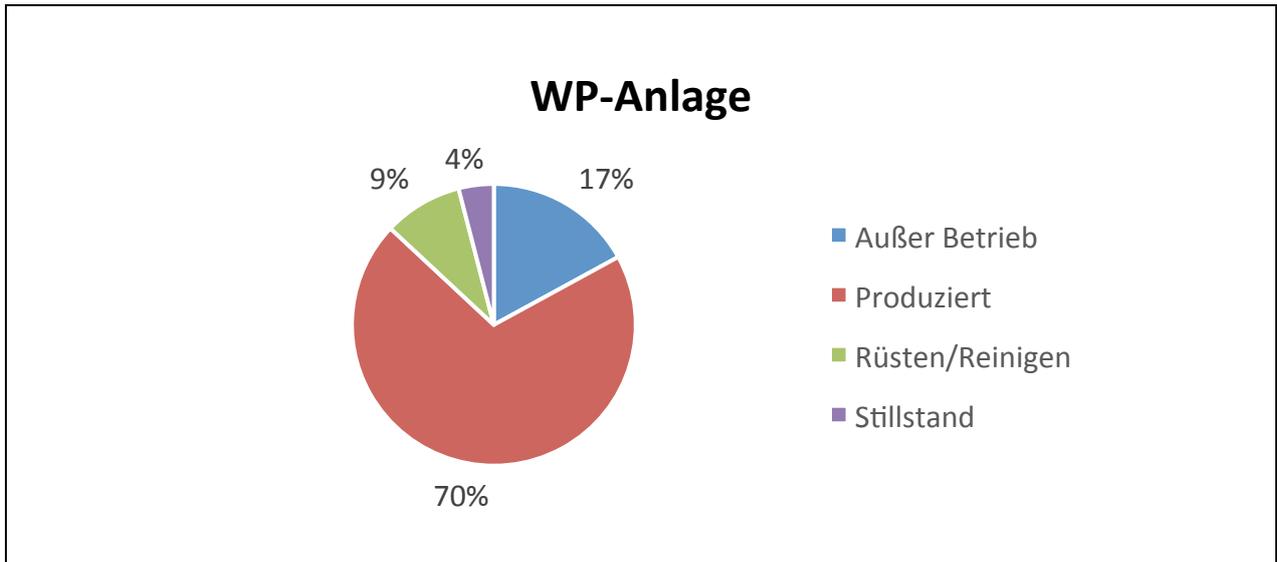


Abbildung 19: Ergebnis der MMA für die WP-Anlage

Tabelle 18 zeigt die Anteile der Arbeitsabläufe in Prozent und Stunden.

	Anteil	
	[%]	[h]
Außer Betrieb	17	4,08
Produziert	70	16,80
Rüsten/Reinigen	9	2,16
Stillstand	4	0,96

Tabelle 18: Anteile der Arbeitsabläufe der WP-Anlage in Prozent und Stunden

Die Ergebnisse der Strommessung und der Multimomentaufnahme weisen lediglich eine Differenz von 2% auf. Es wurden der Zustand „Ein“ der Strommessung mit der Summe der Zustände „Produziert“ und „Stillstand“ verglichen, da der Energieverbrauch während des Stillstands nicht unter den Schwellwert von 200Wh sinkt. Es ist daher möglich Aussagen über die Auslastung von Anlagen mittels Strommessung zu treffen. Erst wenn eine genauere Aufschlüsselung der Zustände „Ein“ und „Aus“ erforderlich ist, muss ein anderes Verfahren, wie die Multimomentaufnahme zur Anwendung kommen.

Die Transportwege an der WP-Anlage sind in Abbildung 20 bzw. Abbildung 21 dargestellt. Sie sind für das Produkt Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke identisch.

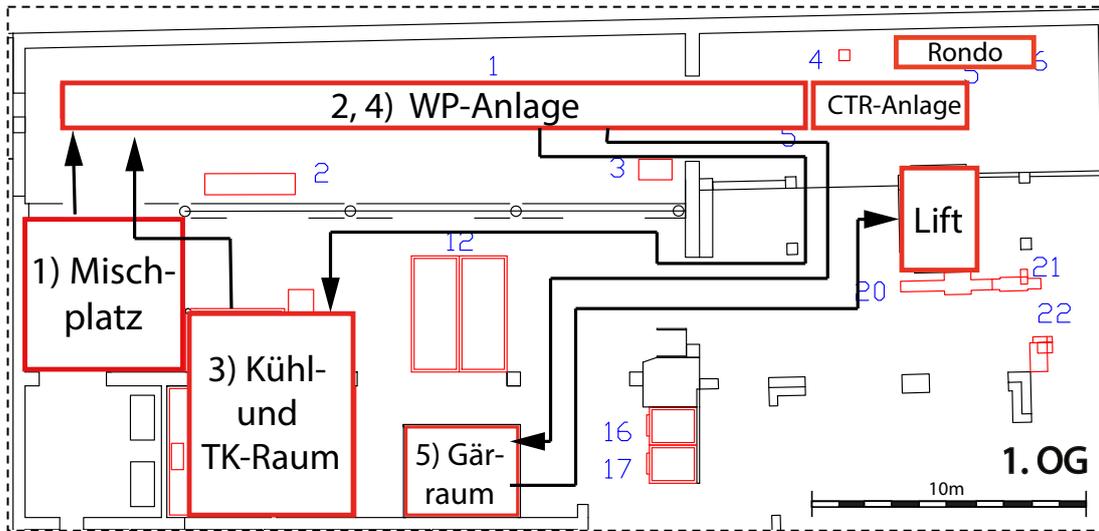


Abbildung 20: Transportwege im 1. Obergeschoß für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke

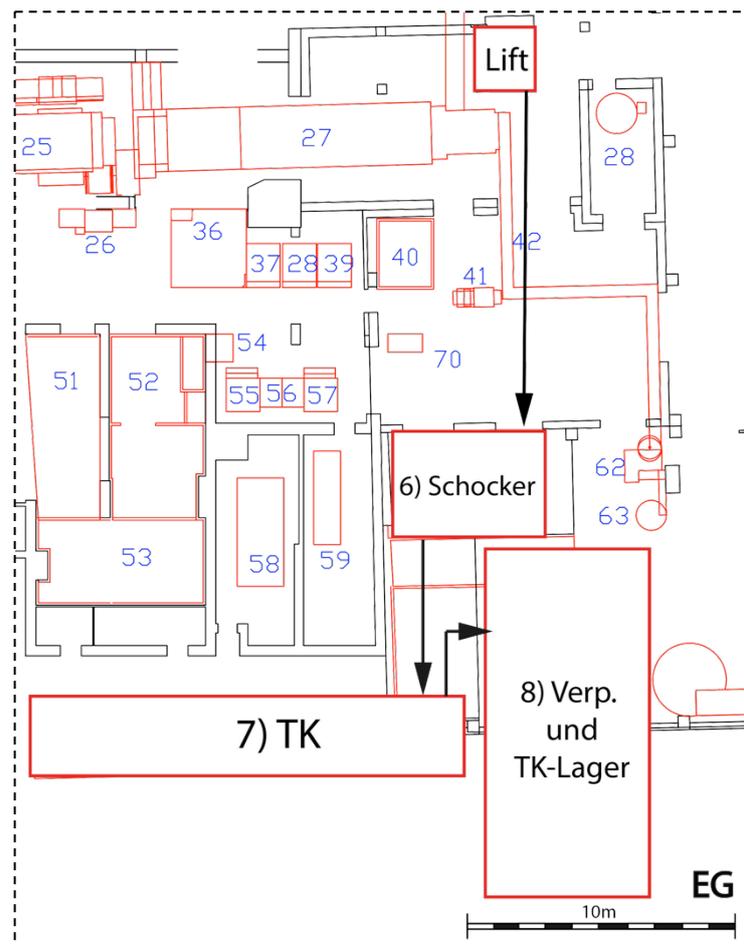


Abbildung 21: Transportwege im Erdgeschoß für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nusschnecke

Durch die suboptimale Anordnung der Räume und die vorhandenen Platzprobleme ergeben sich lange Transportwege innerhalb der Produktion. Für die Produkte der WP-Anlage ist mindestens ein Stockwerkwechsel notwendig, wodurch zusätzliche Verzögerungen im Ablauf durch die Wartezeiten vor dem Lift und die Liftfahrten selbst entstehen. Formel 4 zeigt die Berechnung der durchschnittlichen Stückzahl pro Tag. Als Basis dafür gelten die Jahresstückzahlen von 2013¹⁹⁴.

$$x_{p\text{Tag}} = \frac{x_J}{T_W * W_J} = \frac{1.700.000}{5 * 52} = 6.500\#$$

x_J ... Jahresstückzahl

$x_{p\text{Tag}}$... Durchschnittliche Stückzahl pro Tag

W_J ... Wochen pro Jahr

T_W ... Tage pro Woche

Formel 4: Berechnung der durchschnittlichen Stückzahl pro Tag

Durch die Belegung von 15 Stück pro Blech und 20 Blechen pro Wagen ergibt sich die Wagenanzahl.

$$x_W = \frac{x_{p\text{Tag}}}{x_P * x_B} = \frac{6.500}{15 * 20} = 22 \text{ Wagen}$$

$x_{p\text{Tag}}$... Durchschnittliche Stückzahl pro Tag

x_B ... Anzahl der Bleche pro Wagen

x_W ... Anzahl der Wagen pro Tag

x_P ... Anzahl der Produkte pro Blech

Formel 5: Berechnung der Wagenanzahl pro Tag

Für die Personalkosten wurde ein Stundensatz von 17 €/h angenommen¹⁹⁵.

¹⁹⁴ lt. Fr. Preisler

¹⁹⁵ lt. Hrn. Knapp

$$k_P = \frac{(x_W * t_T * T_W * W_J * k_S)}{60} = \frac{22 * 7 * 5 * 52 * 17}{60} = 11.300\text{€}$$

k_P ... Personalkosten pro Jahr

k_S ... Stundensatz $\left[\frac{\text{€}}{\text{h}} \right]$

x_W ... Anzahl der Wagen pro Tag

t_T ... Transportzeit pro Wagen

Formel 6: Berechnung der durch die Transportwege verursachten Personalkosten

In Tabelle 19 werden die Transportwege der Produkte Topfentascherl und Nussschnecke monetär bewertet. Unter Annahme gleicher Transportwege für die Produktgruppen Topfentascherl, Nussschnecke und Apfeltasche ergibt sich mittels analoger Berechnung (Formel 5 und Formel 6) eine Wagenanzahl von 127 pro Tag und jährliche Personalkosten von 65.000€.

	Durchschn. Stückzahl ¹⁹⁶	Wagenanzahl	Transportzeit pro Wagen ¹⁹⁷	Personalkosten
	[#/Tag]	[#/Tag]	[min]	[€/Jahr]
Topfentascherl und Nussschnecke	6.500	22	7	11.300
Produktgruppen: Topfentascherl, Nussschnecke, Apfeltasche	38.000	127	7	65.000

Tabelle 19: Bewertung der Transportwege für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke sowie die Produktgruppen Topfentascherl, Nussschnecke und Apfeltasche

Wie aus der Multimomentaufnahme hervorgeht, werden 9% der Zeit damit verbracht an der WP-Anlage die Förderbänder zu tauschen bzw. die Füllereinheiten zu reinigen. Dies entspricht 2,16 Stunden pro Tag. Die Ablaufart „Stillstand“ wird in 4% der Zeit

¹⁹⁶ lt. Produktionszahlen 2013 (Hr. Zuser)

¹⁹⁷ Basis: Zeitmessung am 15.11.13, Aussagen von Hrn. Knapp, Hrn. Zuser und Produktionsmitarbeiter

angetroffen. Dies entspricht 0,96 Stunden pro Tag. Den folgenden Berechnungen liegt ein Produktmix aller im Jahr 2013 auf der WP-Anlage hergestellten Produkte zu Grunde, da für jedes Produkt sowohl der Umsatz als auch die Stundenleistung der WP-Anlage unterschiedlich sind. Der durchschnittliche Umsatz pro Stück, die durchschnittliche Stundenleistung sowie die Umsatzpotentiale beziehen sich auf diesen Produktmix.

$$x_{\text{DurchUmPrSt}} = \frac{U}{x_j} = \frac{4.158.000\text{€}}{6.090.000\#} = 0,68\text{€/}\#$$

$x_{\text{DurchUmPrSt}}$... Durchschnittlicher Umsatz pro Stück

U ... Jahresumsatz

x_j ... Jahresstückzahl

Formel 7: Berechnung des durchschn. Umsatzes pro Stück auf der WP-Anlage

Tabelle 20 zeigt eine monetäre Bewertung dieser Zeiten. Es wurde mit einem durchschnittlichen Umsatz pro Stück von 0,68 €/h¹⁹⁸ und einer durchschnittlichen Stundenleistung von 2.390 #/h¹⁹⁹ gerechnet.

Rüsten			Stillstand		
Dauer ²⁰⁰	Umsatzpotential		Dauer ²⁰¹	Umsatzpotential	
[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]	[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]
2,16	3.500	912.000	0,96	1.560	406.000

Tabelle 20: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten der WP-Anlage

Es könnten an der WP-Anlage 5.000 Stück pro Tag bzw. 1.340.000 Stück pro Jahr während des Rüstens und 2.300 Stück pro Tag bzw. 600.000 Stück pro Jahr während des Stillstands produziert werden.

¹⁹⁸ Basis: Produktmix aller Produkte der WP-Anlage, Produktionszahlen 2013 (Fr. Preisler)

¹⁹⁹ Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

²⁰⁰ lt. Multimomentaufnahme KW3 bis KW12

²⁰¹ ibidem

Tabelle 21 zeigt eine Bewertung der durch die Stillstandszeit verursachten Personalkosten. Es wurde mit einer durchschnittlichen Anzahl von Mitarbeitern an der WP-Anlage von 3²⁰² und Personalkosten von 17 €/h²⁰³ gerechnet.

	Stillstand ²⁰⁴	Personalkosten
	[h/Tag]	[€/Jahr]
WP-Anlage	0,96	13.000

Tabelle 21: Bewertung der durch die Stillstandszeit verursachten Personalkosten an der WP-Anlage

Der Stillstand der WP-Anlage kann direkt in Personalkosten umgerechnet werden, da die Mitarbeiter an der Anlage stehen, jedoch keine Produkte abgeworfen werden. Gründe für Stillstände sind unter anderem Anlagenstörungen, fehlende Zutaten und falsche Anlageneinstellungen.

In Tabelle 22 wird das manuelle Abnehmen der Produkte von der WP-Anlage bewertet. Das manuelle Abnehmen betrifft Produkte, die über die Abzieheinheit am Ende der WP-Anlage auf Bleche abgeworfen werden. Der Mitarbeiter steht an der Anlage, legt Bactrennpapier auf das Blech und schiebt das Blech in die Abzieheinheit. Nach dem Abziehen der Produkte fallen diese auf das Blech. Der Mitarbeiter nimmt das Blech und schiebt es in einen vorbereiteten Stikkenwagen. Folgende Produkte werden über diese Abzieheinheit abgeworfen:

- Topfentascherl (div. Sorten)
- Apfeltasche
- Jogurt-Himbeer-Stangerl
- ZZU Kraftweckerl
- ZZU Jausenweckerl
- Polsterzipf
- Kürbis Powerweckerl
- Müsliweckerl
- Nussstangerl
- Mohnstangerl

²⁰² Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

²⁰³ lt. Hrn. Knapp

²⁰⁴ ibidem

Pro Tag werden laut Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014 durchschnittlich 6,7 Stunden lang Produkte über die Abzieheinheit abgeworfen.

Neben der Beschäftigung eines Mitarbeiters und der dadurch entstehenden Personalkosten, kommt es zu einer erheblichen Belastung des Mitarbeiters, welcher in Summe pro Schicht ca. 4t manipuliert.

	Dauer²⁰⁵	Personalkosten
	[h/Tag]	[€/Jahr]
Produkte abnehmen	6,7	30.000

Tabelle 22: Bewertung des manuellen Abnehmens der Produkte an der WP-Anlage

Nach dem Abnehmen der Produkte müssen einige Produkte (wie zum Beispiel Topfentascherl, Gustospitz) mit Wasser bzw. Ei besprüht werden. Das Besprühen mit Ei wird teilautomatisiert durchgeführt. Dabei werden die Bleche einzelnen vom Wagen genommen, in eine Besprühanlage geschoben und anschließend wieder in den Wagen gegeben. Das Besprühen mit Wasser wird per Hand mit einem Handbesprüher durchgeführt. Dieser Vorgang nimmt pro Wagen fünf Minuten in Anspruch. Laut Aussagen von Hrn. Mayer kann dieser Vorgang in die WP-Anlage integriert werden. In Tabelle 23 wird das Einsparungspotential des manuellen Besprühens gegenüber einer automatisierten Lösung aufgezeigt.

	Dauer pro Wagen²⁰⁶	Wagenanzahl²⁰⁷	Personalkosten
	[min]	[#/Tag]	[€/Jahr]
Besprühen	5	15	5.500

Tabelle 23: Bewertung des Besprühens der Produkte von der WP-Anlage

Durch Aufteilung der Produktion auf mehrere Stockwerke und viele nicht standardisierte Prozesse kommt es zu Verzögerungen im Arbeitsablauf. Vor Beginn der Produktion müssen Wagen und Bleche vorbereitet werden. Bei Sorger gibt es mehrere unterschiedliche Wagentypen und Blechgrößen. Da es keine definierten Wagenabstellplätze gibt, müssen die entsprechenden Wagen und Bleche für jedes

²⁰⁵ Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

²⁰⁶ Zeitmessung am 25.11.13

²⁰⁷ lt. Hrn. Mayr

Produkt gesucht und vorbereitet werden. Diese Vorbereitung ist für jedes auf der WP-Anlage hergestellte Produkt notwendig. Tabelle 24 zeigt die dadurch verursachten Kosten. Es wurde mit einer durchschnittlichen Anzahl von Produkten pro Tag von 8²⁰⁸ und Personalkosten von 17 €/h²⁰⁹ gerechnet

	Dauer pro Produkt²¹⁰	Personal-kosten
	[min]	[€/Jahr]
Wagen und Bleche vorbereiten	25	15.000

Tabelle 24: Bewertung der Vorbereitungszeit an der WP-Anlage

²⁰⁸ Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

²⁰⁹ lt. Hrn. Knapp

²¹⁰ lt. Hrn. Ledl

4.5 CTR-Anlage

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Prozessanalyse der CTR-Anlage erläutert und davon ausgehend Optimierungspotentiale abgeleitet und bewertet.

Auf der CTR-Anlage wird unter anderem das Hauptprodukt Gustospitz produziert. In Abbildung 22 und Abbildung 23 sind die Produktionsschritte dargestellt. Die Schritte 1 bis 8 sind für das Produkt Gustospitz und die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl bzw. Tiefkühl-Nussschnecke identisch. Alle auf der CTR-Anlage verarbeiteten Teige müssen zuvor auf der WP-Anlage touriert und wie bei den Produkten Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke im Tiefkühl- bzw. Kühlraum eingelagert werden. Die Teige werden vor der Verarbeitung auf einer Ausrollmaschine ausgerollt. Aus dem auf die CTR-Anlage aufgelegten Teig werden pro Hub vier Dreiecke gestanzt, gedreht und durch eine Wickereinheit gerollt. Die Teiglinge werden auf einen mit einer Schinken-Käse-Mischung bedeckten Drehteller abgeworfen, per Hand in der Schinken-Käse-Mischung gewälzt und auf Bleche abgelegt. Anschließend werden die Wagen in den Gärraum ins Erdgeschoß gebracht.

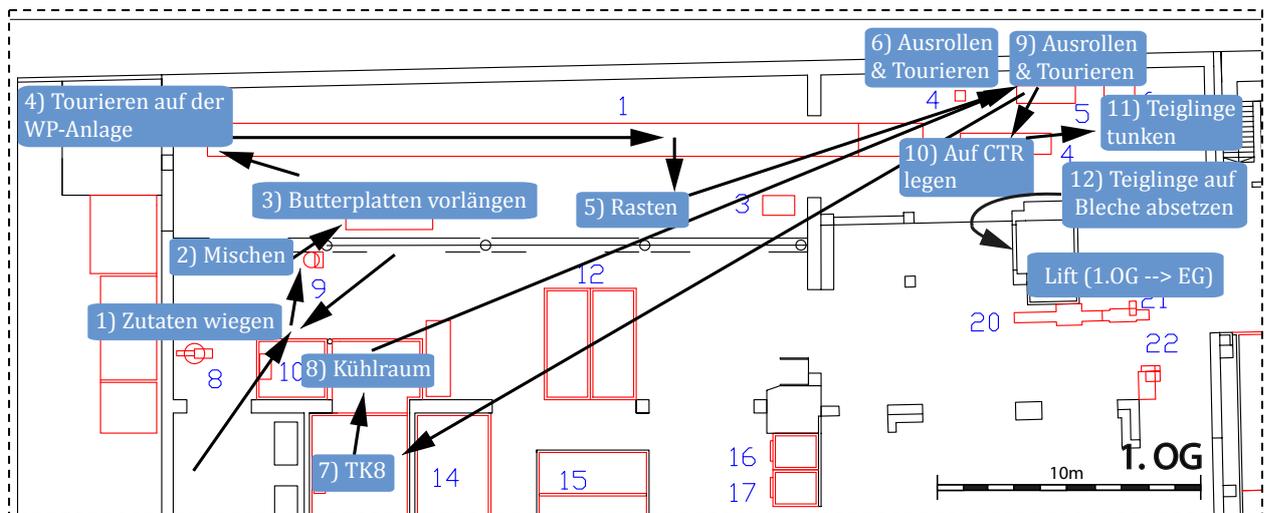


Abbildung 22: Produktionsschritte im 1. Obergeschoß für das Produkt Gustospitz

Die Gärzeit des Gustospitzes beträgt 30 Minuten, die Backzeit 18 Minuten. Danach Nach dem Auskühlen wird der Gustospitz im Expeditbereich verpackt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich während der Durchführung des Projektes der Ablauf des Produktes Gustospitz geändert hat. Im Dezember 2013 wurde eine neue Verpackungsanlage in Betrieb genommen. Diese steht nicht im 2. Obergeschoß, wo der Gustospitz bisher verpackt wurde, sondern im Erdgeschoß. Dadurch wurden zwei weitere Stockwerkwechsel eingespart.

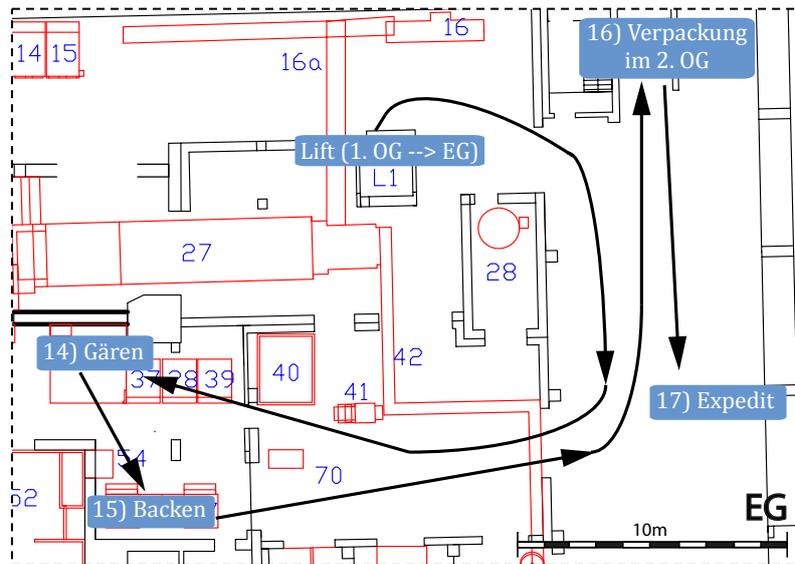


Abbildung 23: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Gustospitz

Die Anlage hat eine maximale Stundenleistung von 6.000 Stück pro Stunde. Momentan wird die Anlage mit einer Stundenleistung von maximal 3.900 Stück pro Stunde betrieben. Tatsächlich erreicht die CTR-Anlage für das Produkt Gustospitz jedoch nur einen Output von maximal 1.900 Stück pro Stunde. Der Engpass hierbei ist das Wälzen der Teiglinge in einer Schinken-Käse-Mischung auf einem Drehteller direkt nach der Anlage. Es stehen meist fünf Mitarbeiter an diesem Drehteller, Wälzen die Teiglinge und legen sie auf einem Blech ab. Liegen zu viele Teiglinge auf dem Drehteller, wird die CTR-Anlage angehalten. Sobald wieder Kapazitäten frei werden, wird die Anlage wieder eingeschaltet. Weitere Blockaden treten auf, da es zu wenig Platz im Bereich des Drehtellers gibt. Tatsächlich werden in der Betriebszeit nur 32% der Kapazitäten der CTR-Anlage genutzt. Tabelle 25 stellt den Vergleich zwischen der maximal möglichen Leistung und dem tatsächlichen Output dar.

	Max. mögliche Leistung ²¹¹	Aktuelle Leistung ²¹²		Tatsächlicher Output ²¹³	
	[#/h]	[#/h]	[%]	[#/h]	[%]
Produktmix	6.000	3.900	65	1.900	32

Tabelle 25: Vergleich des tatsächlichen Outputs mit der aktuellen bzw. der max. möglichen Leistung der CTR-Anlage

²¹¹ Hr. Knapp

²¹² Messung am 15.11.13

²¹³ Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

Bei einem Umsatz pro Stück von 0,69 €²¹⁴ ergibt sich ein Umsatzpotential von 12.500 € pro Tag und 3.236.000 € pro Jahr.

Aus der Multimomentaufnahme ergeben sich folgende prozentuale Anteile:

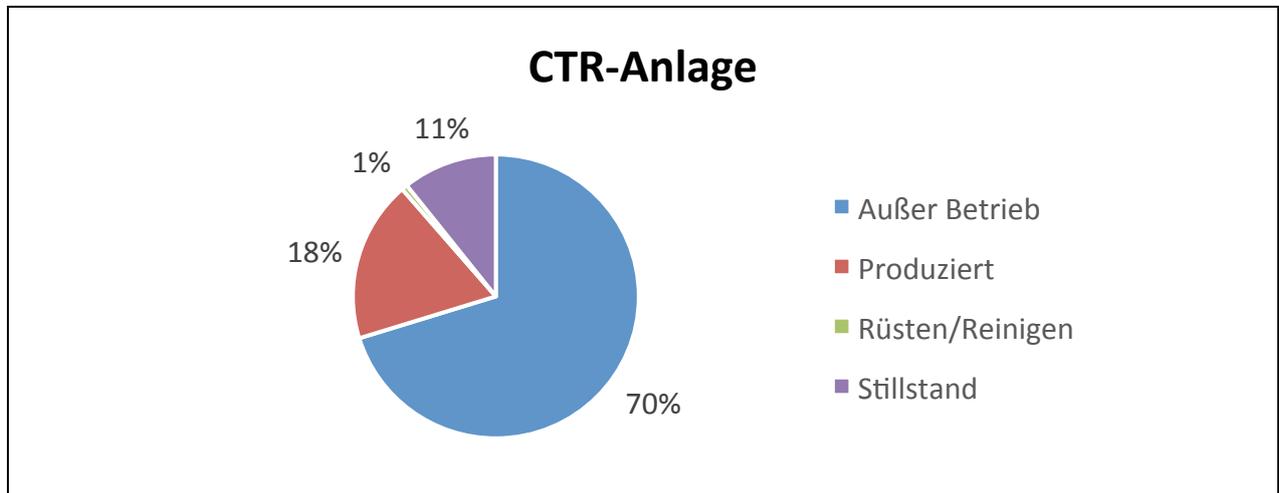


Abbildung 24: Ergebnis der MMA für die CTR-Anlage

Tabelle 26 zeigt die Anteile der Arbeitsabläufe in Prozent und Stunden.

	Anteil	
	[%]	[h]
Außer Betrieb	70	16,8
Produziert	18	4,40
Rüsten/Reinigen	1	0,16
Stillstand	11	2,56

Tabelle 26: Anteile der Arbeitsabläufe an der CTR-Anlage in Prozent und Stunden

Die CTR-Anlage ist im 1. Obergeschoß positioniert. Es ist daher ein Stockwerkwechsel notwendig. Abbildung 25 bis Abbildung 27 zeigen die Transportwege im 1. Obergeschoß, Erdgeschoß und im 2. Obergeschoß (Reihenfolge entsprechend dem Produktionsprozess).

²¹⁴ lt. Produktionszahlen 2013 (Hr. Zuser)

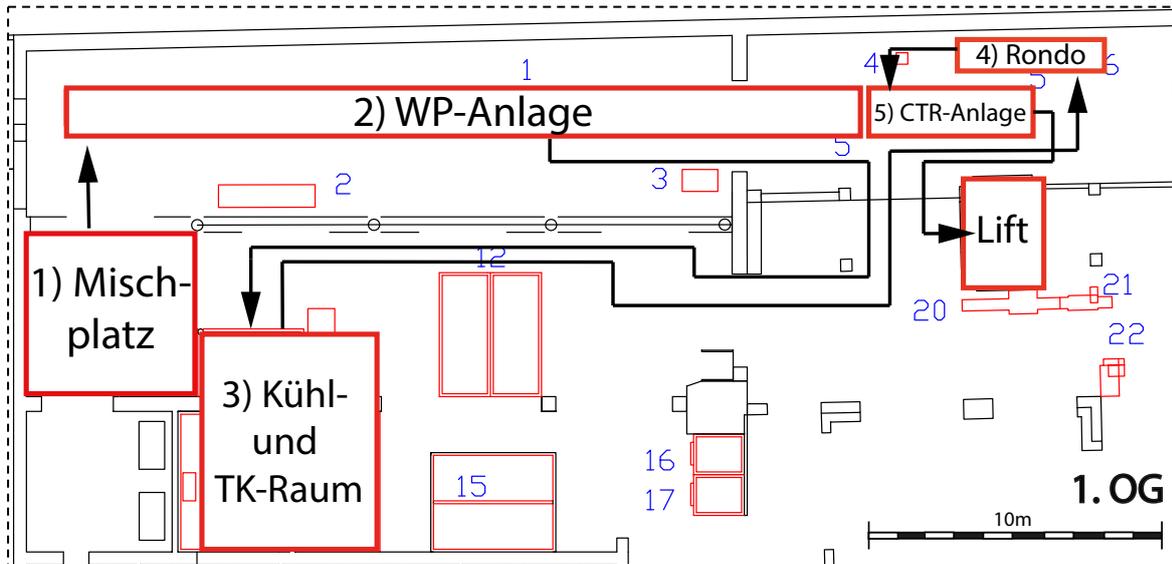


Abbildung 25: Transportwege im 1. Obergeschoß für das Produkt Gustospitz

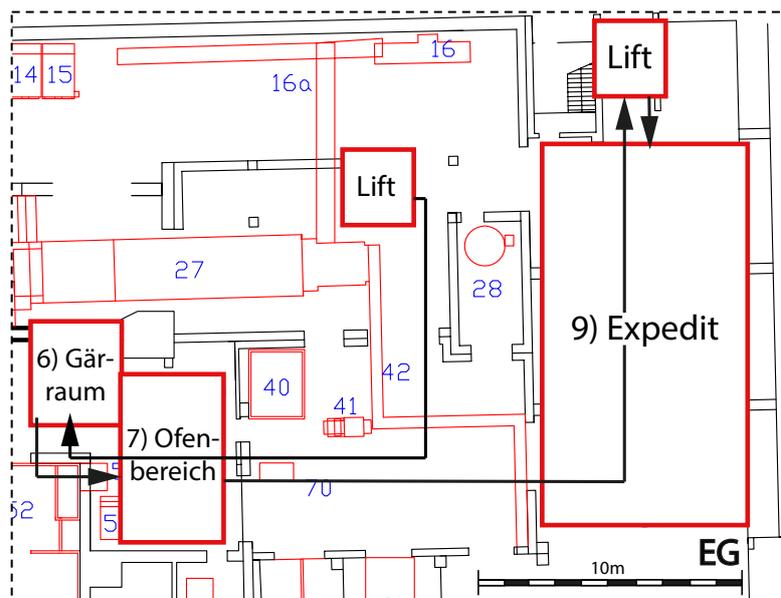


Abbildung 26: Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Gustospitz

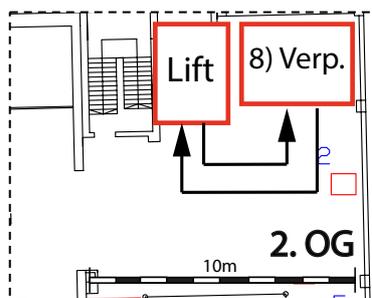


Abbildung 27: Transportwege im 2. Obergeschoß für das Produkt Gustospitz

Durch die suboptimale Anordnung der Räume und Anlagen müssen neben einem Stockwerkwechsel lange Wege zurückgelegt werden. Tabelle 27 zeigt eine monetäre Bewertung dieser Transportwege. Wie in Kapitel 4.4 beschrieben, wurde der Wert für die durchschnittliche Stückzahl pro Tag aus den Jahresstückzahlen 2013 berechnet.

$$x_{\text{PTag}} = \frac{x_j}{T_W * W_j} = \frac{4.400.000\#}{5 * 52} = 17.000\#$$

x_j ... Jahresstückzahl
 x_{PTag} ... Durchschnittliche Stückzahl pro Tag
 W_j ... Wochen pro Jahr
 T_W ... Tage pro Woche

Formel 8: Berechnung der durchschnittlichen Stückzahl pro Tag

Die Berechnung der Wagenanzahl erfolgt wie in Formel 5 in Kapitel 4.4 mit einer Blechbelegung von 24 Stück und einer Wagenbelegung von 20 Blechen. Die Transportzeit pro Wagen wurde mittels Zeitmessung erhoben.

	Durchschn. Stückzahl ²¹⁵	Wagenanzahl	Transportzeit pro Wagen ²¹⁶	Personalkosten
	[#/Tag]	[#/Tag]	[min]	[€/Jahr]
Gustospitz	11.500	24	7	12.400
Produktgruppe Gustospitz	17.000	35	7	18.000

Tabelle 27: Bewertung der Transportwege für die Produktgruppe Gustospitz

Für die folgenden Berechnungen wird ein Produktmix aller im Jahr 2013 auf der CTR-Anlage hergestellten Produkte herangezogen. Der durchschnittliche Umsatz pro Stück, die durchschnittliche Stundenleistung und das Umsatzpotential beziehen sich auf diesen Produktmix.

²¹⁵ lt. Produktionszahlen 2013 (Hr. Zuser)

²¹⁶ Basis: Zeitmessung am 15.11.13, Aussagen von Hrn. Knapp, Hrn. Zuser und Produktionsmitarbeiter

$$x_{\text{DurchUmPrSt}} = \frac{U}{x_j} = \frac{3.400.000\text{€}}{4.950.000\#} = 0,69\text{€/}\#$$

$x_{\text{DurchUmPrSt}}$... Durchschnittlicher Umsatz pro Stück

U ... Jahresumsatz

x_j ... Jahresstückzahl

Formel 9: Berechnung des durchschn. Umsatzes pro Stück auf der CTR-Anlage

Aus den Ergebnissen der Multimomentaufnahme geht hervor, dass 0,16 Stunden mit Rüsten bzw. Reinigen verbracht werden und die Anlage 2,56 Stunden still steht. Tabelle 28 zeigt eine monetäre Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten. Es wurde mit einem durchschnittlichen Umsatz pro Stück von 0,69 €/h²¹⁷ und einer durchschnittlichen Stundenleistung von 1.840 Stück pro Stunde²¹⁸ gerechnet.

Rüsten			Stillstand		
Dauer ²¹⁹	Umsatzpotential		Dauer ²²⁰	Umsatzpotential	
[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]	[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]
0,16	210	55.000	2,56	3.350	873.000

Tabelle 28: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten der CTR-Anlage

Es könnten an der CTR-Anlage 300 Stück pro Tag bzw. 78.000 Stück pro Jahr während des Rüstens und 4.700 Stück pro Tag bzw. 1.220.000 Stück pro Jahr während des Stillstands produziert werden.

²¹⁷ Basis: Produktmix aller Produkte der WP-Anlage, Produktionszahlen 2013 (Fr. Preisler)

²¹⁸ Aufzeichnungen von KW50 2013 bis KW9 2014 (Hr. Nast)

²¹⁹ lt. Multimomentaufnahme KW3 bis KW12

²²⁰ ibidem

4.6 Brotlinie

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Prozessanalyse der Brotlinie erläutert und davon ausgehend Optimierungspotentiale abgeleitet und bewertet.

Auf der Brotlinie bzw. Kemper (Brotteigteiler) wird unter anderem das Hauptprodukt Bio-Roggenbrot hergestellt. In Abbildung 28 sind die Produktionsschritte dargestellt. Nummerierungen mit einem vorangestellten „S“ betreffen den Sauerteig, mit einem vorangestellten „K“ das Kochstück. Hierbei sind schon im Vorfeld sehr viele Produktionsschritte notwendig. Über 16 Stunden bevor der Teig für die Kemper geknetet wird, wird mit der Sauerteigvorbereitung begonnen. Parallel wird das Kochstück vorbereitet. Kurz bevor der Teig zum Teigteiler (Kemper) transportiert wird, werden Kochstück, Sauerteig und die restlichen Zutaten gemischt und geknetet. Der Teigteiler portioniert die Teigstücke und wirft sie ab. Diese werden in die vorbereiteten Simperl gegeben und auf den Wagen gelegt. Nach einer 50 minütigen Gärzeit neben den Öfen, werden die Brote für 90 Minuten gebacken. Um ein gleichmäßiges Ergebnis zu erzielen, werden nach 45 Minuten die vorderen Brote um 40cm nach hinten geschoben. Nach dem Backen werden die Brote zum Auskühlen auf Wagen ins Expedit gestellt und danach kommissioniert und ausgeliefert.

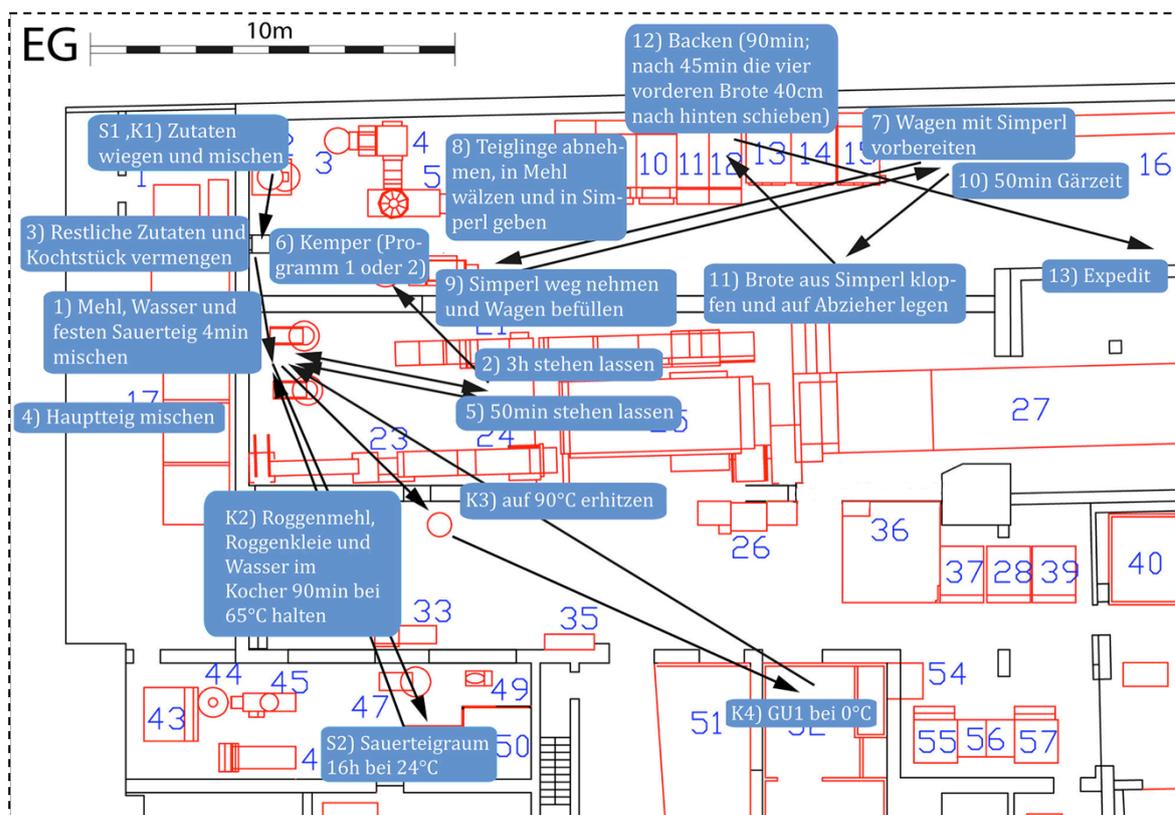


Abbildung 28: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Bio-Roggenbrot

Tabelle 29 zeigt einen Vergleich der maximal möglichen Leistung des tatsächlichen Outputs.

	Max. mögliche Leistung ²²¹	Tatsächlicher Output ²²²	
	[/h]	[/h]	[%]
Produktmix	1.500	595	40

Tabelle 29: Vergleich des tatsächlichen Outputs mit der max. möglichen Leistung der Kemper

Bei einem Umsatz pro Stück von 2,12 €²²³ ergibt sich ein Umsatzpotential von 7.500 € pro Tag und 1.950.000 € pro Jahr.

Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse der Multimomentaufnahme für die Kemper.

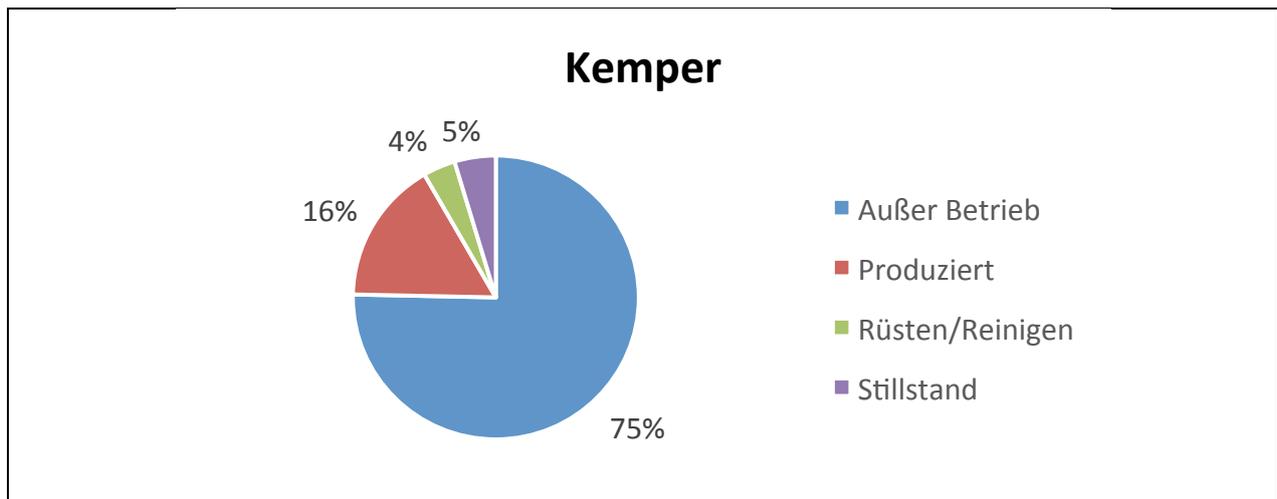


Abbildung 29: Ergebnis der MMA für die Kemper

²²¹ Hr. Knapp

²²² Aufzeichnungen von KW47 2013 bis KW3 2014

²²³ lt. Produktionszahlen 2013 (Hr. Zuser)

Tabelle 30 zeigt die Anteile der Arbeitsabläufe in Prozent und Stunden.

	Anteil	
	[%]	[h]
Außer Betrieb	75	18,08
Produziert	16	3,92
Rüsten/Reinigen	4	0,88
Stillstand	5	1,12

Tabelle 30: Anteile der Arbeitsabläufe an der Kemper in Prozent und Stunden

Bei der Teigvorbereitung sind durch die suboptimale Anordnung der Räume und Anlagen viele lange Wege zurückzulegen. Die Wege zwischen Kemper, Gärfläche und Öfen sind hingegen durch die gute Anordnung kurz. In Abbildung 30 sind die Transportwege für das Produkt Bio-Roggenbrot im Erdgeschoß dargestellt.

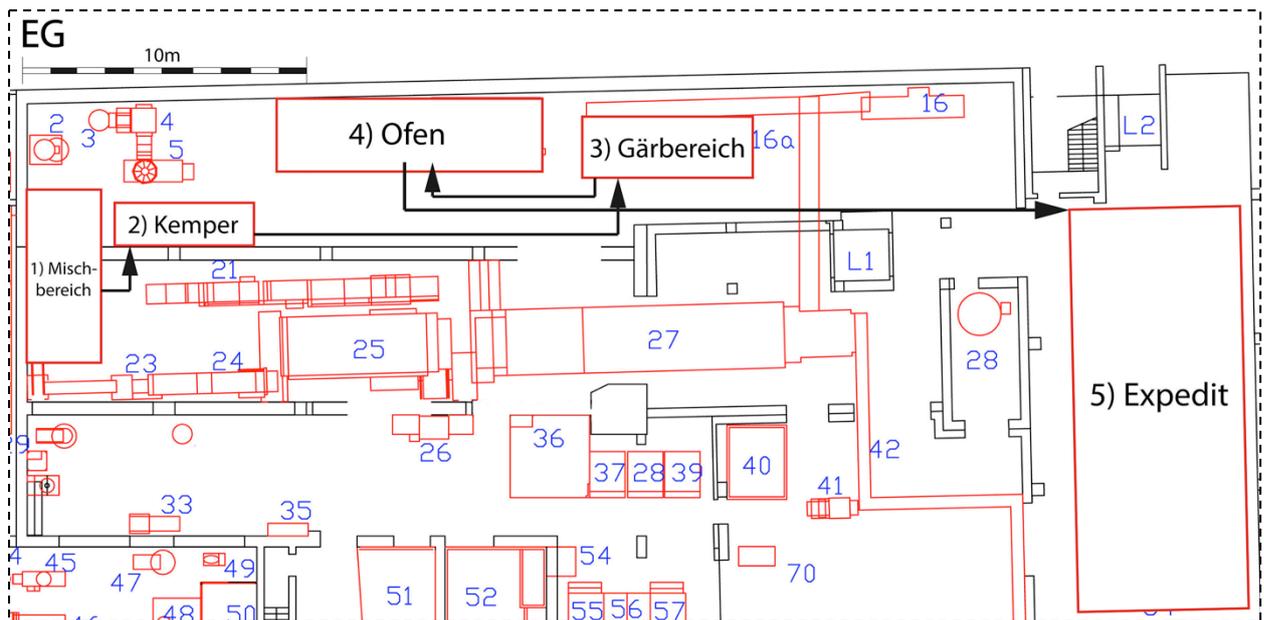


Abbildung 30: Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Bio-Roggenbrot

Tabelle 31 zeigt eine monetäre Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten. Es wurde mit einem durchschnittlichen Umsatz pro Stück von 2,12 €/h²²⁴ und einer

²²⁴ Basis: Produktmix aller Produkte der WP-Anlage, Produktionszahlen 2013 (Fr. Preisler)

durchschnittlichen Stundenleistung von 595 Stück pro Stunde²²⁵ gerechnet. Diese Zahlen sind Durchschnittswerte und beziehen sich auf einen Produktmix aller im Jahr 2013 an der Kemper hergestellten Produkte.

Rüsten			Stillstand		
Dauer ²²⁶	Umsatzpotential		Dauer ²²⁷	Umsatzpotential	
[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]	[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]
0,88	1.110	289.000	1,12	1.400	367.000

Tabelle 31: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten der Kemper

Es könnten an der Kemper 523 Stück pro Tag bzw. 136.000 Stück pro Jahr während des Rüstens und 666 Stück pro Tag bzw. 173.000 Stück pro Jahr während des Stillstands produziert werden.

Die Kemper erreicht für das Produkt Bio-Roggenbrot eine Stundenleistung von durchschnittlich 850 Stück pro Stunde²²⁸. Die Brotbacköfen in der Bäckerei werden erst beschickt, wenn alle Abzieheinheiten mit Broten belegt sind. Der dadurch entstehende nicht kontinuierliche Ablauf bedingt ein Anhalten der Kemper. Erst wenn die Abzieheinheiten und die Ofenfläche frei werden, kann an der Kemper weiter produziert werden.

Der Teig wird mittels Hebekipper aufgehoben und in die Anlage gekippt. Aufgrund der nicht vorhandenen Ausschereinrichtung muss ein Mitarbeiter auf die Anlage klettern und den Kessel per Hand ausscheren. Ein fehlendes Sicherheitsgitter erfordert ein beständiges Betätigen des Druckknopfes, um das Sicherheitsrisiko zu reduzieren. Bereits eingeholte Angebote für neue Anlagen berücksichtigen einerseits ein Sicherheitsgitter und andererseits eine automatische Kesselausschereinrichtung.

Ansatzpunkt für Optimierungen der Brotlinie ist der Ofenbereich (siehe Kapitel 4.9).

²²⁵ Aufzeichnungen von KW50 2013 bis KW9 2014 (Hr. Nast)

²²⁶ lt. Multimomentaufnahme KW3 bis KW12

²²⁷ ibidem

²²⁸ Aufzeichnungen von KW50 2013 bis KW9 2014 (Hr. Nast)

4.7 Kleingebäcklinie

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Prozessanalyse der Kleingebäcklinie erläutert und davon ausgehend Optimierungspotentiale abgeleitet und bewertet.

Auf der Kleingebäcklinie bzw. König II in der Bäckerei wird unter anderem das Hauptprodukt Knusperspitz produziert. In Abbildung 31 sind die Produktionsschritte dargestellt. Nummerierungen mit einem vorangestellten „B“ betreffen das Brühstück, mit einem vorangestellten „W“ den Weizenvorteig. Bevor der Teig für die König II gemischt und geknetet wird, wird der Weizenvorteig bzw. das Kochstück vorbereitet. Diese Vorbereitungen beginnen bereits 10 Stunden vor der Produktion auf der König II. Die König II portioniert den Teig, wickelt die Teiglinge und wirft sie über eine Abzieheinheit auf Bleche ab. Ein Blechmanipulator schiebt die Bleche in einen Stikkenwagen. Die Produkte werden bis 23:00 Uhr im Tiefkühl-Raum gelagert. Nach einer 30 minütigen Rastzeit bei Raumtemperatur werden die Wagen für eine Stunde in den Gärraum gestellt. Anschließend werden die Produkte gebacken, zum Verpacken ins 1. Obergeschoß und anschließend wieder ins Expedit im Erdgeschoß transportiert.

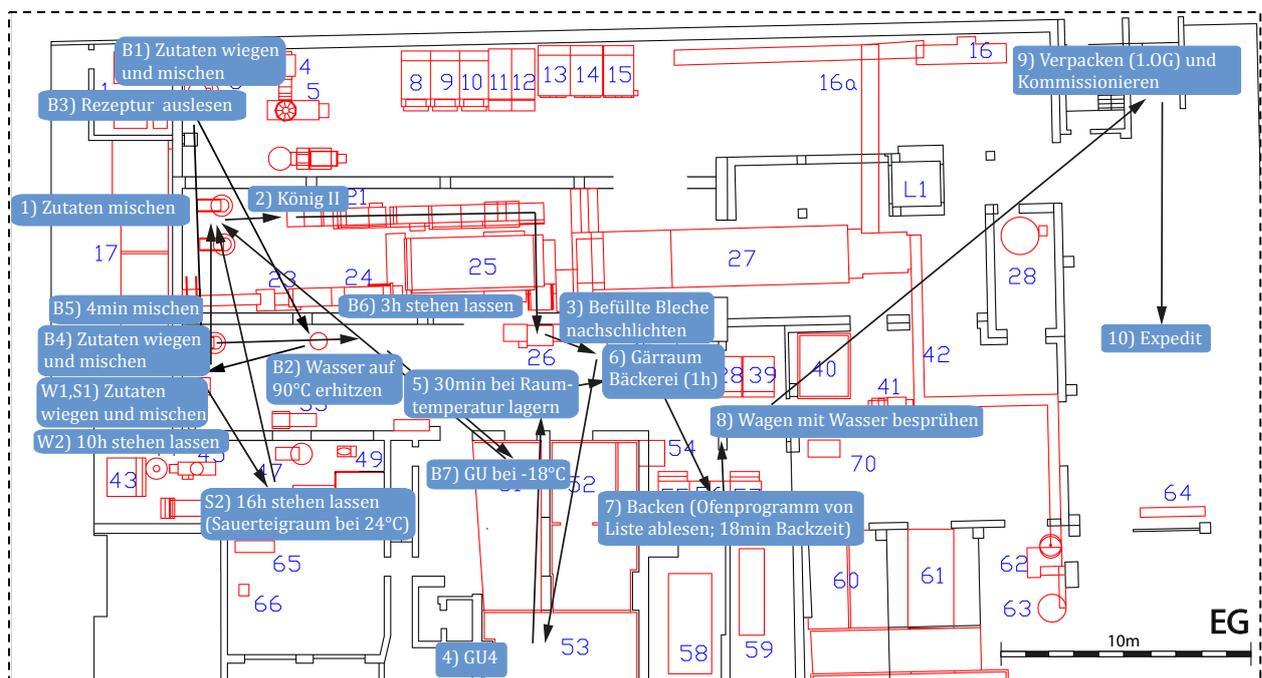


Abbildung 31: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Knusperspitz

Abbildung 32 zeigt das Ergebnis der MMA für die König II.

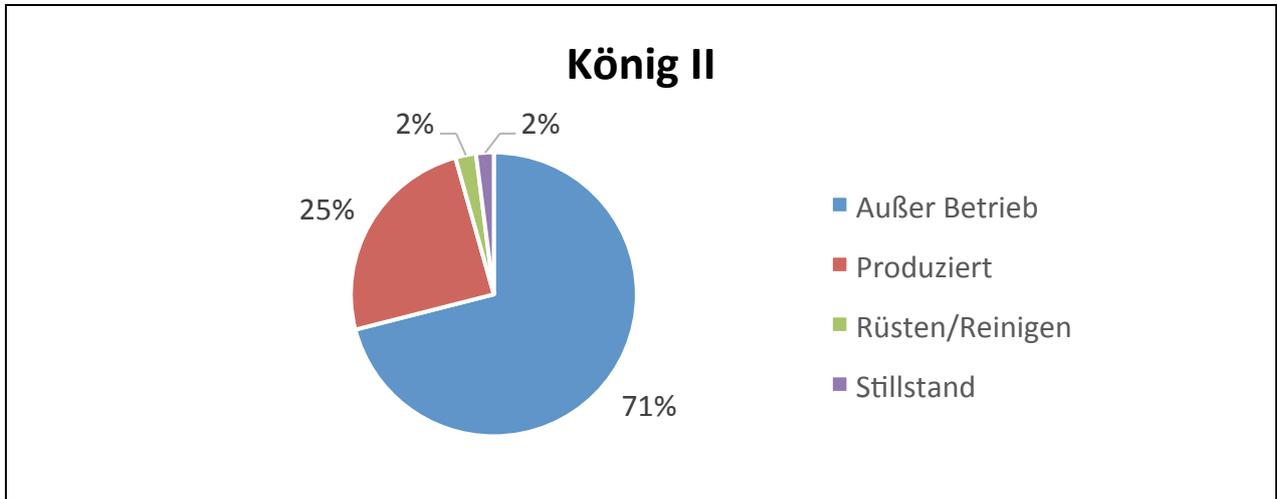


Abbildung 32: Ergebnis der MMA für die König II

Tabelle 32 zeigt die Anteile der Arbeitsabläufe in Prozent und Stunden.

	Anteil	
	[%]	[h]
Außer Betrieb	71	17,04
Produziert	25	5,92
Rüsten/Reinigen	2	0,56
Stillstand	2	0,48

Tabelle 32: Anteile der Arbeitsabläufe an der König II in Prozent und Stunden

In Abbildung 33 sind die Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Knusperspitz dargestellt, in Abbildung 34 die Transportwege im 1. Obergeschoß.

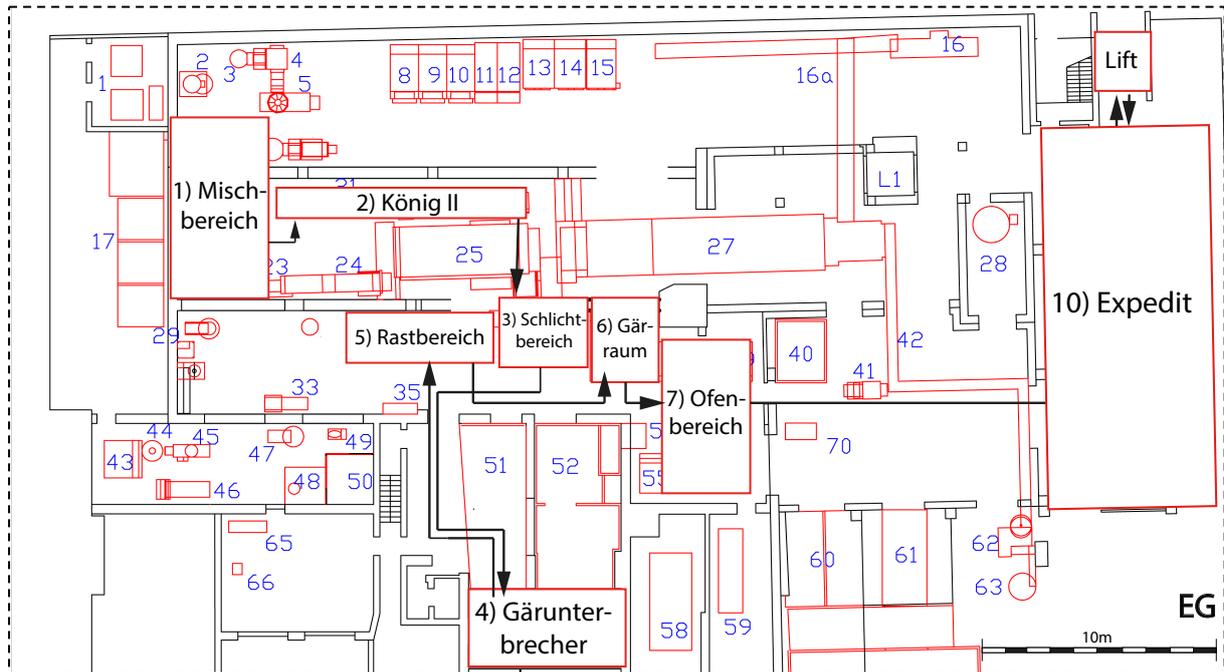


Abbildung 33: Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Knusperspitz

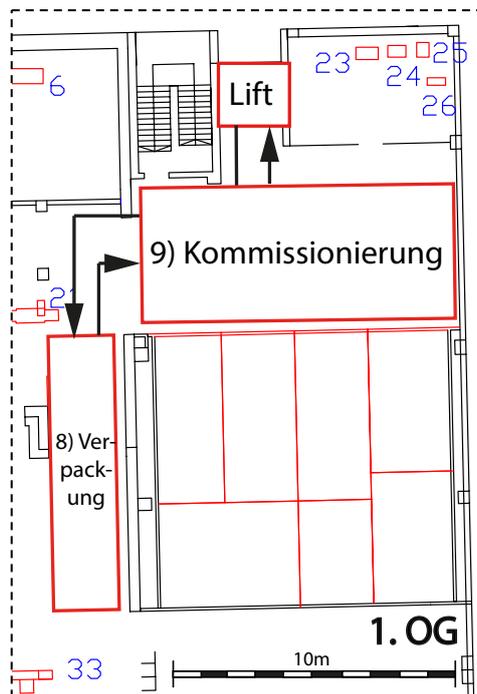


Abbildung 34: Transportwege im 1. Obergeschoß für das Produkt Knusperspitz

Da sowohl die König II als auch die Abzieheinheit die Produkte ungenau abwerfen, müssen hier Zusatz Tätigkeiten durchgeführt werden. Dabei wird jedes Blech aus dem Wagen genommen, alle Produkte ausgerichtet und fehlende Produkte hinzugefügt. Weitere Zusatz Tätigkeiten entstehen durch die inhomogene Verteilung der

Luffeuchtigkeit im Gärraum. Um ein gleichmäßiges Ergebnis der Gare zu erreichen müssen jeweils die unteren Bleche nach oben und die oberen Bleche nach unten geschichtet werden. In Tabelle 33 sind die dadurch verursachten Personalkosten angegeben. Diese werden mit einem Stundensatz von 17 €/h berechnet. Die Wagenanzahl pro Tag von 112 ergibt sich durch die durchschnittliche Auslastung des Gärraums von 7 Wagen für die Vormittags- und Nachmittagschicht (also 16 Stunden).²²⁹

	Wagenanzahl	Dauer	Personalkosten
	[#/Tag]	[min/Wagen]	[€/Jahr]
König I+II	27 ²³⁰	8 ²³¹	16.000
Gärraum	112	1 ²³²	8.250

Tabelle 33: Bewertung der Zusatztätigkeiten

Wie in Abbildung 31 dargestellt, sind für das Produkt Knusperspitz sehr viele Produktionsschritte notwendig. Die suboptimale Anordnung der Betriebsmittel verursacht lange Transportwege. In Tabelle 34 sind die dadurch verursachten Personalkosten angeführt. Die Berechnung der durchschnittlichen Stückzahl pro Tag und die Wagenanzahl berechnen sich wie in den Kapiteln zuvor.

	Durchschn. Stückzahl²³³	Wagenanzahl	Transportzeit²³⁴	Personalkosten
	[#/Tag]	[#/Tag]	[min/Wagen]	[€/Jahr]
Knusperspitz	15.400	30	6	13.000

Tabelle 34: Bewertung der Transportwege für das Produkt Knusperspitz

Tabelle 35 zeigt eine monetäre Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten. Es wurde mit einem durchschnittlichen Umsatz pro Stück von 0,34 €/h²³⁵ und einer durchschnittlichen Stundenleistung von 3.455 #/h²³⁶ gerechnet.

²²⁹ lt. Hrn. Wallner

²³⁰ ibidem

²³¹ Zeitmessung am 22.01.14

²³² lt. Hrn. Wallner

²³³ lt. Produktionszahlen 2013 (Fr. Preisler)

²³⁴ Zeitmessung am 15.11.13

Rüsten			Stillstand		
Dauer ²³⁷	Umsatzpotential		Dauer ²³⁸	Umsatzpotential	
[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]	[h/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]
0,56	660	171.600	0,48	560	146.000

Tabelle 35: Bewertung der Rüst- und Stillstandzeiten an der König II

²³⁵ Basis: Produktmix aller Produkte der König II, Produktionszahlen 2013 (Fr. Preisler)

²³⁶ Aufzeichnungen von KW28 bis KW30 2013 (Hr. Nast)

²³⁷ lt. Multimomentaufnahme KW3 bis KW12

²³⁸ ibidem

4.8 Konditorei

In der Konditorei wird unter anderem das Hauptprodukt Dinkelkuchen hergestellt. Aufgrund der engen Anordnungen der Stationen sind die Wege sehr kurz. Wie in Abbildung 35 ersichtlich, gibt es jedoch viele Kreuzungen und Rückflüsse im Warenfluss. Der Handschneidebereich (neben Station 9) wurde durch eine Ende 2013 angeschaffte Schneidemaschine (Station 8) ersetzt. In Abbildung 35 sind die Produktionsschritte des Dinkelkuchens im 1. Obergeschoß dargestellt.

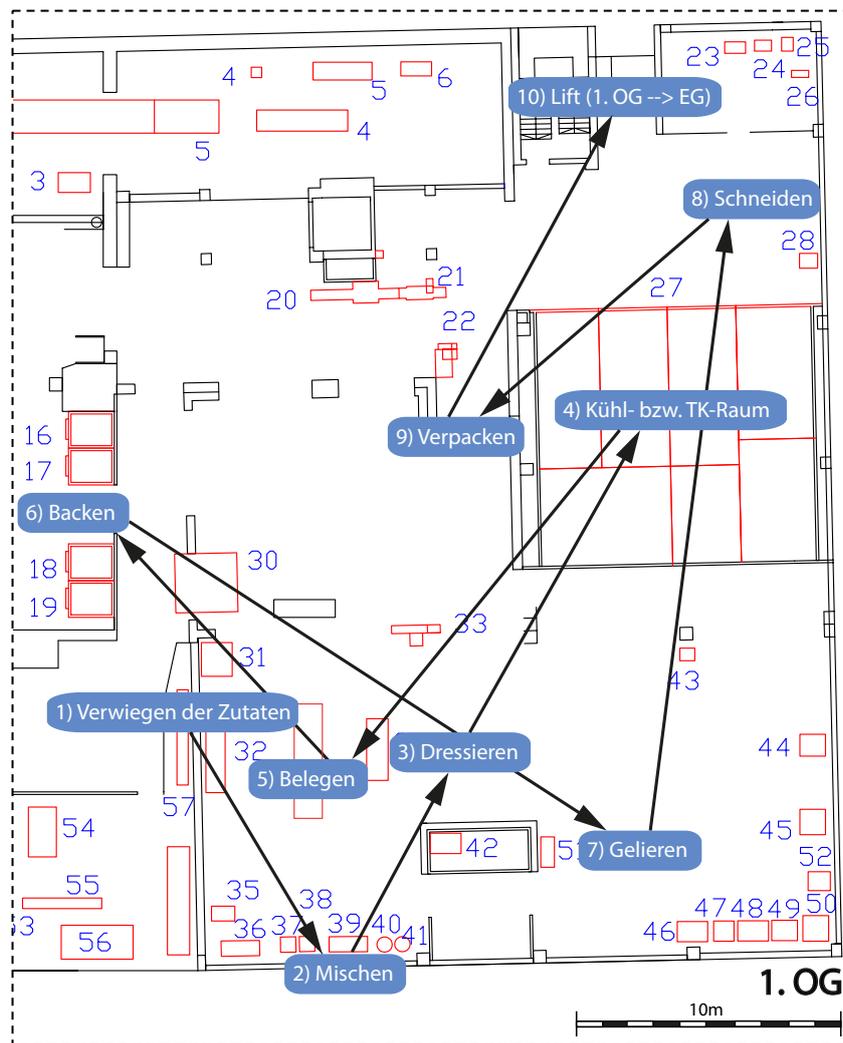


Abbildung 35: Produktionsschritte im 1. Obergeschoß für das Produkt Dinkelkuchen

Wie Abbildung 36 zeigt, findet im Erdgeschoß lediglich die Auslieferung statt.

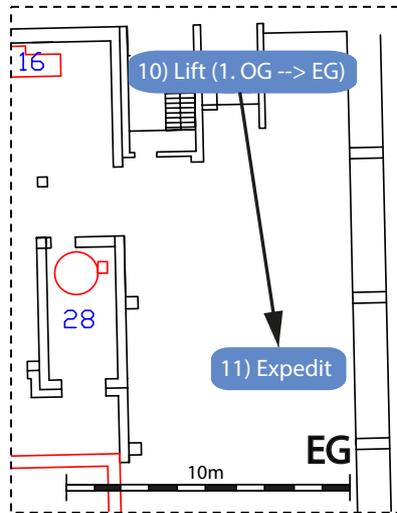


Abbildung 36: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Dinkelkuchen

Abbildung 37 zeigt die Ergebnisse der Multimomentaufnahme für die Maschinen der Konditorei.

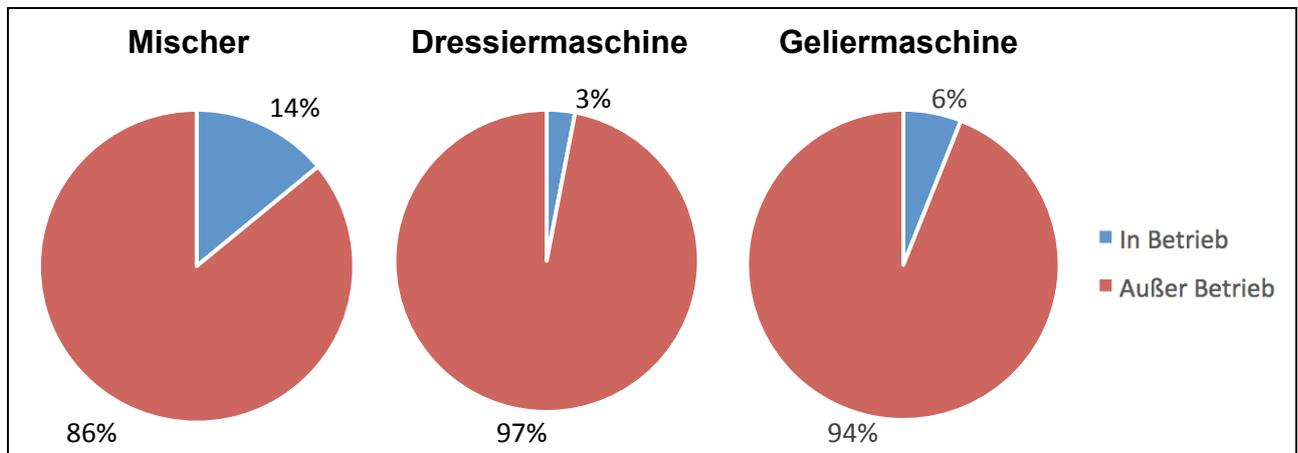


Abbildung 37: Ergebnisse der MMA für die Konditoreimaschinen

4.9 Backöfen

In der gesamten Produktion befinden sich 10 Stikkenöfen (5 im Erdgeschoß, 5 im 1. Obergeschoß), 6 Etagenöfen (Erdgeschoß) und 3 Modulbacköfen (Erdgeschoß).

In Abbildung 38 und Tabelle 36 sind die Ergebnisse der Multimomentaufnahme für die Öfen dargestellt.

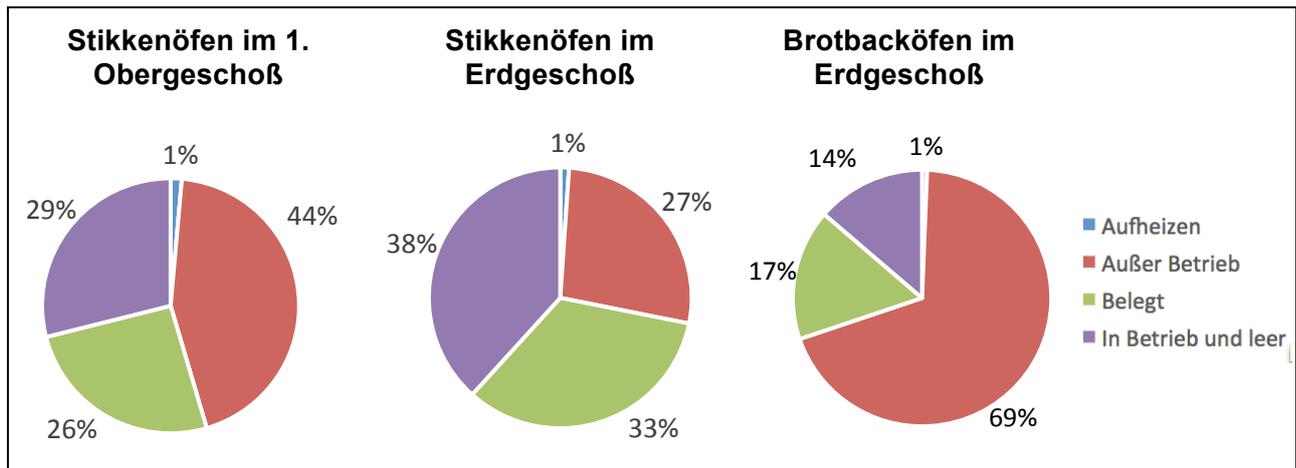


Abbildung 38: Ergebnis der MMA für die Backöfen

Tabelle 36 zeigt die Anteile der Ablaufarten für die Backöfen in Prozent und Stunden.

	Aufheizen		Außer Betrieb		Belegt		In Betrieb und leer	
	[%]	[h]	[%]	[h]	[%]	[h]	[%]	[h]
Stikkenöfen 1. OG (5x)	1	0,34	44	10,58	26	6,14	29	6,94
Stikkenöfen EG (5x)	1	0,26	27	6,45	33	7,98	38	9,12
Brotbacköfen EG (9x)	1	0,15	69	16,60	17	3,96	14	3,28

Tabelle 36: Anteile der Ablaufarten für die Backöfen in Prozent und Stunden

Es werden nur geringe Anteile der Ofenkapazitäten genutzt. Zwischen 14 und 38% der Zeit sind die Öfen aufgeheizt (Ist-Temperatur = Soll-Temperatur) und leer. Dies ist einerseits auf Probleme im Ablauf und andererseits auf ein Fehlverhalten des Personals zurückzuführen. Es werden oft mehr Öfen als benötigt eingeschaltet. Da es keinen absolut kontinuierlichen Ablauf gibt, kommt es vor, dass der Ofenarbeiter Schwierigkeiten hat, die gesamte vorhandene Ofenfläche zu nützen. Diese Schwierigkeiten sind auf Tätigkeiten wie das Besprühen mit Wasser bzw. Ei und das

Umschichten von Blechen zurückzuführen. Das hier erwähnte Umschichten der Bleche ist notwendig, da die Produkte auf verdichteten Wagen gelagert werden, um so die benötigten Lagerflächen zu reduzieren. Sie müssen jedoch vor dem Backen auf Backwagen umgeschichtet werden, damit ein entsprechendes Backergebnis erzielt werden kann. In Tabelle 37 sind die Kosten für den durch die aufgeheizten leeren Öfen verursachten Ölverbrauchs angeführt. Der Ölverbrauch im Standby-Modus beträgt laut Herstellerangaben der Firma König 3,25 Liter pro Stunde²³⁹. Der für die Berechnung verwendete Ölpreis für extra leichtes Heizöl entspricht dem tagesaktuellen Wert der Arbeiterkammer Steiermark vom 21.04.14²⁴⁰. Von den 19 betrachteten Öfen sind 10 Stikkenöfen der Firma König. Für die anderen 9 Öfen (6 Etagenöfen, 3 Modulbacköfen) wird ein um den Faktor 1,62 höherer Energieverbrauch angenommen.²⁴¹ Formel 10 zeigt die Berechnung der Kosten, die durch die aufgeheizten und leeren Öfen verursacht werden.

$$K_J = t * V_{sb} * P_H * T_J = 8,03 * 3,25 * 0,9 * 260 = 6100\text{€}$$

V_{sb} ... Ölverbrauch $\left[\frac{l}{h}\right]$

P_H ... Heizölpreis [€]

t ... Dauer im Zustand in Betrieb und leer [h]

K_J ... Kosten pro Jahr [€]

T_J ... Produktionstage pro Jahr

Formel 10: Berechnung der durch einen leeren und aufgeheizten Stikkenofen verursachten jährlichen Kosten

Für die 10 Stikkenöfen (5 im 1. Obergeschoß und 5 im Erdgeschoß) ergibt sich somit ein Betrag von 61.000 €. Die Berechnung für die Etagen- und Modulbacköfen erfolgt analog zu den Stikkenöfen, jedoch muss der Umrechnungsfaktor von 1,62 berücksichtigt werden.

²³⁹ Vgl. Stelzer (2013)

²⁴⁰ Arbeiterkammer Steiermark

²⁴¹ Vgl. Weigl (1997), S. 45

	Aufgeheizt und leer	Verbrauch	Kosten	
	[h/Tag]	[l/Tag]	[€/Tag]	[€/Jahr]
Stikkenöfen (10x)	8,03	261	235	61.000
Etagen-/ Modulbacköfen (9x)	3,28	156	140	36.400

Tabelle 37: Kosten des durch die aufgeheizten leeren Öfen verursachten Ölverbrauchs

In Summe ergeben sich dadurch Kosten von 97.400 € pro Jahr.

Die Etagenöfen im Brotbereich werden fast gleichzeitig und immer voll beschickt. Der Ofenarbeiter wartet, bis alle Abzieheinheiten voll sind und erst dann werden die Öfen beschickt. Diese Vorgehensweise hat einen nicht kontinuierlichen Ablauf zur Folge.

Der Durchlaufofen im Erdgeschoß wurde aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit, da nur die Zustände „In Betrieb“ und „Außer Betrieb“ aufgenommen werden konnten, unabhängig von den Stikken-, Etagen- und Modulbacköfen betrachtet. Abbildung 39 zeigt das Ergebnis der Multimomentaufnahme für den Durchlaufofen.

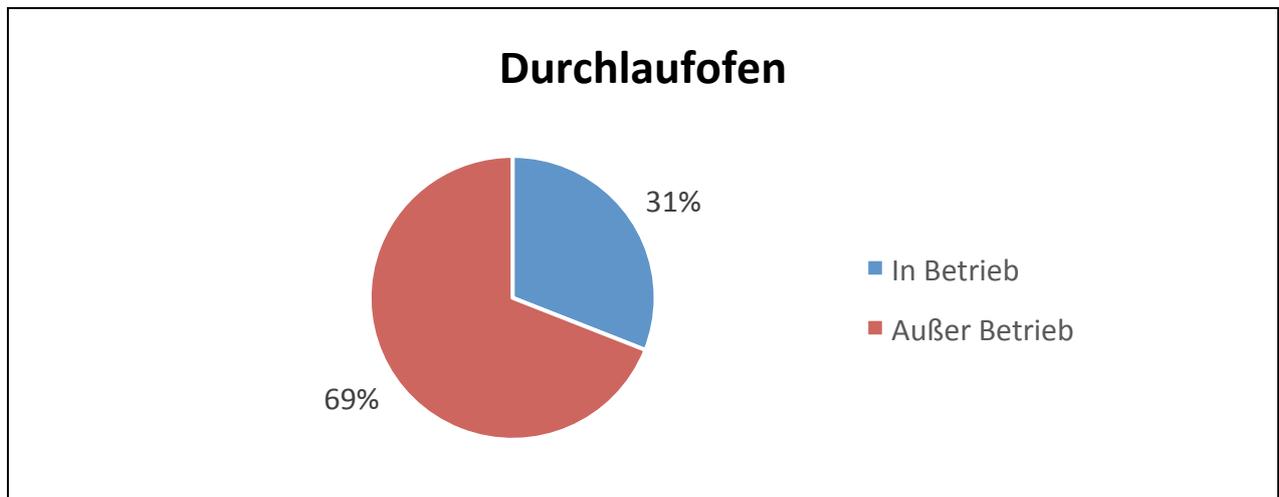


Abbildung 39: Ergebnis der MMA für den Durchlaufofen

4.10 Verpackungsmaschinen

Zu Beginn (November 2013) des Projekts waren folgende Verpackungsmaschinen vorhanden:

- Record Panda Verpackungsmaschine (2. Obergeschoß)
- Dorner VI60 Verpackungsmaschine (1. Obergeschoß)
- Dorner ET20 Brot-Verpackungsmaschine (Erdgeschoß)

Im Dezember 2013 wurde eine neue Verpackungsmaschine vom Typ Record Scorpion angeschafft. Diese Maschine wurde im Expeditbereich im Erdgeschoß positioniert, um die Wege der fertigen Produkte innerhalb der Produktion zu reduzieren. Große Auswirkungen hat diese Neuanschaffung vor allem auf die Produkte Gustospitz (zuvor im 1. Obergeschoß verpackt) und Knusperspitz (zuvor im 2. Obergeschoß verpackt). Abbildung 40 zeigt die Ergebnisse der Multimomentaufnahme für die Verpackungsmaschinen.

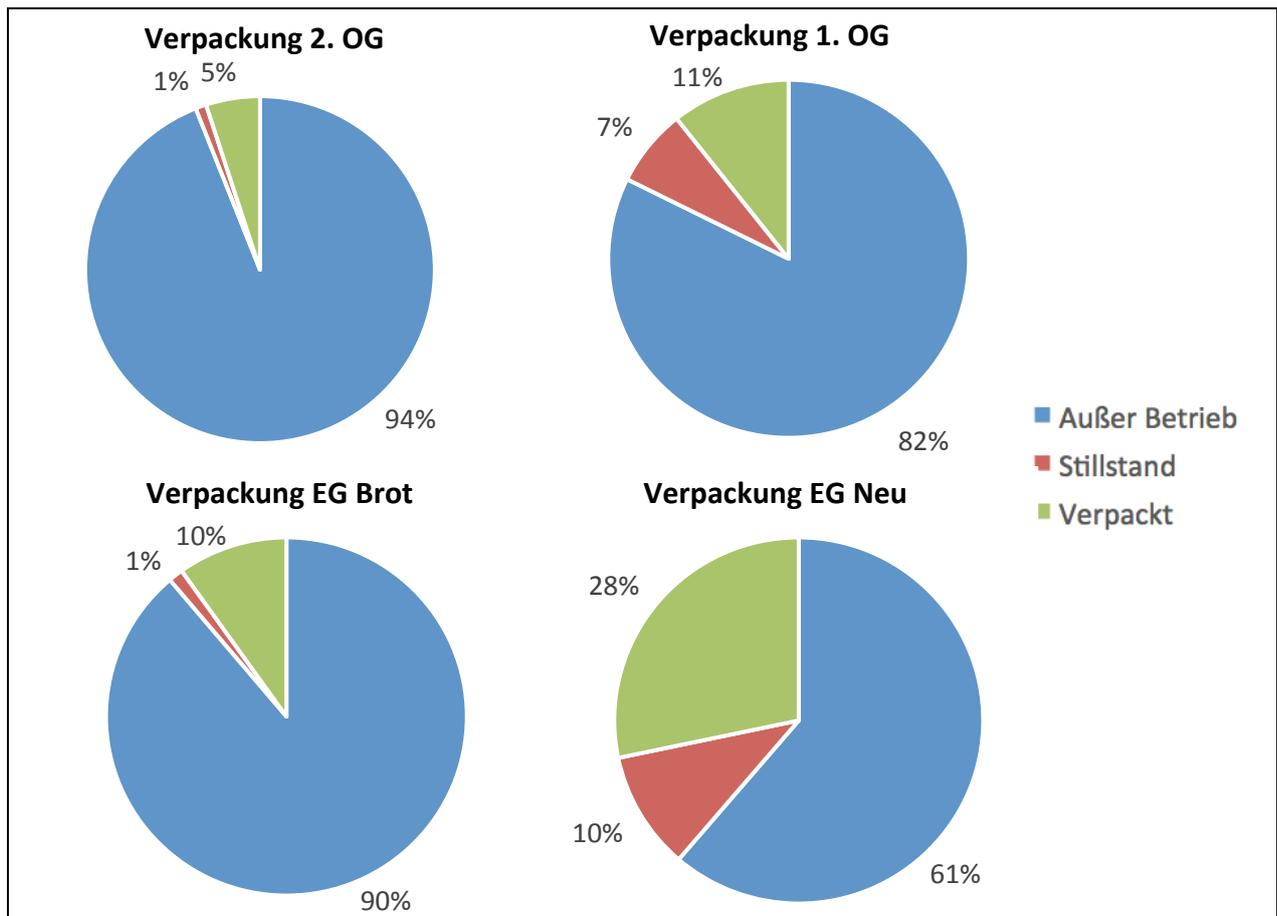


Abbildung 40: Ergebnis der MMA für die Verpackungsmaschinen

Wie aus Abbildung 40 hervorgeht, sind die Verpackungsmaschinen sehr schwach ausgelastet. Theoretisch wäre es möglich alle Produkte auf einer Anlage zu verpacken. Dadurch wäre ein früher Beginn des Verpackens erforderlich, wodurch qualitative Einbußen in Kauf genommen werden müssten. Um die Frische zu gewährleisten muss ein Kompromiss zwischen geringer Auslastung und Frische der Produkte gefunden werden.

4.11 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die über die Jahre gewachsenen Strukturen spiegeln sich in einer unübersichtlichen Gebäudestruktur wider, die einen unübersichtlichen Materialfluss und lange Transportwege mit sich bringt. Eine Anpassung aufgrund eines erhöhten Produktionsbedarfs ist nur mit erheblichem Aufwand möglich, da es kaum Erweiterungsmöglichkeiten gibt. Auffallend sind die stark ungerichteten Materialflüsse. Produkte legen viele lange Wege zurück und haben daher auch eine erhöhte Durchlaufzeit, wodurch die Qualität und die Frische der Produkte negativ beeinflusst werden.²⁴² In allen Linien sind die wenig frequentierten Transportwege im stark verdichteten Zustand (Teigkessel) kurz und die stark frequentierten im wenig verdichteten Zustand (Produktwagen) lang, wodurch sich enorm hohe Transportleistungszahlen (Transportintensität x Transportweg)²⁴³ ergeben. Die Transportintensität entspricht dabei der Anzahl der Transporte, die pro Bezugszeitraum zwischen zwei Betriebsmitteln stattfinden.²⁴⁴

²⁴² Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 7

²⁴³ Vgl. Müller (2006), S. 43

²⁴⁴ Vgl. Schenk/Wirth (2004), S. 340

5 Ableitung des Anforderungskataloges als Basis der Layoutplanung

Durch die Analyse der bestehenden Betriebsstätte kann ein Anforderungskatalog für die Planung des neuen Produktionslayouts abgeleitet werden.

Die entscheidende Anforderung an das neue Layout ist die Möglichkeit die erforderlichen Stückzahlen für das Jahr 2018 zu produzieren.

Für die Gestaltung des neuen Produktionsstandorts werden die Grundsätze der Layoutplanung umgesetzt. Ziel ist die Vermeidung von Verschwendung. Das bedeutet, dass alle überflüssigen nicht wertschöpfenden Tätigkeiten eliminiert werden sollen.²⁴⁵ In den Fällen, in denen eine vollständige Vermeidung nicht möglich ist, muss eine Minimierung angestrebt werden. Folgend sind die Ansatzpunkte mit Beispielen aufgelistet:^{246,247}

Ausschuss und Nacharbeit:

Die Wertschöpfung ist bereits teilweise oder im schlechtesten Falle sogar komplett vollzogen, sie ist somit verschwendet und muss noch einmal geleistet werden. Es sind Maßnahmen zu treffen, die eine frühe Fehlerkennung gewährleisten, um Ausschuss weitgehend zu vermeiden. Fehler, die erst beim Kunden erkannt werden wie die fehlende Hefe einer gesamten Charge von Topfentascherl, haben erhebliche negative Auswirkungen.

Nicht wertschöpfende Bewegung:

Eine unzureichende Gestaltung der Arbeitsplätze, kann zusätzliche Vorbereitungstätigkeiten zur Folge haben. Am bestehenden Standort sind Zusatztätigkeiten und Zusatzwege erforderlich, da keine standardisierten Wagen- und Blechsysteme vorhanden sind. Das manuelle Besprühen der Produkte sowie der nicht vorhandene Blechmanipulator an der WP-Anlage bedingen einen zusätzlichen Manipulationsaufwand jedes einzelnen Bleches. Die zusätzlichen Tätigkeiten durch Nacharbeit entstehen, wie erwähnt, bei fehlerhaftem Abwerfen der Produkte an der König II und durch die inhomogene Verteilung der Luftfeuchtigkeit im Gärraum. Des

²⁴⁵ Vgl. Schuh (2006), S. 305

²⁴⁶ Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis (2009), S. 90

²⁴⁷ Vgl. Wichert (2013)

Weiteren sind Zusatzfähigkeiten durch die während des Transportes verrutschten Produkte notwendig.

Transport und Handhabung:

Durch zu lange Transportwege werden Ressourcen nichtwertschöpfend gebunden, die anderweitig wertschöpfend eingesetzt werden könnten. Durch die über die Jahre gewachsenen Strukturen ergeben sich lange Transportwege und ein unübersichtlicher Materialfluss.

Wartezeiten:

Wartezeiten können sich einerseits auf den Mitarbeiter und andererseits auf das Produkt beziehen. Wartezeiten bezüglich Mitarbeiter bedeuten, dass der Mitarbeiter aus bestimmten Gründen davon abgehalten wird, wertschöpfende Tätigkeiten durchzuführen. Wartezeiten bezüglich Produkt bedeuten, dass das Produkt darauf wartet wertschöpfend bearbeitet zu werden. Durch Wartezeiten der Produkte kommt es zu einer zu vermeidenden Durchlaufzeiterhöhung. Fehlende Synchronisierung der Gärraum-, Kühlraum- und Ofenkapazitäten führt zu Wartezeiten vor den Öfen, wodurch wiederum die Durchlaufzeit zunimmt. Der über mehrere Ebenen verlaufende Materialfluss führt vor den Liften zu Wartezeiten sowohl für Mitarbeiter als auch für Produkte.

6 Handlungsempfehlungen für bestehende Betriebsstätte

In diesem Kapitel werden Handlungsempfehlungen für die jeweiligen Linien abgegeben.

Die hohen Transportleistungszahlen treffen auf alle Linien bis auf die Brotlinie zu. Durch die gewachsenen Strukturen und die somit geringe Flexibilität am bestehenden Standort, sind bezüglich Verkürzung der Transportwege kaum Veränderungen möglich.

6.1 WP-Anlage

Wie in Kapitel 4.4 erwähnt, werden nur 47% der laut Herstellerangaben möglichen Stückleistung der WP-Anlage abgerufen. Die Engpässe stellen momentan ein Förderband im vorderen Teil der Anlage und das manuelle Abnehmen der Produkte am Ende der Anlage dar. Soll die Stückleistung gesteigert werden, muss sowohl das Förderband im vorderen Teil der Anlage ausgetauscht werden als auch ein Blechmanipulator am Ende der Anlage angebracht werden. Zusätzlich fällt durch den Einsatz eines Blechmanipulators ein Arbeitsplatz mit einer erheblichen körperlichen Belastung für den Mitarbeiter weg. Bei der derzeitigen (2013) Auslastung der WP-Anlage würden sich die Investitionskosten von ca. 50.000 €²⁴⁸ für einen Blechmanipulator in kurzer Zeit amortisieren, da jährlich Personalkosten von 30.000 € eingespart werden können.

Das manuelle Besprühen der Produkte nach dem Gären verursacht Verzögerungen im Ablauf, wodurch laut Multimomentaufnahme die Stikkenöfen im 1. Obergeschoß 29% der Zeit aufgeheizt und leer sind. Hier empfiehlt sich eine in die WP-Anlage integrierte automatisierte Lösung. Die Produkte werden durch eine automatisierte Lösung direkt auf der WP-Anlage nicht mehr nach dem Gären, sondern davor besprüht. Dies bringt laut Aussagen von Hrn. Mayr keine qualitativen Einbußen mit sich. Dadurch wird ein flüssigerer Ablauf gewährleistet und somit für eine bessere Auslastung der Stikkenöfen gesorgt.

Durch standardisierte Wagen und Wagenabstellplätze kann die Vorbereitungszeit reduziert und eine höhere Prozesssicherheit erreicht werden. Die fehlende Flexibilität durch Platzmangel und die hohen erforderlichen Investitionskosten legen eine Realisierung dieser Optimierungsmaßnahmen erst für den neuen Produktionsstandort nahe.

²⁴⁸ lt. Hrn. Sorger

Die WP-Anlage ist 17% der Zeit außer Betrieb. Hier sind noch Kapazitäten vorhanden, die vor allem kurz vor Inbetriebnahme der neuen Plunderlinie im Oktober 2014 benötigt werden. Die WP-Anlage kommt in KW 43 an ihre Kapazitätsgrenzen. Durch die Verlagerung von Produkten der WP-Anlage auf andere Anlagen können einerseits Kapazitäten auf der WP-Anlage geschaffen und andererseits durch die Reduktion der notwendigen Rüstvorgänge die Rüstzeit reduziert werden. Die somit mögliche Erhöhung der Losgrößen steht jedoch in Konflikt mit den vorhandenen Gär- und Kühlraumkapazitäten. Die hohen Kosten, die durch die Rüstvorgänge entstehen, legen eine detaillierte Analyse und Optimierung der Rüstvorgänge nahe. Das ohne Investitionen generierbare theoretische Umsatzpotential pro Jahr liegt bei 912.000 €.

Die Stillstandszeit von 0,96 Stunden pro Tag entstehen, wie in Kapitel 4.4 erwähnt, durch fehlende Zutaten, Störungen und falsche Maschineneinstellungen. Der Einkauf muss die Synchronisation von Anlieferungs- und Verbrauchsprozessen gewährleisten, um Stillstände der Anlagen durch fehlende Zutaten zu vermeiden. Es empfiehlt sich hier eine Software für die Beschaffung einzusetzen.

Produkte wie „Salzstangerl“ und „Mürbes Kipferl“ sind die einzigen Produkte, die von der WP-Anlage auf die gekoppelte CTR-Anlage laufen. Sie blockieren somit für die Produktionszeit beide Anlagen. Die WP-Anlage wird hier nur für die Teigbandvorbereitung verwendet. Dieser Vorgang kann jedoch auch von den Ausrollmaschinen übernommen werden, wodurch wieder Kapazitäten auf der WP-Anlage frei werden.

6.2 CTR-Anlage

Laut Multimomentaufnahme ist die CTR-Anlage 70% der Zeit außer Betrieb. In 18% der Zeit produziert die CTR-Anlage mit 32% der laut Herstellerangaben möglichen Stückleistung. Hier ist noch enormes Kapazitätspotential vorhanden. Der Platzmangel im Bereich der Anlage ist der Engpass. Durch mehr Platz im Bereich der CTR-Anlage oder eine Neupositionierung könnte ein zweiter Drehteller aufgestellt werden. Dadurch kann die Anlage kontinuierlich durchlaufen und mit einem höheren Personalaufwand wesentlich höhere Stundenleistungen erreichen. Durch das Wälzen der Teiglinge in der Schinken-Käse-Mischung entsteht ein hoher Personalaufwand. Eine automatisierte Lösung hätte enormes Einsparungspotential.

6.3 Brotlinie

Die Anordnung der Betriebsmittel in der Brotlinie ist bereits weitgehend optimiert. Trotz der Kreuzungen und Rückflüsse sind die Transportwege äußerst kurz. Optimierungspotential besteht im Ofenbereich (siehe Kapitel 6.6) und im Bereich des

Brotteigteilers (Kemper). Die Teiglinge werden am Ende der Anlage ausgeworfen und von zwei bis drei Mitarbeitern gewälzt und in Simperl gegeben. Neue Anlagen ersparen die Handarbeit nach der Anlage und das manuelle Ausscheren der Teigkessel. Durch ein Schutzgitter beim Hebekipper wären Verbesserungen im Bereich der Sicherheit möglich. Erste Angebote für eine neue Anlage wurden bereits eingeholt.²⁴⁹ Ähnlich der anderen Linien, sind die Transportwege im stark verdichteten Zustand kurz, im wenig verdichteten Zustand hingegen lang.

6.4 Kleingebäcklinie

Die Kleingebäckanlage (König II) ist 71% der Zeit außer Betrieb. Die Stillstands- und Rüstzeiten sind äußerst gering. Handlungsbedarf besteht jedoch beim Abwerfen der Produkte. Einerseits wirft die König II die Produkte nicht exakt ausgerichtet auf das Förderband quer zur Anlage und andererseits werden die Produkte von der Abzieheinheit am Ende der Anlage ungenau auf die Bleche abgeworfen. Hier muss entweder ein Mitarbeiter direkt an der Anlage stehen und die Produkte ausrichten oder ein Mitarbeiter steht neben dem Blechmanipulator und schichtet die Produkte auf den Blechen. Das Finden einer technischen Lösung hierfür würde den Personalbedarf reduzieren. Wie erwähnt, herrschen im Gärraum der Bäckerei inhomogene Bedingungen, wodurch ein Umschichten jedes Wagens erforderlich ist. Eine Renovierung des Gärraums ist empfehlenswert. Erste Angebote wurden bereits eingeholt.²⁵⁰

6.5 Konditorei

Der Materialfluss in der Konditorei ist stark ungerichtet. Es kommt zu vielen Rückflüssen und Kreuzungen. Eine in Linien angeordnete Produktion würde die Transportleistungszahl erheblich reduzieren. Nachdem in den nächsten Jahren die Stückzahlen des Blechkuchens gesteigert²⁵¹ werden sollen, muss darauf besonderes Augenmerk gelegt werden. Erhebliche Verbesserungen im Bereich des Schneidens der Kuchen und Torten wurden Ende 2013 durch die Anschaffung einer Schneidemaschine erreicht.

²⁴⁹ lt. Hrn. Knapp

²⁵⁰ lt. Hrn. Straubinger

²⁵¹ lt. Hrn. Straubinger

6.6 Backöfen

Wie die Ergebnisse der Multimomentaufnahme zeigen, sind die Stikkenöfen im 1. Obergeschoß 29% der Zeit und die Stikkenöfen im Erdgeschoß 38% der Zeit aufgeheizt (Ist-Temperatur = Soll-Temperatur) und leer. Der verursachte Ölverbrauch pro Jahr ist enorm. Der Bedarf an Ofenfläche muss mit der Anzahl der aus dem Gärraum kommenden Stikkenwagen abgestimmt werden.

Die Brotbacköfen stellen den Engpass im Ablauf der Brotlinie dar. Sind die Ofenkapazitäten der Brotbacköfen ausgelastet, muss die Kemper angehalten werden. Erst wenn wieder Ofenkapazitäten frei werden, kann an der Kemper weiter produziert werden. Dies ist einerseits durch die begrenzte Ofenfläche und andererseits durch den nicht kontinuierlichen Ablauf begründet. Vor den Öfen werden die Brote gelagert bis alle Abzieheinheiten mit Broten belegt sind. Erst dann werden die Brote in die Öfen geschoben. Mehr Ofenfläche bzw. ein automatisiertes Ofensystem mit kontinuierlichem Ablauf würde hier Abhilfe schaffen. Durch die höhere Ofenkapazität und den dadurch höheren Durchsatz pro Stunde kann der Produktionsbeginn nach hinten verschoben werden. Der spätere Produktionsbeginn bringt eine bessere Qualität und Frische mit sich. Die Erweiterung der Backfläche alleine würde jedoch nur bedingt zu Vorteilen führen, da sich mit der momentanen Vorgehensweise, ohne einen kontinuierlichen Betrieb, durch mehr Backfläche nur die Taktzeit erhöhen würde. Durch den kontinuierlichen Ablauf wären die Öfen wesentlich kürzer aufgeheizt und leer, der Ölverbrauch somit wesentlich geringer.

Das Gesamtpotential von 97.400 € lässt sich in der Praxis nur schwer komplett ausschöpfen, jedoch wäre es bereits mit geringem Aufwand und ohne jegliche Investitionen möglich einen Teil davon zu generieren.

6.7 Zusammenfassung – Stand der Umsetzung

In diesem Kapitel werden die am bestehenden Standort bereits umgesetzten sowie die erst für den neuen Standort angedachten Optimierungen angegeben.

Beim manuellen Besprühen wurden bereits die ersten Veränderungen vorgenommen. Die Produkte von der WP-Anlage werden nicht mehr nach dem Gären, sondern davor besprüht.²⁵² Dies hat zur Folge, dass sich ein flüssigerer Ablauf ergibt, wodurch sich bezüglich der aufgeheizten und leeren Öfen Verbesserungen einstellen. Der nächste Schritt wäre eine automatisierte Lösung für das Besprühen der Produkte. Für eine

²⁵² lt. Hrn. Mayr

quantitative Bewertung müssten die Ablaufarten der Stikkenöfen im 1. Obergeschoß erneut aufgenommen werden.

Für den Gärraum in der Bäckerei wird aufgrund der inhomogenen Verteilung der Luftfeuchtigkeit eine Komplettsanierung angedacht. Die ersten Angebote wurden bereits eingeholt.²⁵³ Tabelle 38 zeigt eine quantitative Bewertung des durch die Gärraumsanierung erzielbaren Optimierungspotentials.

	Wagenanzahl²⁵⁴	Dauer²⁵⁵	Personalkosten
	[/#/Tag]	[min/Wagen]	[€/Jahr]
Gärraum	112	1	8.250

Tabelle 38: Quantitative Bewertung der Verbesserung durch die Gärraumsanierung

Durch die Anschaffung der neuen Verpackungsanlage und deren Positionierung im Expedit im Erdgeschoß werden durch die Liftfahrten verursachte Personalkosten eingespart. Dies betrifft unter anderem das Produkt Knusperspitz, welches zuvor im 1. Obergeschoß verpackt wurde. Die Verpackungsanlage ist laut Multimomentaufnahme bereits zu 38% ausgelastet. Das bedeutet, dass bereits einige Produkte von den anderen Verpackungsanlagen im 1. und 2. Obergeschoß auf die neue Anlage verlegt wurden. Tabelle 39 zeigt die Einsparungen durch die Anschaffung der neuen Verpackungsanlage. Diese Einsparungen beziehen sich nur auf die Produktgruppen Knusperspitz und Gustospitz.

Produktgruppe	Wagenanzahl²⁵⁶	Dauer²⁵⁷	Personalkosten
	[/#/Tag]	[min/Wagen]	[€/Jahr]
Knusperspitz	30	4	8.840
Gustospitz	35	5	13.000

Tabelle 39: Quantitative Bewertung der Einsparungen durch die neue Verpackungsanlage

Die folgenden Veränderungen könnten aufgrund der mangelnden Flexibilität am bestehenden Standort erst an der neuen Betriebsstätte umgesetzt:

- Wegminimierung durch Neuordnung der Betriebsmittel

²⁵³ lt. Hrn. Straubinger

²⁵⁴ lt. Hrn. Wallner

²⁵⁵ ibidem

²⁵⁶ lt. Produktionszahlen 2013 (Hr. Zuser)

²⁵⁷ lt. Hrn. Zuser, Hrn. Knapp, Hrn. Wallner

- Standardisierung des verwendeten Wagen- und Blechsystems
- Kontinuierlicher Ablauf auf der Brotlinie durch neue Ofenanlage und Automatisierung ab dem Ofensystem
- Hoher Automatisierungsgrad in der Bäckerei durch Kochstück- und Sauerteig- bzw. Vorteiganlage
- Reduzierung des Gärraumbedarfs durch neue Kleingebäckanlage mit integriertem Vor- und Nachgärschrank

Generell ist zu erwähnen, dass am bestehenden Standort enormes Potential vorhanden ist, dies jedoch aufgrund der Gegebenheiten wie beispielsweise den Platzmangel, die Produktion über mehrere Ebenen und die eingeschränkte externe Logistik nicht genutzt werden kann.

7 Greenfield Layoutplanung

Ausgehend von den Analysen der bestehenden Betriebsstätte (Kapitel 4), dem davon abgeleiteten Anforderungskatalog (Kapitel 5) und den Handlungsempfehlungen (Kapitel 6) wird mit den gewonnenen Erkenntnissen ein optimiertes Layout für die neue Betriebsstätte gestaltet und bewertet. Die zur Gestaltung von Produktionslayouts üblichen Verfahren wie die Verwendung der Transportintensitätsmatrix und das Dreiecksverfahren nach Schmigalla haben sich im Verlauf des Projekts als nicht zielführend erwiesen, da es im Materialfluss bei den betrachteten Produkten keine Verzweigungen gibt. Eine anordnungsoffene Situation liegt nur bei Netzstrukturen mit vielen Verzweigungen im Materialfluss vor.²⁵⁸ Das Zielkriterium bei der Anordnung der Betriebsmittel ist die Minimierung des Transportaufwandes. Auf den Transportaufwand haben einerseits die Transportintensität (Anzahl der Transporte pro Bezugszeitraum zwischen zwei Betriebsmittel) und andererseits der Transportweg (Entfernung zwischen zwei Betriebsmittel) einen Einfluss.²⁵⁹ Da die Transportintensität durch das Produktionsprogramm und die gewählten Transportmittel vorgegeben ist, muss beim Transportweg angesetzt werden. Eine lineare Anordnung der Betriebsmittel bei abstandsminimaler Objektordnung ist daher das verfolgte Ziel.

7.1 Grundsätze der Betriebsstättenplanung

Entsprechend der Betriebsstätten- und Materialflussplanung sollen folgende Prinzipien umgesetzt werden:²⁶⁰

- Verkürzung der Transportwege
 - Materialflussgerechte Anordnung der Anlagen
- Entflechtung der Transportwege
 - Vermeidung von Kreuzungen im Materialfluss
 - Vermeidung von Materialrückflüssen
- Reduktion der Transportintensitäten
 - Transporte in höchst möglichem Verdichtungszustand durchführen
- Reduktion von Wartezeiten
 - Abstimmung von Gär- und Kühlraumkapazitäten bzw. Ofenkapazitäten
 - Reduzierung und Optimierung von Rüstvorgängen

²⁵⁸ Vgl. Grundig (2013), S. 160f

²⁵⁹ Vgl. Schenk/Wirth (2004), S. 340

²⁶⁰ Vgl. Martin (2014), S. 39

Die Betriebsmittel sollen so angeordnet werden, dass Kreuzungen und Rückflüsse vermieden werden. Da dies aufgrund der Produktvielfalt nicht durchgängig möglich ist, wurden die Produkte mit den höheren Stückzahlen mit einer höheren Priorität versehen. Es sind also die notwendigen Betriebsmittel für Produkte mit hohen Stückzahlen annähernd in Linie positioniert. Dabei wurde ein etwas längerer Weg für Produkte mit niedrigeren Stückzahlen in Kauf genommen.

Die gesamte Betriebsstätte ist flexibel und erweiterbar ausgelegt, um Schwankungen im Produktionsprogramm ausgleichen zu können. Um den Aufwand für die Haustechnik zu reduzieren, sind die Betriebsmittel so angeordnet, dass sie zu „kühlen“ und „warmen“ Bereichen gruppiert und nicht direkt nebeneinander positioniert sind.

In einem weiteren, nicht in diesem Bericht enthaltenen, Detaillierungsgrad sind unter Anderem folgende Kriterien zu beachten:

- Übersichtlichkeit/Transparenz
- Reinigung: HACCP-Konzepte
- Belichtung der fixen Arbeitsplätze
- Trennung von reinen und unreinen Bereichen;
- Hygieneschleusen

7.2 Beschreibung der Produktionsbereiche

In diesem Kapitel werden die Produktionsbereiche der neuen Betriebsstätte beschrieben und die Berechnungsgrundlagen für die Dimensionierung angegeben.

In Tabelle 40 bis Tabelle 68 sind die Betriebsmittel und detaillierte Informationen angegeben (Stand 01.04.14).

<p>Kleingebäckanlage (neu) Hersteller: König Leistung: mind. 5.000 Stück pro Stunde Produkte: Knusperspitz, Kornspitz, Käse-Stangerl, Rosinenweckerl Abmessungen (l x b): 12m x 2m Flächenbedarf: 24m²</p>	<p>Brotaufbereitungsanlage Hersteller: Werner & Pfleiderer Leistung: 1.000 Stück pro Stunde Produkte: Schwarzbrot (div. Sorten) Abmessungen (l x b): 8m x 3m Flächenbedarf: 24m²</p>
	

Tabelle 40: Details zur Kleingebäckanlage (neu)

Tabelle 41: Details zur Brotaufbereitungsanlage

Neue Laminieranlage

Hersteller: Fritsch

Leistung: 4.000 Stück pro Stunde
(Topfentascherl, Nussschnecke)

Produkte: Topfentascherl, Nussschnecke,
Marillenschifferl, Gustospitz, Apfeltasche,
Vanillestangerl

Abmessungen (l x b): 24m x 10m

Flächenbedarf: 78m²

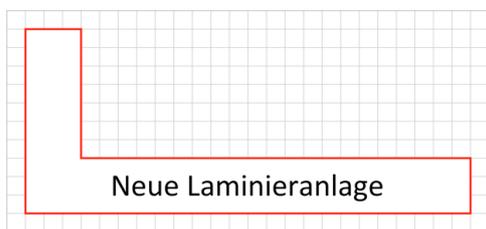


Tabelle 42: Details zur neuen Laminieranlage

Ofensystem

Hersteller: Hein GmbH

Kapazität: 1.000-1.300 Brote (5 Öfen mit je
6 Etagen und Roboter-Beschickung)

Produkte: Brot (div. Sorten)

Abmessungen (l x b): 12m x 8m

Flächenbedarf: 96m²

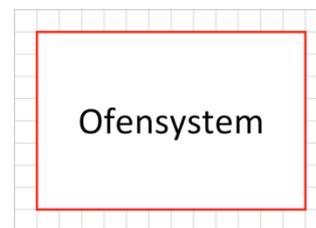


Tabelle 43: Details zum Ofensystem

WP-Anlage (Feingebäckanlage)

Hersteller: Werner & Pfleiderer

Leistung: 1.500-2.000 Stück pro Stunde
(Topfentascherl/Nussschnecke)

Produkte: Topfentascherl, Nussschnecke,
Apfeltasche, Kärntner Reingerl

Abmessungen (l x b): 34m x 2m

Flächenbedarf: 68m²

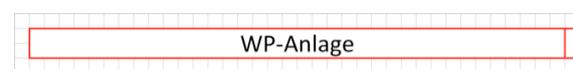


Abbildung 41: Details zur WP-Anlage

CTR-Anlage (Wickler)

Hersteller: Fritsch

Leistung: max. 6.000 Stück pro Stunde

Produkte: Gustospitz, Schinken-Käse-
Stangerl, Käse-Stangerl, Mürbes Kipferl,
Salzstangerl

Abmessungen (l x b): 5m x 2m

Flächenbedarf: 10m²

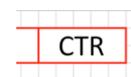


Abbildung 42: Details zur CTR-Anlage

Sauerteig- und Vorteiganlage

Fläche: 16m² (4m x 4m)

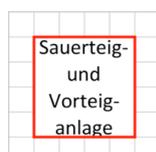


Tabelle 44: Details zur Sauerteig- und Vorteiganlage

Kochstückanlage

Fläche: 8m² (4m x 2m)

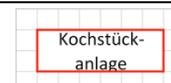


Tabelle 45: Details zur Kochstückanlage

<p>Kühlraum Bäckerei</p> <p>Temperatur: 7°C</p> <p>Fläche: 24m² (6m x 4m)</p>


Tabelle 46: Details zum Kühlraum Bäckerei

<p>Teigkühlraum</p> <p>Temperatur: 4°C</p> <p>Fläche: 30m² (5m x 6m)</p> <p>Stellplätze: 40</p> <p>Berechnungsgrundlage: Kapazität von 7.500kg Teig</p>


Tabelle 47: Details zum Teigkühlraum

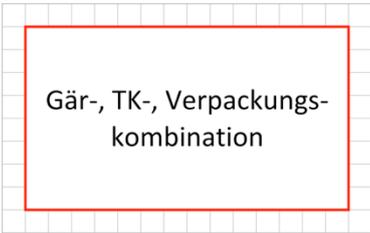
<p>Gär-, TK-, Verpackungskombination</p> <p>Hersteller: MIWE</p> <p><u>Gärraum:</u></p> <p>Temperatur: bis 45°C</p> <p>Befeuchterleistung: 2 x 10 kg/h</p> <p>Stellplätze: 17</p> <p><u>TK-Raum (Schnellkühlraum):</u></p> <p>Temperatur: -10°C bis -25°C</p> <p>Stellplätze: 45</p> <p><u>Verpackungsraum:</u></p> <p>Temperaturbereich: +5°C bis -25°C, ohne Luftführung, keine hohe Luftfeuchtigkeit</p>


Tabelle 48: Details zur Gär-, TK- und Verpackungskombination

<p>Gärvollautomat 1-6</p> <p>Hersteller: Eisvoigt</p> <p><u>Temperaturbereiche:</u></p> <p>Gärunterbrechen: -10°C bis -18°C</p> <p>Gärverzögern: +5°C bis -5°C</p> <p>Gären: +20°C bis 35°C</p> <p>Luftfeuchtigkeit: 70 bis 95%</p> <p>Stellplätze: 96 (6 x 16)</p>


Tabelle 49: Details zu den Gärvollautomaten 1-6

<p>Rohstoffkühlraum</p> <p>Temperatur: 5°C</p> <p>Fläche: 24m² (6m x 4m); 12 Paletten (2 x Vollei, 3 x Butter, 5 x Topfen, 2 x Sonst.) + Bewegungsfläche</p>
 <p>Rohstoff- kühlraum</p>

Tabelle 50: Details zum Rohstoffkühlraum

<p>Gärraum</p> <p>Temperatur: 25°C bis 30°C</p> <p>Luftfeuchtigkeit: 80-85%</p> <p>Fläche: 25m² (5m x 5m) für Tagesproduktion von 4000 Stück</p>
 <p>Gärraum</p>

Tabelle 51: Details zum Gärraum

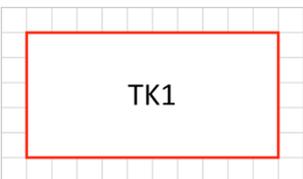
<p>TK-Raum 1-3</p> <p>Temperatur: -20°C</p> <p>Stellplätze: 150 (3 x 50)</p> <p>Fläche: 150m² (mit Bewegungsflächen)</p>
 <p>TK1</p>

Tabelle 52: Details zu den TK-Räumen 1-3

<p>TK-Palettenlager 1-2</p> <p>Temperatur: -18°C</p> <p>Fläche: 400m² (2 x 200m²) für jeweils mind. 100 Paletten, zwei Gänge, zwei Paletten hintereinander</p>
 <p>TK Palettenlager</p>

Tabelle 53: Details zu den TK-Palettenlagern 1-2

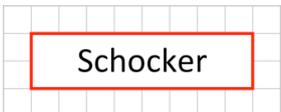
<p>Schockfroster</p> <p>Temperatur: -26°C</p> <p>Fläche: 16m² (8m x 2m)</p> <p>Stellplätze: 6</p>
 <p>Schocker</p>

Tabelle 54: Details zum Schockfroster

<p>Pufferzone</p> <p>Temperatur: -10°C</p> <p>Stellplätze: 30</p>
 <p>Puffer- Zone</p>

Tabelle 55: Details zur Pufferzone

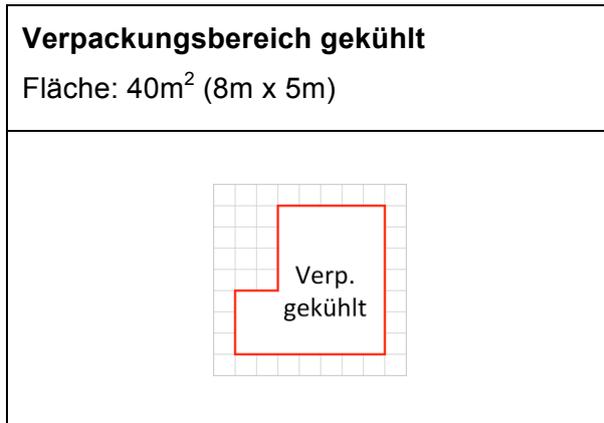


Tabelle 56: Details zum Verpackungsbereich gekühlt

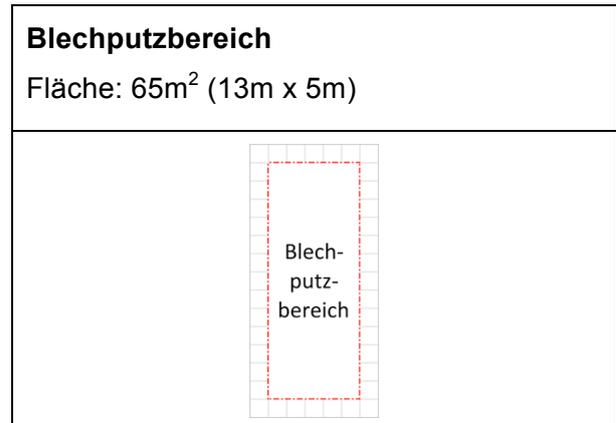


Tabelle 57: Details zum Blechputzbereich

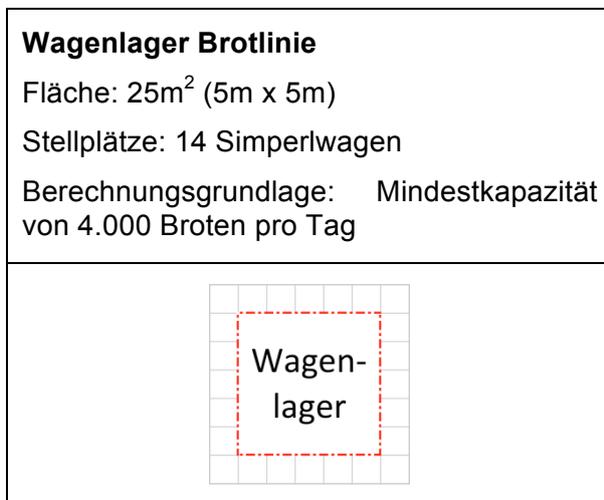


Tabelle 58: Details zum Wagenlager Brotlinie

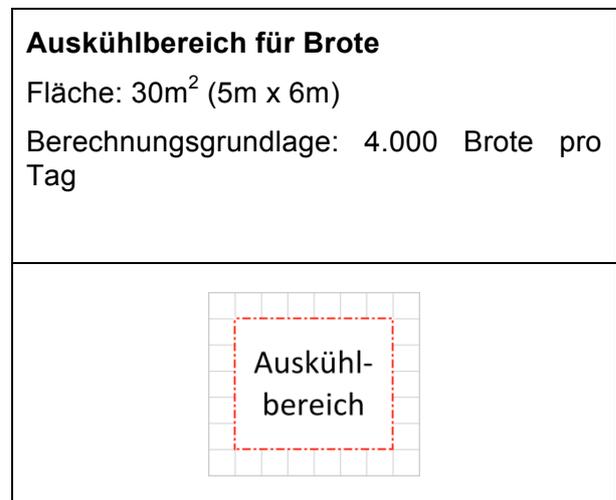


Tabelle 59: Details zum Auskühlbereich für Brote



Tabelle 60: Details zum Weißbrot- und Handarbeitsbereich

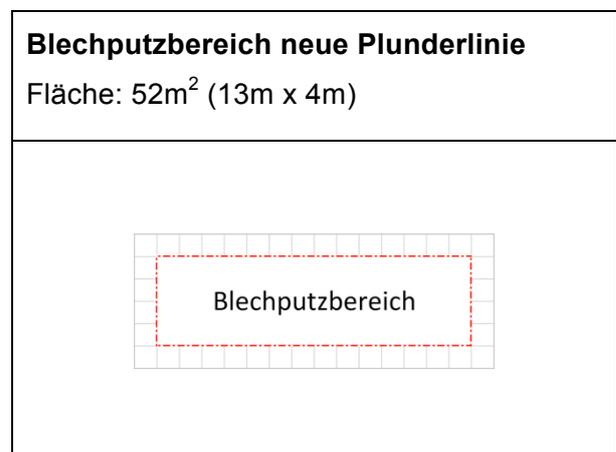


Tabelle 61: Details zum Blechputzbereich neue Plunderlinie

Wagenlager Bäckerei und Feinbäckerei

Fläche: 133m²

Berechnungsgrundlage: momentan 175 Stikkenwagen



Tabelle 62: Details zum Wagenlager Bäckerei und Feinbäckerei

Wagenlager neue Plunderlinie

Fläche: 40m²

Stellplätze: 60 Stikkenwagen

Berechnungsgrundlage: 15 Stikkenwagen pro Stunde bei einer Durchlaufzeit von weniger als 4 Stunden



Tabelle 63: Details zum Wagenlager neue Plunderlinie

Handarbeitsbereich Feinbäckerei

Fläche: 48m²



Tabelle 64: Details zum Handarbeitsbereich Feinbäckerei

Brotverpackung

Fläche: 25m² (5m x 5m)

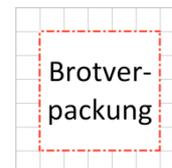


Tabelle 65: Details zur Brotverpackung

Ofenbereich:

Flächenbedarf: 64m² (16m² Stikkenöfen (8x), 16m² Manipulationsfläche)

Hersteller: König

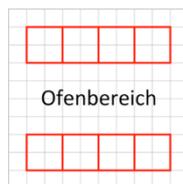


Tabelle 66: Details zum Ofenbereich

Mischbereich

Fläche: 100m² (5m x 20m)

Beinhaltet 4 x 240kg Mischer



Tabelle 67: Details zum Mischbereich

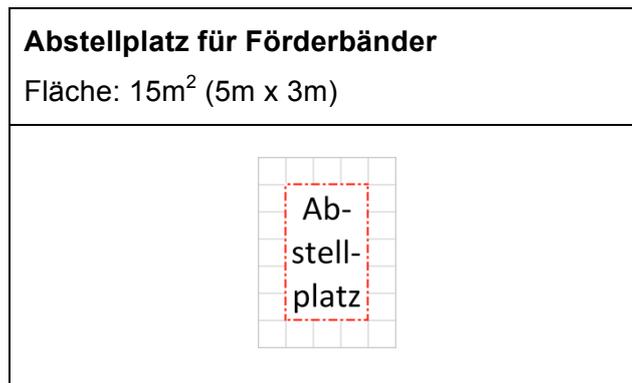


Tabelle 68: Details zum Abstellplatz für Förderbänder

Die Bereiche und Räume der neuen Betriebsstätte sind entsprechend des Produktionsprogramms für 2018 ausgelegt. Zur Dimensionierung wurden die Stückzahlen pro Tag herangezogen und die Flächen, unter Betrachtung des Flächenbedarfs der bestehenden Betriebsstätte, skaliert. Die erforderliche Stückzahl pro Tag errechnet sich aus den jährlichen Stückzahlen für 2018. Tabelle 69 zeigt die Ermittlung des Flächenbedarfs. Der Tiefkühlbereich wird mit der doppelten Größe der Gärvollautomaten angesetzt, um einen Puffer für zwei Tagesproduktionen zu schaffen. Sofern keine Berechnungsgrundlage angegeben ist, wird der Flächenbedarf am bestehenden Standort als Richtwert herangezogen, da sich auch bei ändernden Stückzahlen die Größen der Anlagen, wie Verpackungs- und Blechputzanlagen, nicht wesentlich ändern. Der in Tabelle 69 angegebene Flächenbedarf entspricht der Mindestgröße. Zu diesem Wert müssen die Manipulationsflächen addiert werden.

		Erforderliche Stückzahl [# / Tag]	Wagenbelegung [# / Wagen]	Wagenanzahl [Wagen / Tag]	Wagenfläche [m ²]	Flächenbedarf [m ²]
Brotlinie	Wagenlager/Gärraum / Auskühlbereich	4.000	300	13	1,7	23
Fein- und Kleingebäcklinie	Gärraum	58.000	625	93	0,7	65
	TK-Raum	116.000	625	186	0,7	130

Tabelle 69: Ermittlung des Flächenbedarfs entsprechend dem Produktionsprogramm für 2018

Der Teigkühlraum soll bei Vollausbau ab 2016 Lagerkapazitäten für 7.200 kg Teig bieten. Bei einem Teigblockgewicht von 6 kg und maximal 25 übereinander gestapelten Teigkisten mit einer Fläche von 40 x 60 cm ergibt sich ein Flächenbedarf von 12 m². Inklusive Bewegungsflächen beträgt der Flächenbedarf des Teigkühlraums somit 24 m².

Tabelle 70 zeigt einen Überblick der Betriebsmittel der neuen Betriebsstätte und deren Flächenbedarf nach alphabetischer Reihenfolge.

Betriebsmittel	Flächenbedarf [m²]
Abstellplatz für Förderbänder	15
Auskühlbereich Brotlinie	30
Blechputzbereich Bäckerei und Feinbäckerei	65
Blechputzbereich neue Plunderlinie	52
Brotverpackung	25
CTR-Anlage	10
Gär-, TK- und Verpackungskombination	112
Gärraum	25
Gärvollautomat 1-6	96
Handarbeitsbereich Feinbäckerei	48
Kemper	24
Kochstückanlage	8
König II	24
Kühlraum Bäckerei	24
Mischbereich	100
Neue Laminieranlage	78
Ofenbereich	64
Ofensystem	96
Pufferzone	30
Rohstoffkühlraum	24
Sauerteig- und Vorteiganlage	16
Schockfroster	16
Teigkühlraum	30
TK-Palettenlager 1-2	400
TK-Raum 1-3	150
Verpackungsbereich gekühlt	40
Wagenlager Bäckerei und Feinbäckerei	133
Wagenlager Brotlinie	24
Wagenlager neue Plunderlinie	40
Weißbrot- und Handarbeitsbereich	160
WP-Anlage	68

Tabelle 70: Flächenbedarf der einzelnen Betriebsmittel

Küche, Konditorei und Krapfenbereich sind mit den in Tabelle 71 angegebenen Flächen im neuen Layout berücksichtigt. Für diese Bereiche reichen die bestehenden Kapazitäten aus, um die prognostizierten Stückzahlen für das Jahr 2018 zu produzieren.²⁶¹

Bereich	Fläche [m ²]
Küche	250
Konditorei	500
Krapfen	264

Tabelle 71: Flächenbedarf der Bereiche Küche, Konditorei und Krapfen

7.3 Beschreibung unterschiedlicher Layoutvarianten

Im Folgenden werden die einzelnen Layoutvarianten vorgestellt und beschrieben.

Allen Varianten liegen neben den in Kapitel 7.1 erwähnten, folgende Überlegungen zugrunde:

- Zentraler Wagenrücklauf (Kleingebäck- und Feingebäcklinie)
- Zentrales Wagenlager (Kleingebäck- und Feingebäcklinie)
- Gärunterbrecher und Gärräume werden durch Gärvollautomaten ersetzt
- Blechreinigung neben Kommissionierung
- TK-Bereich in der Linie und TK-Lager vor Expedit

Die Produkte werden, wie in Kapitel 4.11 beschrieben, während des Produktionsprozesses in unterschiedlichen Verdichtungsgraden transportiert. Das bedeutet, dass sie vom Mischplatz zur Anlage in einer stark verdichteten Form in Teigkesseln (160 kg bzw. 240 kg pro Kessel) und von der Anlage zu den Gäräumen in einer weniger verdichteten Form mittels Stikkenwagen (30 kg pro Wagen) transportiert werden. Nach dem Tourieren werden die Teigblöcke zu je 6 kg auf Teigwagen transportiert (120 kg pro Wagen). Bei der Planung des neuen Layouts wurde darauf geachtet, die Transportwege in der wenig verdichteten Form mittels Stikkenwagen möglichst kurz zu gestalten, da diese Wege stark frequentiert sind. Dabei wurden längere Wege für Transporte in stark verdichteter Form in Kauf genommen, da diese Transporte wesentlich seltener sind.

²⁶¹ lt. Hrn. Knapp

Um die Transportwege der Teigvorbereitung für die repräsentativen Produkte der Bäckerei Knusperspitz und Bio-Roggenbrot zu optimieren, ist die Sauerteig- und Vorteiganlage sowie die Kochstückanlage um den Mischbereich positioniert. Die Brotlinie ist vom Mischbereich bis zur Auslieferung in Linie angeordnet. Die Abstände zwischen den Betriebsmitteln der Brotlinie wurden größer als die der anderen Linien gewählt, da auf der Brotlinie keine Stikkenwagen, sondern die deutlich größeren Simperlwagen als Transportmittel zum Einsatz kommen. Durch den Einsatz von Fördertechnik auf der Auskühlstrecke wird die Distanz zwischen Ofensystem und Auskühl- bzw. Brotverpackungsbereich überbrückt.

Für die Kleingebäcklinie wurde Wegoptimierung im wenig verdichteten Zustand umgesetzt und längere Transportwege im stark verdichteten Zustand in Kauf genommen.

Die WP- und CTR-Anlage sind hintereinander angeordnet. Der Teigkühlraum zwischen der WP- und der neuen Laminieranlage²⁶² minimiert die Transportwege der Teigwagen.

Die neue Plunderlinie ist mit einer direkt an das TK-Palettenlager gekoppelten Gär-, TK- und Verpackungskombination ausgelegt. Zwischen den Betriebsmitteln sind daher keine Distanzen zu überbrücken.

Aufgrund der enormen Vorteile der neuen Laminieranlage gegenüber der WP-Anlage hinsichtlich Tourierleistung, wird das Tourieren im neuen Layout ausschließlich auf die neue Laminieranlage verlagert. Die WP-Anlage touriert mit einer Stundenleistung von 280 kg/h bei einem Personalaufwand von 5 Mitarbeitern, die neue Laminieranlage touriert mit einer Stundenleistung von 1.500 kg/h bei einem Personalaufwand von 2 Mitarbeitern. Der Teigkühlraum wird daher direkt neben der neuen Laminieranlage positioniert, um die Wege der Teigwagen zu minimieren.

An das Tiefkühlpalettenlager gekoppelt sind Schocker, Pufferzone und ein gekühlter Verpackungsbereich.

Der Weißbrot- und Handarbeitsbereich ist so positioniert, dass sowohl der Mischbereich als auch die Tiefkühl- und Gärräume ohne Umwege genutzt werden können.

Die Bereiche Küche, Konditorei und Krapfenbereich sind neben der Brotlinie positioniert. Diese Anordnung gewährleistet eine flexible Erweiterbarkeit der einzelnen Bereiche.

²⁶² Die neue Laminieranlage wird als Teil der neuen Plunderlinie verstanden

Der Ofenbereich ist so positioniert, dass bei verschieben des Blechputzbereichs und des ungekühlten Verpackungsbereichs weitere Öfen hinzugefügt werden können.

Hinsichtlich Tiefkühlfläche wurden mehrere kleinere Tiefkühlzellen einer großen Tiefkühlzelle vorgezogen, da sonst das First-In/First-Out Prinzip, aufgrund der großen Produktvielfalt, nicht umsetzbar wäre. Ebenso werden im Bereich der Gärflächen statt großer Gäräume kleine Gärvollautomaten eingesetzt.

In den folgenden Beschreibungen zu den Layoutvarianten sind die prinzipiellen Verläufe der Wagen- und Warenflüsse für jede Linie dargestellt. Es sind sowohl die Flüsse für die frischen Produkte durch den Ofenbereich und die ungekühlten Verpackungs- und Auslieferungsbereiche als auch die Flüsse für die Tiefkühlprodukte durch den Schockfroster, die Pufferzone und die gekühlten Verpackungs- und Auslieferungsbereiche dargestellt.

7.3.1 Variante 1

In Variante 1 sind die Tiefkühlpalettenlager linear hintereinander angeordnet. Die Verladerampen dürfen nur im eingezeichneten Expeditbereich positioniert werden, da sonst die Erweiterbarkeit (nach unten) nicht mehr gegeben ist. Erweiterungen in Form ganzer Linien, ähnlich der neuen Plunderlinie, sind somit möglich.

Da die WP- und die neue Laminieranlage fluchtend positioniert sind, kann in Variante 1 ein gemeinsamer klimatisierter Bereich genützt werden. Abbildung 43 zeigt die Layout-Variante 1.

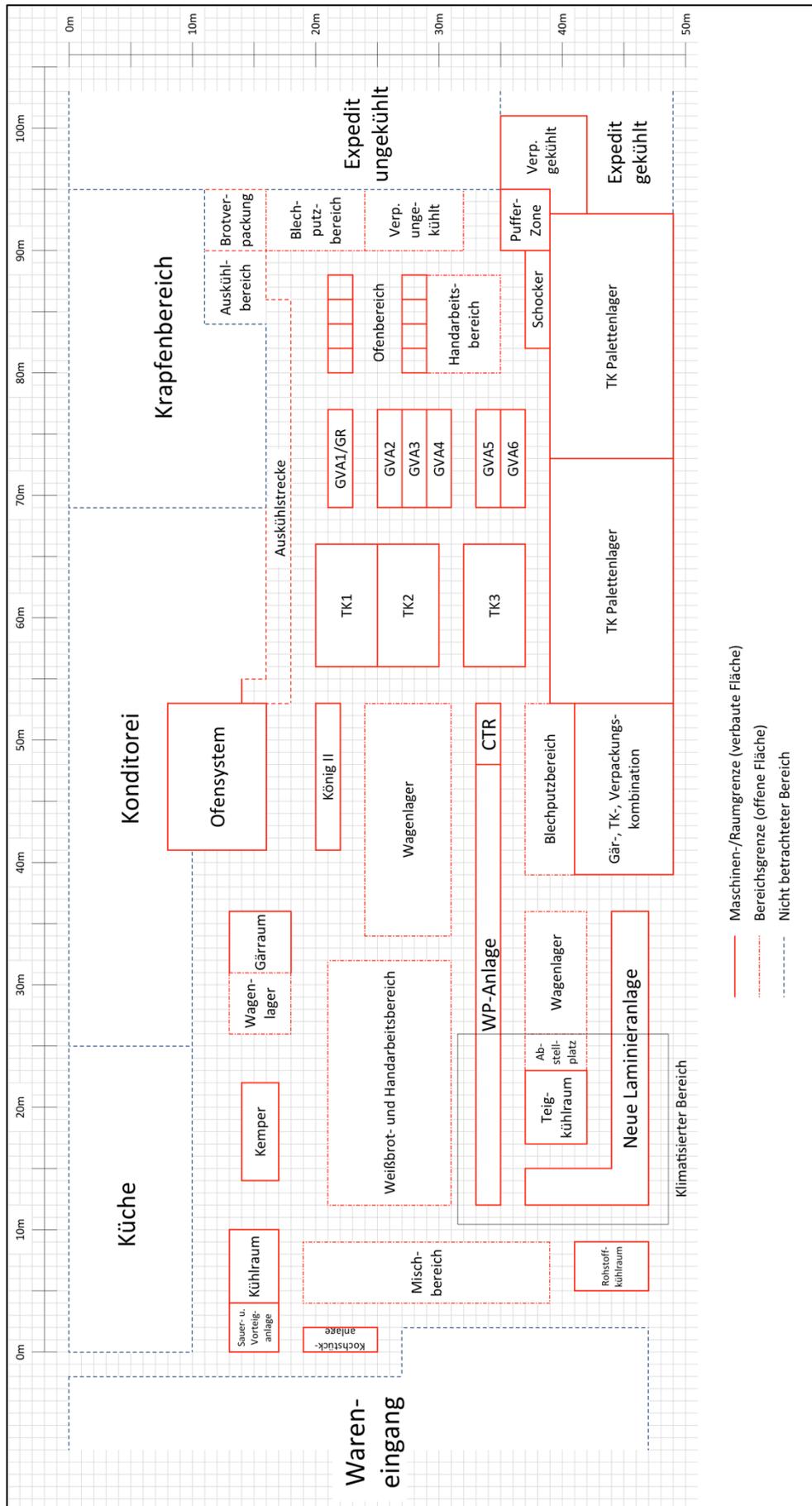


Abbildung 43: Layout-Variante 1

Die folgenden Abbildungen sind Ausschnitte des in Abbildung 43 dargestellten Layouts und zeigen den Waren- und Wagenfluss je Linie für Layout-Variante 1 mit ergänzenden Erläuterungen.

Brotlinie:

In Variante 1 wurden neue Anlagen wie eine Kochstückanlage, eine Sauerteig- und Vorteiganlage, ein Brotteigteiler, und ein automatisiertes Ofensystem mit Auskühlstrecke berücksichtigt. Die Betriebsmittel sind so angeordnet, dass die Wege zwischen den Prozessschritten kurz sind. Das Ofensystem und der Auskühlbereich werden mittels Fördertechnik verbunden. Abbildung 44 zeigt den Waren- und Wagenfluss der Brotlinie in Layout-Variante 1.

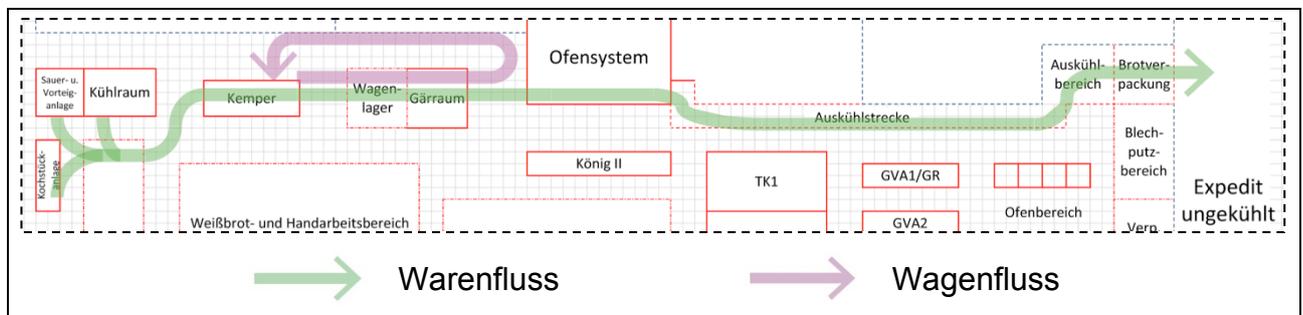


Abbildung 44: Waren- und Wagenfluss der Brotlinie in Layout-Variante 1

Kleingebäcklinie:

Die Anordnung der Betriebsmittel der Kleingebäcklinie gewährleistet kurze Distanzen im wenig verdichteten Zustand (Kessel) bei größeren Distanzen im stark verdichteten Zustand. Abbildung 45 zeigt den Waren- und Wagenfluss der Kleingebäcklinie in Layout-Variante 1.

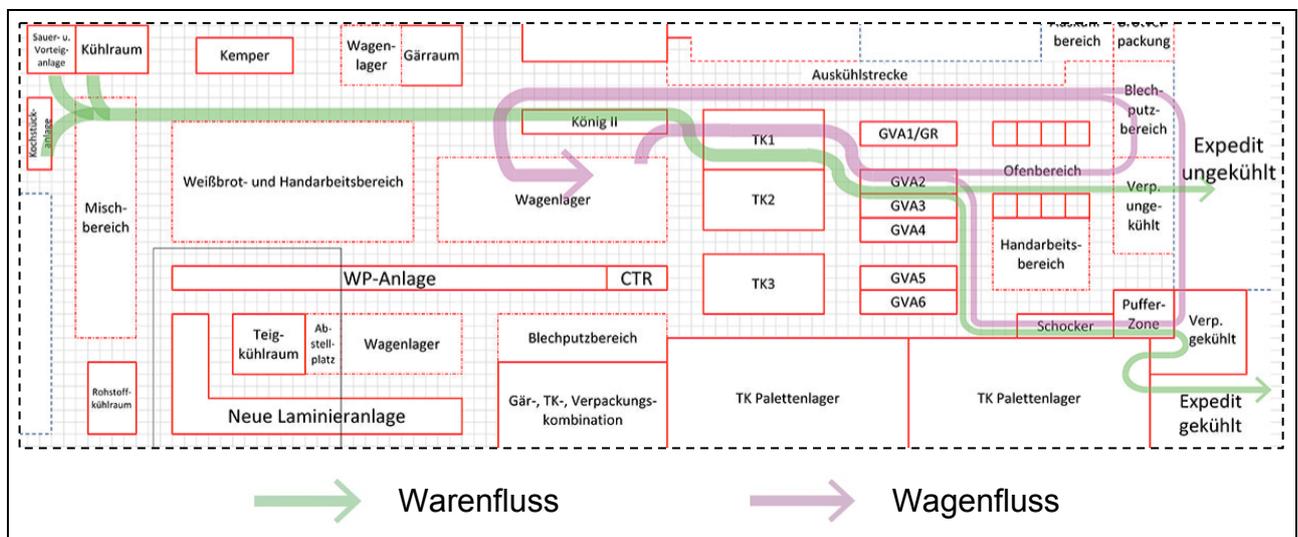


Abbildung 45: Waren- und Wagenfluss der Kleingebäcklinie in Layout-Variante 1

WP-Linie:

Der Teigkühlraum ist zwischen WP-Anlage und neuer Laminieranlage angeordnet, um die Transportwege zu diesen Anlagen zu minimieren. Layout-Variante 1 ist so gestaltet, dass die Wege frischer und tiefgekühlter Produkte sehr ähnlich sind. Abbildung 46 zeigt den Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 1.

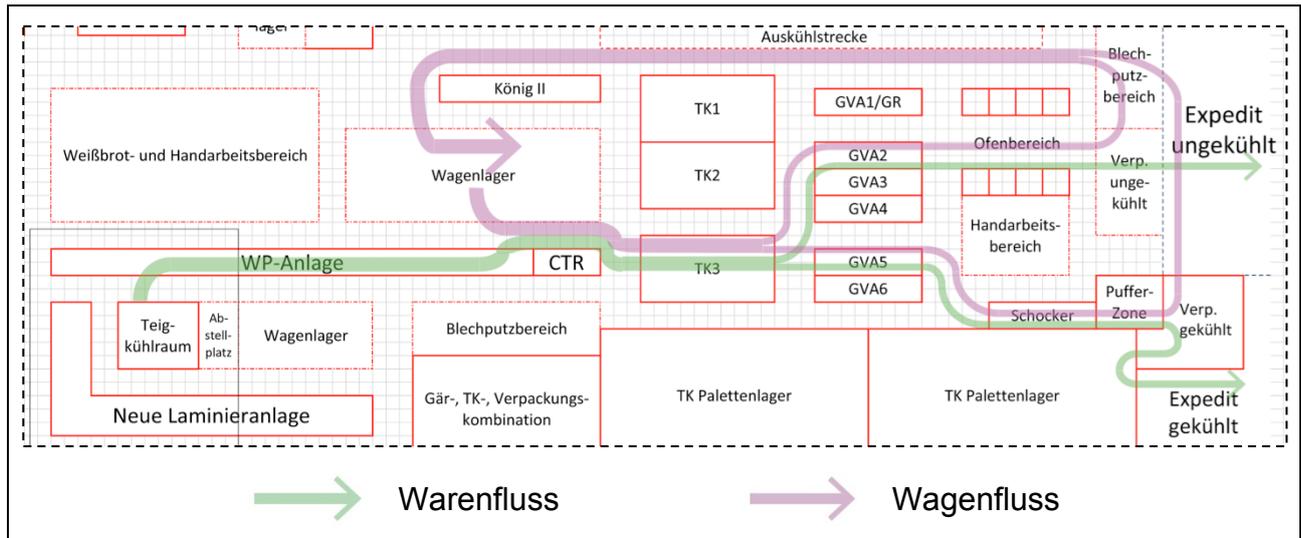


Abbildung 46: Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 1

CTR-Linie:

Da die CTR-Anlage an die WP-Anlage grenzt, sind die Waren- und Wagenflüsse sehr ähnlich. Abbildung 47 zeigt die Waren- und Wagenflüsse der CTR-Linie in Layout-Variante 1.

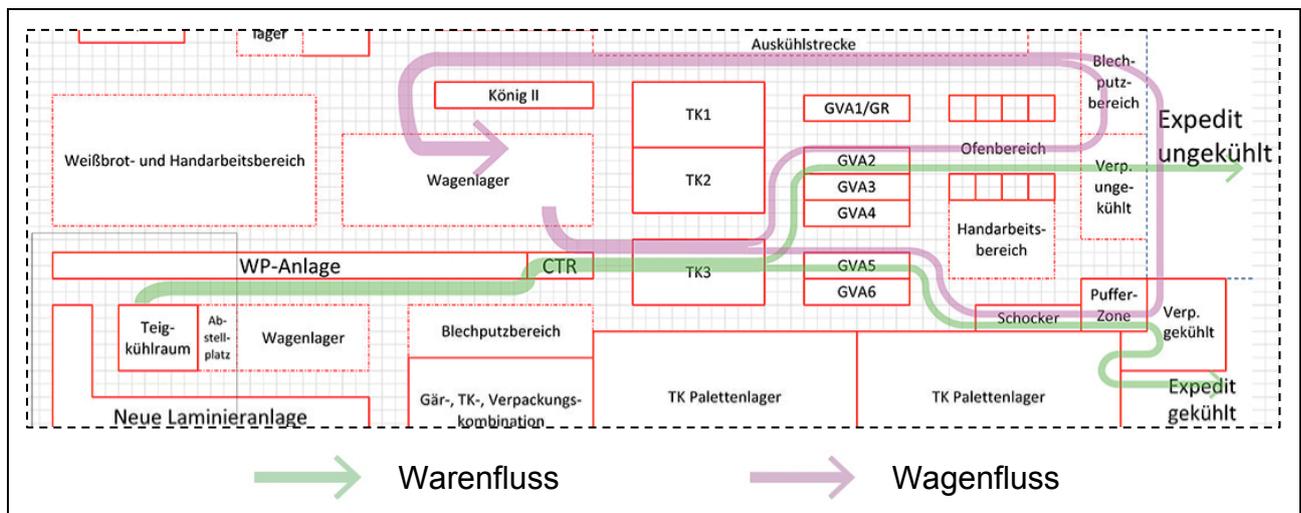


Abbildung 47: Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 1

7.3.2 Variante 2

Layout-Variante 2 wurde im Rahmen eines Layout-Workshops am 03.04.14 bei Sorger erstellt.

In Layout-Variante 2 ist im Gegensatz zur Layout-Variante 1 die neue Plunderlinie gespiegelt angeordnet. Diese Änderung wurde berücksichtigt, da die neue Laminieranlage in dieser Konfiguration bestellt wurde, um sich bei der Auswahl des Standorts für die neue Plunderlinie mehrere Optionen offen zu halten. Die Konfiguration der neuen Laminieranlage in Layout-Variante 1 hätte die Auswahl der Standortvarianten eingeschränkt. Durch die Spiegelung der neuen Laminieranlage muss ein weiterer Weg zwischen Teigkühlraum und WP-Anlage bzw. CTR-Anlage in Kauf genommen werden. Sollen die durch die Spiegelung der neuen Laminieranlage steigenden Transportleistungszahlen reduziert werden, muss ein zweiter Teigkühlraum zwischen WP-Anlage und der neuen Laminieranlage positioniert werden.

Die anderen Linien werden durch diese Veränderung nicht beeinflusst. Abbildung 49 zeigt die Layout-Variante 2.

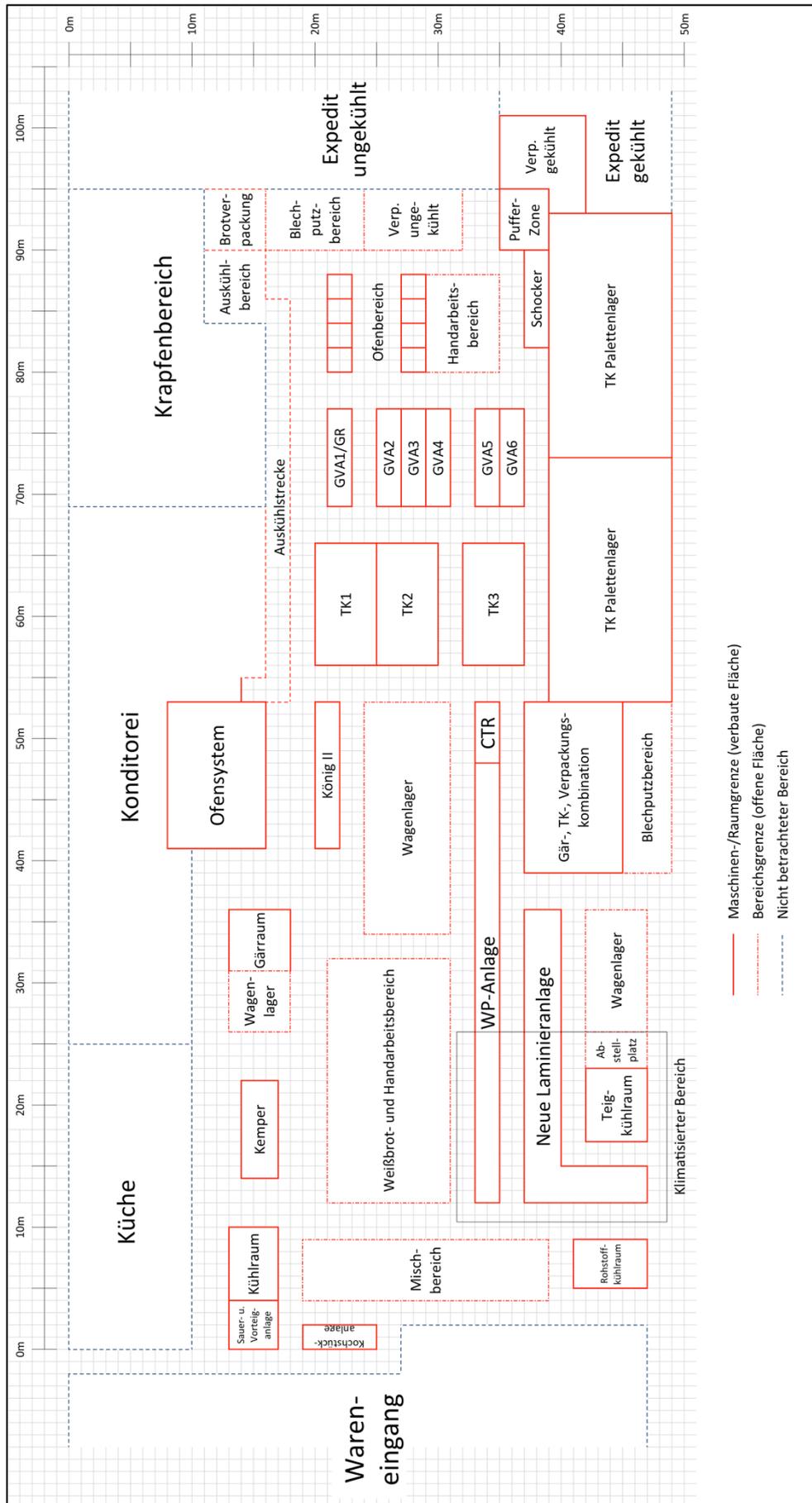


Abbildung 49: Layout-Variante 2

Die folgenden Abbildungen sind Ausschnitte aus dem in Abbildung 49 zu sehenden Layout und zeigen die Waren- und Wagenflüsse der Linien, die durch die Änderungen von Layout-Variante 1 auf Layout-Variante 2 beeinflusst werden.

WP-Linie:

Durch die Spiegelung der neuen Laminieranlage ergibt sich eine, den Transportweg zwischen Teigkühlraum und WP-Anlage betreffend, schlechtere Anordnung. Abbildung 50 zeigt den Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 2.

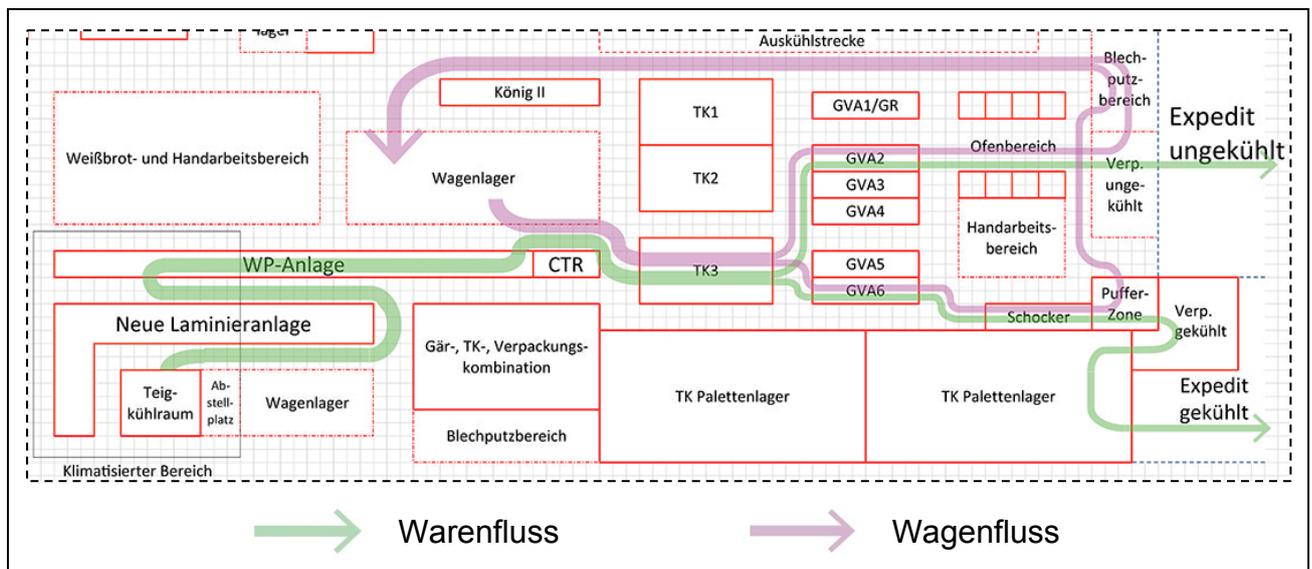


Abbildung 50: Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 2

CTR-Linie:

Auch in Layout-Variante 2 sind die Waren- und Wagenflüsse der CTR-Anlage und der WP-Anlage ähnlich. Die Spiegelung der neuen Laminieranlage und der damit verbundenen Neupositionierung des Teigkühlraums wirkt sich hingegen nur geringfügig auf die CTR-Linie aus. Abbildung 51 zeigt den Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 2.

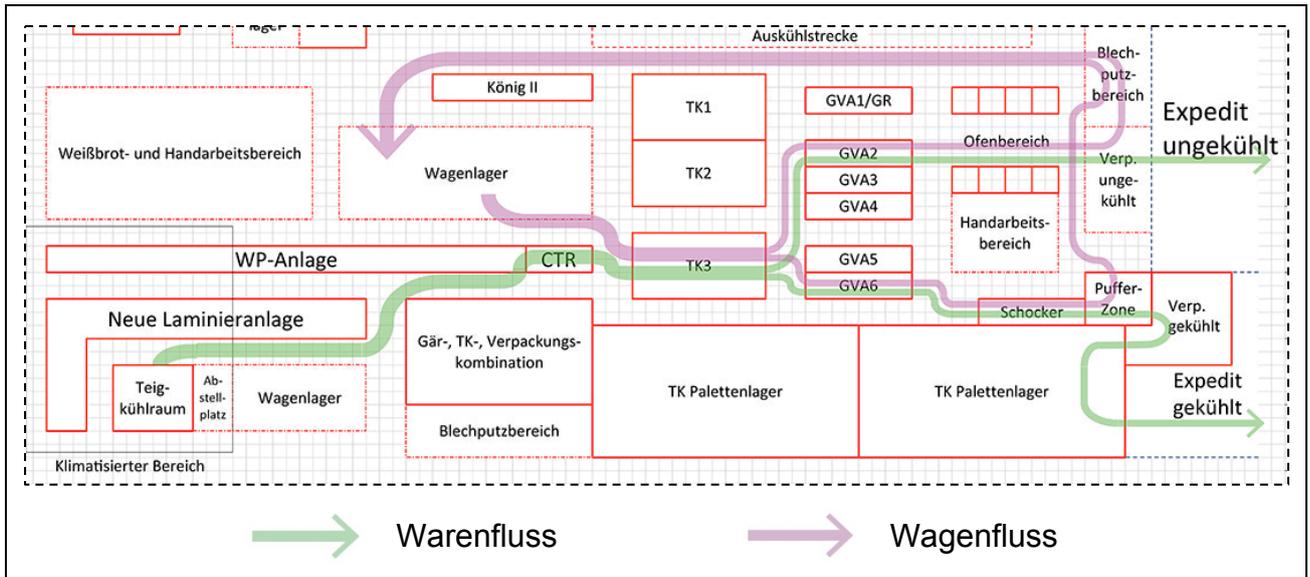


Abbildung 51: Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 2

Neue Plunderlinie:

Neben der gespiegelten neuen Laminieranlage sind in Layout-Variante 2 auch die Gär-, TK- und Verpackungskombination sowie der Blechputzbereich neu angeordnet. Abbildung 52 zeigt den Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 2.

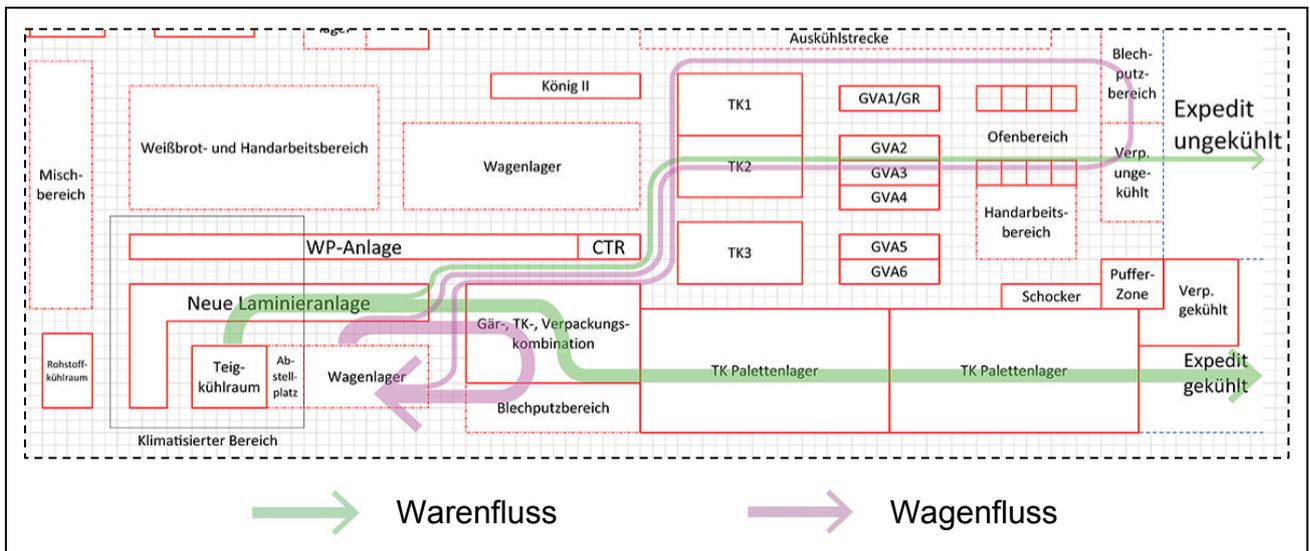


Abbildung 52: Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 2

7.3.3 Variante 3

Layout-Variante 3 wurde im Rahmen eines Layout-Workshops am 03.04.14 bei Sorger erstellt. In Layout-Variante 3 ist die neue Plunderlinie analog zur Layout-Variante 1 angeordnet. Das Tiefkühlpalettenlager wurde um 90° gedreht und die Plunderlinie in Richtung Expedit (nach rechts) verschoben. Es ergibt sich eine neue Anordnung der Betriebsmittel und somit andere Verläufe der Waren- und Wagenflüsse. Die Brotlinie bleibt unbeeinflusst. Abbildung 53 zeigt Layout-Variante 3.

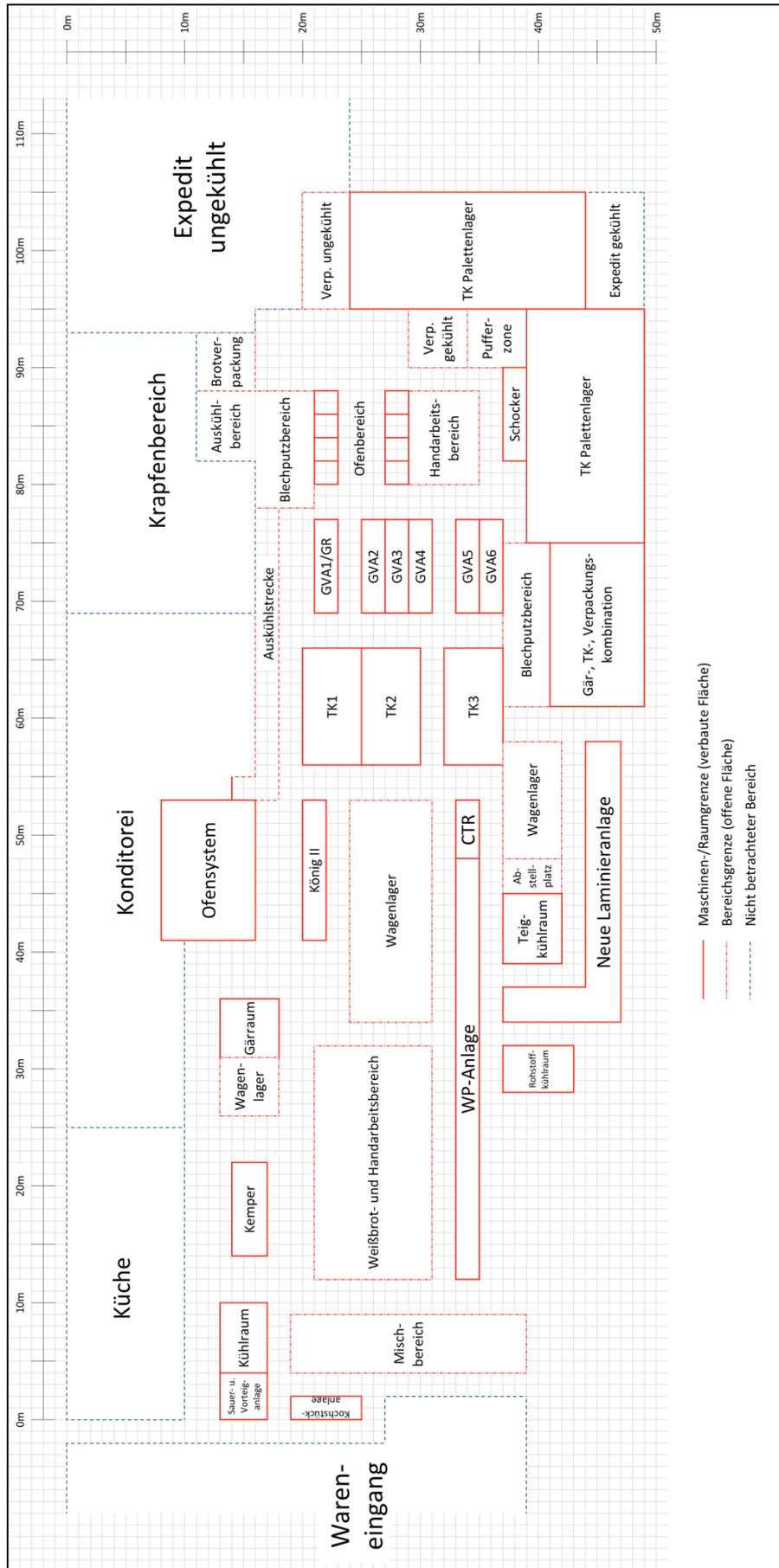


Abbildung 53: Layout-Variante 3

Die folgenden Abbildungen sind Ausschnitte aus dem in Abbildung 53 zu sehenden Layout und zeigen die Waren- und Wagenflüsse der Linien, die durch die Änderungen von Layout-Variante 1 auf Layout-Variante 3 beeinflusst werden.

Kleingebäcklinie:

Die Veränderungen in Layout-Variante 3 führen zu einer schlechteren Anordnung der Betriebsmittel, die sich gegenüber Layout-Variante 1 in einer höheren Transportleistungszahl widerspiegelt. Abbildung 54 zeigt den Waren- und Wagenfluss der Kleingebäcklinie in Layout-Variante 3.

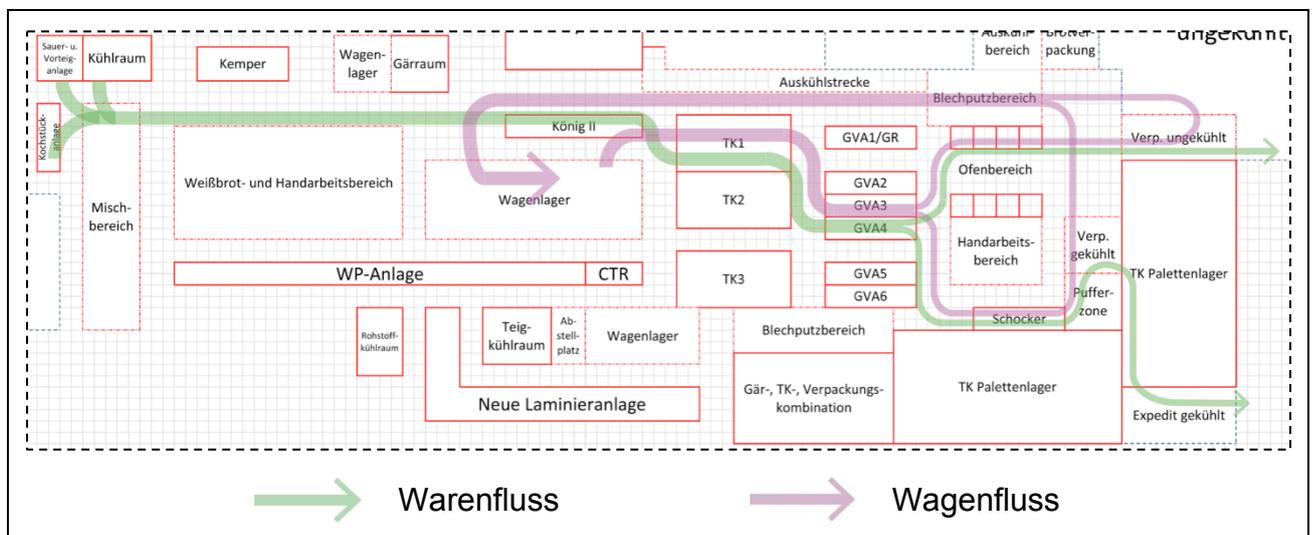


Abbildung 54: Waren- und Wagenfluss der Kleingebäcklinie in Layout-Variante 3

WP-Linie:

Das Verschieben der neuen Plunderlinie führt zu einem längeren Transportweg zwischen Teigkühlraum und WP-Anlage. Abbildung 55 zeigt den Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 3.

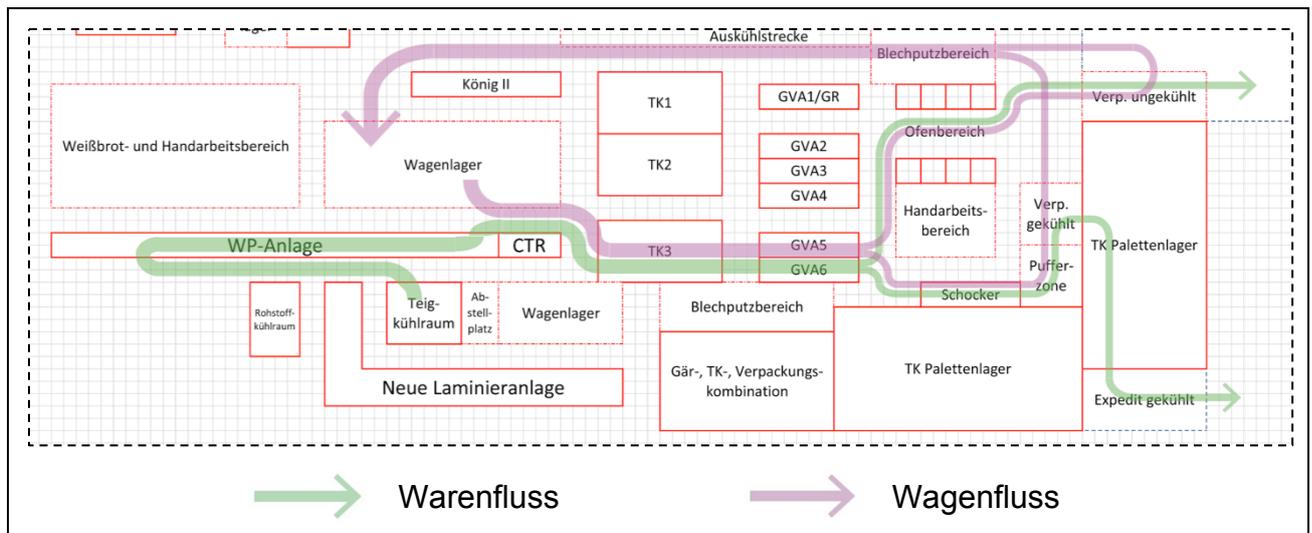


Abbildung 55: Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 3

CTR-Linie:

In Layout-Variante 3 verlaufen die Waren- und Wagenflüsse der CTR-Anlage ähnlich denen der WP-Anlage. Das Verschieben der neuen Plunderlinie führt jedoch zu einer Reduzierung des Transportweges zwischen Teigkühlraum und CTR-Anlage. Abbildung 56 zeigt den Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 3.

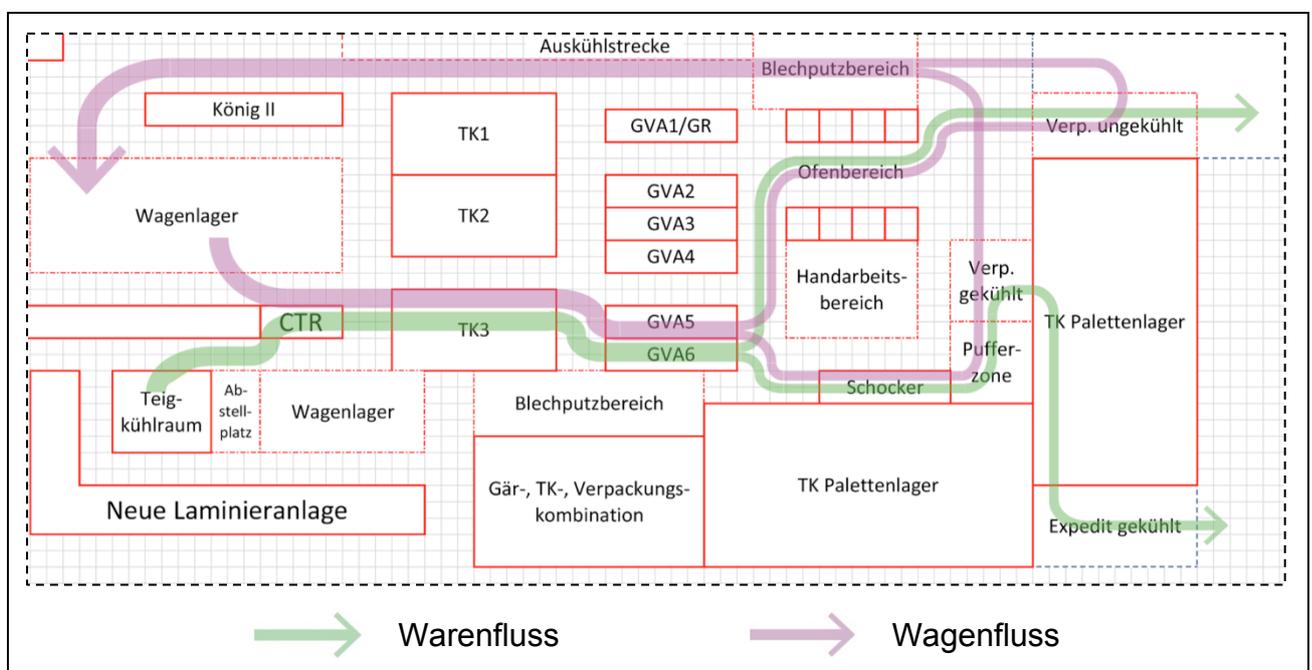


Abbildung 56: Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 3

Neue Plunderlinie:

Die neue Plunderlinie wird durch die in Layout-Variante 3 umgesetzten Veränderungen lediglich in einem kürzeren Transportweg durch nur ein statt zwei TK-Palettenlager beeinflusst. Abbildung 57 zeigt den Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 3.

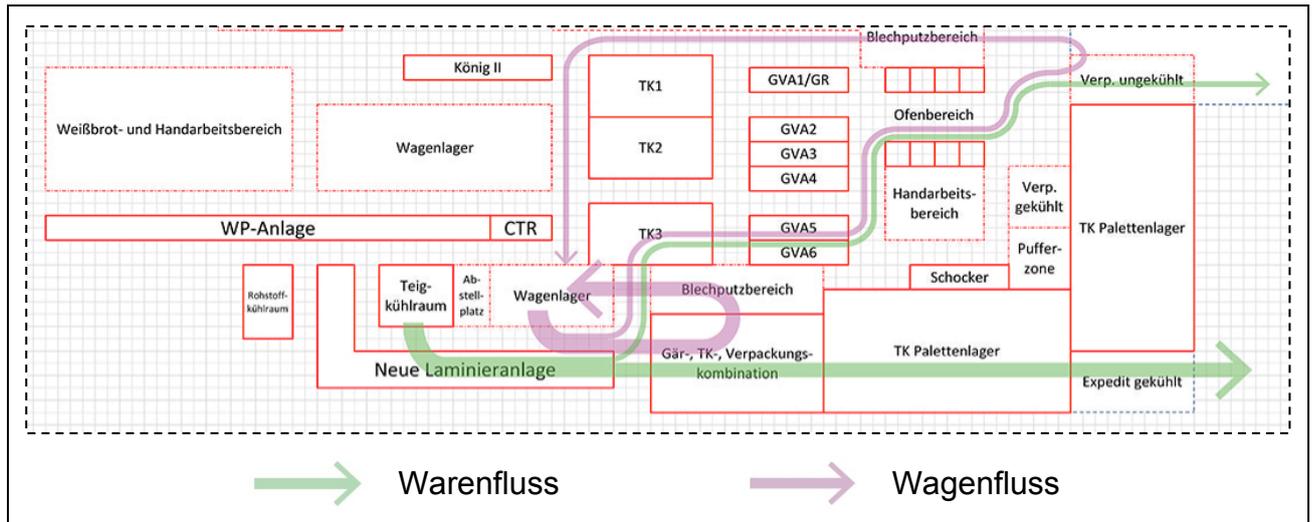


Abbildung 57: Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 3

7.4 Bewertung der Layoutvarianten

Zur Bewertung der verschiedenen Layout-Varianten werden in erster Linie die Transportleistungszahlen und der Flächenbedarf der bestehenden Betriebsstätte mit den entworfenen Layout-Varianten verglichen. Im Zuge der Berechnung der Transportleistungszahl werden die Transportwege, die Transportzeiten und die sich daraus ergebenden Personalkosten gegenübergestellt und Optimierungspotentiale aufgezeigt.

7.4.1 Vergleich der Transportleistungszahl

Die Transportleistungszahl bietet eine Möglichkeit die Layout-Varianten einer quantitativen Bewertung zu unterziehen und Rationalisierungspotentiale der einzelnen Varianten aufzuzeigen. Die Transportleistungszahl errechnet sich aus den Transportintensitäten (Menge pro Tag) multipliziert mit dem zurückgelegten Weg. Die Distanzen zwischen den Betriebsmitteln wurden gemessen. Die Transportintensitäten pro Kessel, Teigwagen und Produktwagen errechnen sich aus der durchschnittlichen Tagesproduktion (2013 bzw. 2018) für die jeweilige Produktgruppe (siehe Tabelle B.1 in Anhang B).

Um die Bedeutung der Wegreduzierung aufzeigen zu können, wurde mit Hilfe der durchschnittlichen Gehgeschwindigkeit eines Mitarbeiters die Transportzeit berechnet. Zur Transportzeit des bestehenden Layouts müssen die notwendigen Liftfahrten addiert werden. Da nur mit den Produktwagen die Stockwerke gewechselt werden, wurde pro Fahrt mit einem Produktwagen die Zeit für eine Liftfahrt berücksichtigt. Eine detaillierte Auflistung der Distanzen zwischen den Betriebsmitteln zeigen Tabelle B.2 (2013) und Tabelle B.3 (2018) in Anhang B.

Um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können, werden für 2013 die Transportwege für den bestehenden Standort wie auch für die Varianten 1 bis 3 ohne neue Plunderlinie berechnet. Für das Jahr 2018 wurde zum bestehenden Standort die neue Plunderlinie hinzugerechnet (siehe Tabelle 72).

2013	Produktionsprogramm 2013	
	Bestehendes Layout:	Aktuelle Anlagen bei Projektstart
	Greenfield-Layout:	ohne neue Plunderlinie
2018	Produktionsprogramm 2018	
	Bestehendes Layout:	Aktuelle Anlagen bei Projektstart + Erweiterung neue Plunderlinie
	Greenfield-Layout:	mit neuer Plunderlinie

Tabelle 72: Annahmen für Variantenvergleich

Der Berechnung liegt eine angenommene Aufteilung der jährlichen Stückzahlen des Plunderfeingebäcks von 80% auf der neuen Laminieranlage und 20% auf der WP-Anlage zugrunde. Die Transportwege und der Flächenbedarf der neuen Plunderlinie sind den aktuellen Planungsunterlagen²⁶³ entnommen. Diese Annahmen gelten sowohl für den Vergleich der Transportleistungszahlen als auch für den Vergleich des Flächenbedarfs.

Tabelle 73 zeigt einen Vergleich der täglichen Transportleistungszahlen und Personalkosten für 2013.

2013	Transportleistungszahl							Personalkosten durch Transport			
	WP-Anlage	Plunderlinie neu	CTR-Anlage	Brotlinie	Kleingebäck-Linie	Summe	Differenz	Transportzeit	Personal-kosten	Differenz	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]	[h]	[€/Tag]	[%]	[€/Tag]
Bestand	5458	-	3460	1071	2086	12075		13,03	222		
Variante 1	1471	-	756	400	588	3215	-73	1,29	22	-90	-200
Variante 2	1946	-	1020	400	812	4178	-65	1,67	28	-87	-193
Variante 3	2213	-	1220	400	672	4505	-63	1,80	31	-86	-191

Tabelle 73: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Tag für 2013

Tabelle 74 zeigt den Vergleich der jährlichen Transportleistungszahlen und Personalkosten für 2013 (260 Arbeitstage).

2013	Transportleistungszahl							Personalkosten durch Transport			
	WP-Anlage	Plunderlinie neu	CTR-Anlage	Brotlinie	Kleingebäck-Linie	Summe	Differenz	Transportzeit	Personal-kosten	Differenz	
	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[%]	[h]	[€/Jahr]	[%]	[€/Jahr]
Bestand	1419	-	900	278	542	3140		3388	57593		
Variante 1	382	-	197	104	153	836	-73	334	5684	-90	-51908
Variante 2	506	-	265	104	211	1086	-65	435	7387	-87	-50206
Variante 3	575	-	317	104	175	1171	-63	469	7965	-86	-49628

Tabelle 74: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Jahr für 2013

Es ergeben sich Einsparungspotentiale im Vergleich der Transportleistungszahlen von bis zu 73%. Die großen Differenzen der Transportzeit und der dadurch verursachten Personalkosten sind auf die Liffahrten im bestehenden Layout zurückzuführen.

Tabelle 75 zeigt einen Vergleich der täglichen Transportleistungszahlen und Personalkosten für 2018.

²⁶³ Planungsunterlagen für Cargo-Center Graz (Hr. Straubinger)

2018	Transportleistungszahl							Personalkosten durch Transport			
	WP-Anlage	Plunderlinie neu	CTR-Anlage	Brotlinie	Kleingebäck-Linie	Summe	Differenz	Transport -zeit	Personal -kosten	Differenz	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]	[h]	[€/Tag]	[%]	[€/Tag]
Bestand	2637	1166	832	550	1416	6601		5,24	89		
Variante 1	716,2	748	1452	208	407	3531	-47	1,4	24	-73	-65
Variante 2	921	1568	1264	208	559	4520	-32	1,8	31	-65	-58
Variante 3	1039	1688	1189	208	464	4588	-30	1,8	31	-65	-58

Tabelle 75: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Tag für 2018

Tabelle 76 zeigt den Vergleich der jährlichen Transportleistungszahlen und Personalkosten für 2013 (260 Arbeitstage).

2018	Transportleistungszahl							Personalkosten durch Transport			
	WP-Anlage	Plunderlinie neu	CTR-Anlage	Brotlinie	Kleingebäck-Linie	Summe	Differenz	Transport -zeit	Personal -kosten	Differenz	
	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[km]	[%]	[h]	[€/Jahr]	[%]	[€/Jahr]
Bestand	686	303	216	143	368	1716		1362	23161		
Variante 1	186	194	378	54	106	918	-47	367	6243	-73	-16918
Variante 2	239	408	329	54	145	1175	-32	470	7991	-65	-15169
Variante 3	270	439	309	54	121	1193	-30	477	8112	-65	-15049

Tabelle 76: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Jahr für 2018

Es zeigt sich, dass die prozentuellen Einsparungen der drei Layout-Varianten gegenüber dem bestehenden Layout für 2013 und 2018 zwar gleich sind, sich jedoch die Einsparungen bezüglich Personalkosten enorm reduzieren. Dies liegt in der beträchtlichen Verminderung der Transportleistungszahlen des bestehenden Layouts durch die Investition in eine neue Plunderlinie begründet.

7.4.2 Vergleich des Flächenbedarfs

Neben der Transportleistungszahl und der Personalkosten durch Transportwege wird der Flächenbedarf der Layout-Varianten mit dem bestehenden Layout verglichen. Tabelle 77 zeigt den Betrachtungsbereich für den Vergleich des Flächenbedarfs.

In Betrachtung enthalten	In Betrachtung NICHT enthalten
Feingebäcklinie (WP-Anlage, CTR-Anlage)	Wareneingang
Kleingebäcklinie	Warenausgang
Brotlinie	Rohstofflager
Mischbereiche	Knödelbrot- und Bröselanlage
Öfen	Büroräumlichkeiten
Gärräume	Werkstätten
Kühl- und Tiefkühlräume	Haustechnikräume
Schockfroster	
Tiefkühlager	
Verpackungsbereiche	
Handarbeitsbereiche	
Wagenabstellbereiche	
Blechputzbereich	
Küche	
Konditorei	
Krapfenbereich	

Tabelle 77: Betrachtungsbereich für den Vergleich des Flächenbedarf

Tabelle 78 zeigt den Vergleich des Flächenbedarfs für 2013, Tabelle 79 für 2018.

	Gesamt	Differenz
	[m ²]	[%]
Bestand	4.037	
Variante 1	3.464	-14
Variante 2	3.480	-14
Variante 3	3.254	-19

	Gesamt	Differenz
	[m ²]	[%]
Bestand	5.100	
Variante 1	4.464	-12
Variante 2	4.480	-12
Variante 3	4.254	-17

Tabelle 78: Vergleich des Flächenbedarfs 2013

Tabelle 79: Vergleich des Flächenbedarfs 2018

Der geringere Flächenbedarf der drei Layout-Varianten gegenüber dem bestehenden Layout ist auf die optimierte Anordnung der Betriebsmittel sowie die Reduzierung der Bewegungsflächen und somit eine bessere Flächennutzung zurückzuführen.

7.5 Zusammenfassende Diskussion der Bewertungsergebnisse

Pro Jahr ergeben sich die in Tabelle 80 angeführten Einsparungspotentiale.

	2013	2018
Transportleistungszahl	-73%	-47%
Personalkosten	€ -52.000	€ -17.000

Tabelle 80: Einsparungspotential pro Jahr

Bezogen auf das Produktionsprogramm 2013 ergibt sich hinsichtlich Personalkosten ein Einsparungspotential von 52.000 €. Im Jahr 2018 sinkt das Einsparungspotential, trotz der enormen Steigerung der Produktionszahlen, auf 17.000 €. Es geht hervor, dass die Investition in eine neue Anlage an einem anderen Standort erhebliche Auswirkungen auf die Transportleistungszahl und die Personalkosten hat. Die Einsparungspotentiale bezüglich Transportleistungszahlen und Personalkosten alleine sind für eine Umsiedlung an einen neuen Standort nicht ausreichend. Aufgrund der folgenden Ausführungen sollte jedoch eine baldige Umsiedlung angedacht werden.

- **Erweiterungsmöglichkeiten**
Durch die fehlenden Erweiterungsmöglichkeiten am bestehenden Standort, kann nicht auf Schwankungen im Produktionsprogramm reagiert werden. Das Produktionsprogramm für 2018 ist an diesem Standort nicht produzierbar.
- **Überalterte Betriebsmittel**
Die Betriebsmittel am bestehenden Standort sind überaltert und nicht mehr Stand der Technik. Die steigenden Produktionszahlen bringen die Betriebsmittel in den nächsten Jahren an ihre Leistungsgrenzen. Durch die überalterten Betriebsmittel müssen qualitative Einbußen hingenommen werden.
- **Zukünftige Marktchancen**
Durch die begrenzten Kapazitäten am bestehenden Standort können zukünftige Marktchancen nicht wahrgenommen werden.
- **Konkurrenzfähigkeit**
Das Marktsegment Tiefkühlware ist am bestehenden Standort nicht dauerhaft konkurrenzfähig zu bedienen. Die Herstellkosten sind durch die langen innerbetrieblichen Transportwege und begrenzten Gärraum- und Tiefkühlraumkapazitäten zu hoch, um die Wettbewerbsfähigkeit auch in den nächsten Jahren zu gewährleisten.

- Mehraufwand
Durch den Platzmangel am bestehenden Standort müssen zusätzliche Tätigkeiten ausgeführt und zusätzliche Transportwege zurückgelegt werden, wodurch die Herstellkosten zunehmen.
- Rüstvorgänge
Mangelnde Gärraum- und Tiefkühlkapazitäten erfordern kleinere Losgrößen, wodurch mehr Rüstvorgänge durchgeführt werden müssen.
- Hygienestandards und gesetzliche Vorgaben
Die aktuellen Hygienestandards und gesetzlichen Vorgaben sind immer schwerer erreichbar. Für Teilbereiche des bestehenden Standorts wurden bereits erforderliche Voraussetzungen für bestimmte Zertifikate nicht erfüllt.
- Zulieferung mit Sattelschlepper
Am bestehenden Standort ist die Zulieferung mittels Sattelschlepper nicht möglich, wodurch sich erhebliche Logistikkosten ergeben.

Viele positive Effekte des Greenfield Layouts können schwer quantifiziert werden. Folgend sind die wichtigsten Kriterien, die am neuen Standort erreicht werden können angeführt:²⁶⁴

- Sicherung einer hohen Wirtschaftlichkeit
Die Produkte können bei minimalen Durchlaufzeiten und Beständen unter weitgehender Vermeidung von nicht wertschöpfender Tätigkeiten hergestellt werden. Dabei können ein logistikkogener Produktions- und Materialfluss sowie eine bestmögliche Auslastung von Betriebsmitteln, Flächen, Räumen und Personal gewährleistet werden.
- Sicherung einer hohen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit
Betriebsmittel, Raumstrukturen und Prozesse können durch flexible und wandlungsfähige Auslegung die permanente Anpassungsfähigkeit an Absatzschwankungen sichern. Durch den Einsatz vieler kleiner im Gegensatz zu weniger großer Betriebsmittel und Raumstrukturen kann dieser Voraussetzung Rechnung getragen werden.
- Sicherung der Qualitätsstandards
Die optimierte Auslegung und Synchronisierung der Betriebsmittel gewährleistet auch in Zukunft stabile Produktionsprozesse und das Erreichen höchster Produkt- und Prozessqualität.

²⁶⁴ Vgl. Grundig (2013), S. 12

- **Sicherung der Hygienestandards**
Die Einhaltung der Hygienestandards und gesetzlichen Vorgaben können durch die bei der Planung berücksichtigten HACCP-Konzepte gewährleistet und die Voraussetzungen für die Erlangung notwendiger Zertifikate gesichert werden.
- **Sicherung einer hohen Attraktivität**
Durch die Neugestaltung der Betriebsstätte können motivierende und humane Arbeitsbedingungen für Mitarbeiter geschaffen werden.
- **Sicherung der Energie- und Ressourceneffizienz**
Durch die Beschaffung von Betriebsmitteln nach neuestem Stand der Technik und entsprechender Planung und Auslegung können eine nachhaltige Energie- und Ressourceneffizienz gewährleistet werden.

8 Literaturverzeichnis

- AGGTELEKY, B.:** Fabrikplanung : Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung. Bd. 1: Grundlagen, Zielplanung, Vorarbeiten, unternehmerische und systemtechnische Aspekte, München 1981.
- AGGTELEKY, B.:** Fabrikplanung : Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung. Bd. 2: Betriebsanalyse und Feasibility-Studie, technisch-wirtschaftliche Optimierung von Anlagen und Bauten, München 1982.
- ARBEITERKAMMER STEIERMARK:** Heizöl - stmk.arbeiterkammer.at, URL: <http://stmk.arbeiterkammer.at/beratung/konsumentenschutz/energie/Heizoel.html>, 21.04.2014.
- ARNOLD, D. ET AL.:** Handbuch Logistik, 3. Aufl, s.l 2008.
- ARNOLD, D.; FURMANS, K.:** Materialfluss in Logistiksystemen, 6., erw. A, Berlin und Heidelberg 2009.
- BMI:** Organisationshandbuch - Multimomentaufnahme, URL: http://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/61_Erhebungstechniken/616_Multimomentaufnahme/multimomentaufnahme-node.html, 25.03.2014.
- GRUNDIG, C.-G.:** Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen, 4. Auflage, München 2013.
- HALLER-WEDEL, E.:** Messen, Zählen, Auswerten und Beurteilen: Einführung in die mathematische und analytische Statistik, München 1967.
- HALLER-WEDEL, E.:** Das Multimoment-Verfahren in Theorie und Praxis: Ein statistisches Verfahren zur Untersuchung von Vorgängen in Industrie, Wirtschaft und Verwaltung, 2. Auflage, München 1969.
- MARTIN, H.:** Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 9. Auflage, Wiesbaden 2014.
- MÜLLER, D.:** Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure, Berlin und Heidelberg 2006.
- PAWELLEK, G.:** Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, Berlin 2008.
- REFA:** Methodenlehre des Arbeitsstudiums Band 2, 6. Auflage, München 1978.
- REFA:** Methodenlehre der Planung und Steuerung Band 5, 4. Aufl, München 1985.
- REFA:** Methodenlehre des Arbeitsstudiums Band 1, 7. Auflage, München 1992.
- SCHENK, M.; WIRTH, S.:** Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, Berlin und Heidelberg 2004.
- SCHMID, D.; BAUMANN, R.:** Grundlagen: Bäckerei, Konditorei, Confiserie, Luzern 2011.

- SCHMIGALLA, H.:** Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, Berlin 1970.
- SCHNÖLL, H.P.:** Projektbeschreibung - IBL internes Dokument, Graz 2013.
- SCHUH, G.:** Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, 3. Auflage, Berlin und Heidelberg 2006.
- STELZER, H.:** Energiebedarf König – Rotopassat 980N – Öl, in: 2013.
- VDI:** Analyse und Planung von Betriebsflächen: Grundlagen, Anwendungen und Beispiele, Berlin 1991.
- VDI:** Planungsvorgehen: Planning procedures, Berlin 2011.
- WEIGL, J.A.:** Branchenkonzept Energiesparen in Bäckereien, Graz 1997.
- WEIGL, J.A.; LUMMERSTORFER, K.:** Branchenkonzept Energiesparen in Bäckereien, Graz 1998.
- WICHERT, O.:** 7 Verschwendungsarten 2013, URL: <http://www.lean-production-expert.de/lean-production/7-verschwendungsarten.html>, 20.04.2014.
- WIENDAHL, H.-P.; REICHARDT, J.; NYHUIS, P.:** Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten, München 2009.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundstruktur der Vorgehensweise	3
Abbildung 2: Planungsgrundfälle der Betriebsstättenplanung	6
Abbildung 3: Planungsphasen des Fabrikplanungsprozesses	9
Abbildung 4: Phasen der Materialflussanalyse.....	20
Abbildung 5: Topologisch sortierter Graph mit dazugehöriger Transportmatrix.....	21
Abbildung 6: Systematische Flächengliederung nach DIN 277.....	24
Abbildung 7: Methoden zur materialflussorientierten Anordnung von Struktureinheiten	31
Abbildung 8: Aufbauverfahren nach Schmigalla.....	32
Abbildung 9: Kreisverfahren nach Schwerdtfeger	33
Abbildung 10: Beispiel eines Sankey-Diagrammes.....	34
Abbildung 11: Gliederung der Ausführung	45
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Produktion	57
Abbildung 13: MMA-Rundgang im 2. Obergeschoß, Beobachtungspunkt 1	62
Abbildung 14: MMA-Rundgang im 1. Obergeschoß, Beobachtungspunkte 2 bis 7	62
Abbildung 15: MMA-Rundgang im Erdgeschoß, Beobachtungspunkte 8 bis 14.....	63
Abbildung 16: Ausschnitt eines nach REFA-Vorgaben erstellten Aufnahmebogens	64
Abbildung 17: Produktionsschritte im 1. Obergeschoß für die Produkte Tiefkühl- Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke.....	65
Abbildung 18: Produktionsschritte im Erdgeschoß für die Produkte Tiefkühl- Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke.....	66
Abbildung 19: Ergebnis der MMA für die WP-Anlage.....	68
Abbildung 20: Transportwege im 1. Obergeschoß für die Produkte Tiefkühl- Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke.....	69

Abbildung 21: Transportwege im Erdgeschoß für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke	69
Abbildung 22: Produktionsschritte im 1. Obergeschoß für das Produkt Gustospitz	76
Abbildung 23: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Gustospitz	77
Abbildung 24: Ergebnis der MMA für die CTR-Anlage	78
Abbildung 25: Transportwege im 1. Obergeschoß für das Produkt Gustospitz.....	79
Abbildung 26: Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Gustospitz.....	79
Abbildung 27: Transportwege im 2. Obergeschoß für das Produkt Gustospitz.....	79
Abbildung 28: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Bio-Roggenbrot	82
Abbildung 29: Ergebnis der MMA für die Kemper	83
Abbildung 30: Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Bio-Roggenbrot.....	84
Abbildung 31: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Knusperspitz.....	86
Abbildung 32: Ergebnis der MMA für die König II.....	87
Abbildung 33: Transportwege im Erdgeschoß für das Produkt Knusperspitz	88
Abbildung 34: Transportwege im 1. Obergeschoß für das Produkt Knusperspitz.....	88
Abbildung 35: Produktionsschritte im 1. Obergeschoß für das Produkt Dinkelkuchen .	91
Abbildung 36: Produktionsschritte im Erdgeschoß für das Produkt Dinkelkuchen.....	92
Abbildung 37: Ergebnisse der MMA für die Konditoreimaschinen	92
Abbildung 38: Ergebnis der MMA für die Backöfen.....	93
Abbildung 39: Ergebnis der MMA für den Durchlaufofen	95
Abbildung 40: Ergebnis der MMA für die Verpackungsmaschinen	96
Abbildung 41: Details zur WP-Anlage	108
Abbildung 42: Details zur CTR-Anlage.....	108
Abbildung 43: Layout-Variante 1	119

Abbildung 44: Waren- und Wagenfluss der Brotlinie in Layout-Variante 1.....	120
Abbildung 45: Waren- und Wagenfluss der Kleingebäcklinie in Layout-Variante 1.....	120
Abbildung 46: Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 1.....	121
Abbildung 47: Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 1.....	121
Abbildung 48: Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 1.	122
Abbildung 49: Layout-Variante 2.....	124
Abbildung 50: Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 2.....	125
Abbildung 51: Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 2.....	126
Abbildung 52: Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 2.	126
Abbildung 53: Layout-Variante 3.....	128
Abbildung 54: Waren- und Wagenfluss der Kleingebäcklinie in Layout-Variante 3.....	129
Abbildung 55: Waren- und Wagenfluss der WP-Linie in Layout-Variante 3.....	130
Abbildung 56: Waren- und Wagenfluss der CTR-Linie in Layout-Variante 3.....	130
Abbildung 57: Waren- und Wagenfluss der neuen Plunderlinie in Layout-Variante 3.	131

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung der Produkte zu Produktgruppen	46
Tabelle 2: Produktionsprogramm 2013 bis 2018	48
Tabelle 3: Stückzahlen pro Tag bei Vollausbau aller 450 Hofer-Filialen	49
Tabelle 4: Details zur Laminieranlage	50
Tabelle 5: Details zur Wickelanlage	51
Tabelle 6: Details zur Kleingebäckanlage	51
Tabelle 7: Details zum Brotteigteiler	52
Tabelle 8: Details zur Ausrollmaschine	52
Tabelle 9: Details zur Dressiermaschine	53
Tabelle 10: Details zur Geliermaschine	53
Tabelle 11: Details zu den Stikkenöfen	54
Tabelle 12: Details zu den Etagenbacköfen	54
Tabelle 13: Details zu den Thermoroll Wagenöfen	55
Tabelle 14: Details zum Durchlaufofen	55
Tabelle 15: Zuordnung der Linien zu Bereichen	56
Tabelle 16: Vergleich des tatsächlichen Outputs mit der aktuellen bzw. der max. möglichen Leistung der WP-Anlage	67
Tabelle 17: Ergebnis der Strommessung an der WP-Anlage	67
Tabelle 18: Anteile der Arbeitsabläufe der WP-Anlage in Prozent und Stunden	68
Tabelle 19: Bewertung der Transportwege für die Produkte Tiefkühl-Topfentascherl und Tiefkühl-Nussschnecke sowie die Produktgruppen Topfentascherl, Nussschnecke und Apfeltasche	71
Tabelle 20: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten der WP-Anlage	72

Tabelle 21: Bewertung der durch die Stillstandzeit verursachten Personalkosten an der WP-Anlage	73
Tabelle 22: Bewertung des manuellen Abnehmens der Produkte an der WP-Anlage ..	74
Tabelle 23: Bewertung des Besprühens der Produkte von der WP-Anlage	74
Tabelle 24: Bewertung der Vorbereitungszeit an der WP-Anlage	75
Tabelle 25: Vergleich des tatsächlichen Outputs mit der aktuellen bzw. der max. möglichen Leistung der CTR-Anlage.....	77
Tabelle 26: Anteile der Arbeitsabläufe an der CTR-Anlage in Prozent und Stunden	78
Tabelle 27: Bewertung der Transportwege für die Produktgruppe Gustospitz.....	80
Tabelle 28: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten der CTR-Anlage.....	81
Tabelle 29: Vergleich des tatsächlichen Outputs mit der max. möglichen Leistung der Kemper	83
Tabelle 30: Anteile der Arbeitsabläufe an der Kemper in Prozent und Stunden	84
Tabelle 31: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten der Kemper	85
Tabelle 32: Anteile der Arbeitsabläufe an der König II in Prozent und Stunden.....	87
Tabelle 33: Bewertung der Zusatztätigkeiten	89
Tabelle 34: Bewertung der Transportwege für das Produkt Knusperspitz	89
Tabelle 35: Bewertung der Rüst- und Stillstandszeiten an der König II	90
Tabelle 36: Anteile der Ablaufarten für die Backöfen in Prozent und Stunden.....	93
Tabelle 37: Kosten des durch die aufgeheizten leeren Öfen verursachten Ölverbrauchs	95
Tabelle 38: Quantitative Bewertung der Verbesserung durch die Gärraumsanierung	104
Tabelle 39: Quantitative Bewertung der Einsparungen durch die neue Verpackungsanlage.....	104
Tabelle 40: Details zur Kleingebäckanlage (neu)	107
Tabelle 41: Details zur Brotaufbereitungsanlage.....	107

Tabelle 42: Details zur neuen Laminieranlage	108
Tabelle 43: Details zum Ofensystem	108
Tabelle 44: Details zur Sauerteig- und Vorteiganlage	108
Tabelle 45: Details zur Kochstückanlage	108
Tabelle 46: Details zum Kühlraum Bäckerei	109
Tabelle 47: Details zum Teigkühlraum	109
Tabelle 48: Details zur Gär-, TK- und Verpackungskombination	109
Tabelle 49: Details zu den Gärvollautomaten 1-6	109
Tabelle 50: Details zum Rohstoffkühlraum	110
Tabelle 51: Details zum Gärraum	110
Tabelle 52: Details zu den TK-Räumen 1-3	110
Tabelle 53: Details zu den TK-Palettenlagern 1-2	110
Tabelle 54: Details zum Schockfroster	110
Tabelle 55: Details zur Pufferzone	110
Tabelle 56: Details zum Verpackungsbereich gekühlt	111
Tabelle 57: Details zum Blechputzbereich	111
Tabelle 58: Details zum Wagenlager Brotlinie	111
Tabelle 59: Details zum Auskühlbereich für Brote	111
Tabelle 60: Details zum Weißbrot- und Handarbeitsbereich	111
Tabelle 61: Details zum Blechputzbereich neue Plunderlinie	111
Tabelle 62: Details zum Wagenlager Bäckerei und Feinbäckerei	112
Tabelle 63: Details zum Wagenlager neue Plunderlinie	112
Tabelle 64: Details zum Handarbeitsbereich Feinbäckerei	112
Tabelle 65: Details zur Brotverpackung	112

Tabelle 66: Details zum Ofenbereich	112
Tabelle 67: Details zum Mischbereich	112
Tabelle 68: Details zum Abstellplatz für Förderbänder	113
Tabelle 69: Ermittlung des Flächenbedarfs entsprechend dem Produktionsprogramm für 2018	113
Tabelle 70: Flächenbedarf der einzelnen Betriebsmittel	114
Tabelle 71: Flächenbedarf der Bereiche Küche, Konditorei und Krapfen	115
Tabelle 72: Annahmen für Variantenvergleich	132
Tabelle 73: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Tag für 2013	133
Tabelle 74: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Jahr für 2013	133
Tabelle 75: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Tag für 2018	134
Tabelle 76: Vergleich der Transportleistungszahl und der Personalkosten pro Jahr für 2018	134
Tabelle 77: Betrachtungsbereich für den Vergleich des Flächenbedarf	135
Tabelle 78: Vergleich des Flächenbedarfs 2013	135
Tabelle 79: Vergleich des Flächenbedarfs 2018	135
Tabelle 80: Einsparungspotential pro Jahr	136

11 Formelverzeichnis

Formel 1: Methode der funktionalen Flächenermittlung	27
Formel 2: Flächenbedarfsermittlung durch generalisierte Zuschlagsfaktoren.....	28
Formel 3: Zielfunktion der materialflussoptimalen Anordnung	30
Formel 4: Berechnung der durchschnittlichen Stückzahl pro Tag	70
Formel 5: Berechnung der Wagenanzahl pro Tag	70
Formel 6: Berechnung der durch die Transportwege verursachten Personalkosten	71
Formel 7: Berechnung des durchschn. Umsatzes pro Stück auf der WP-Anlage	72
Formel 8: Berechnung der durchschnittlichen Stückzahl pro Tag	80
Formel 9: Berechnung des durchschn. Umsatzes pro Stück auf der CTR-Anlage	81
Formel 10: Berechnung der durch einen leeren und aufgeheizten Stikkenofen verursachten jährlichen Kosten	94

12 Abkürzungsverzeichnis

ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
CAGR	Compund annual growth rate
CTR	Wickelanlage
EG	Erdgeschoß
GR	Gärraum
GU	Gärunterbrecher
GV	Gärverzögerer
GVA	Gärvollautomat
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
KW	Kalenderwoche
OG	Obergeschoß
MMA	Multimomentaufnahme
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung
TK	Tiefkühl
TLZ	Transportleistungszahl
WP	Werner & Pfeiderer
ZZU	Zurück zum Ursprung

Anhang

Anhang A: Multimomentaufnahme

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise der Berechnung zur Gestaltung der Multimomentaufnahme ausführlich erläutert.

Um die notwendige Anzahl von Rundgängen zu erhalten sind folgende Werte erforderlich:

- n' ... erforderlicher Stichprobenumfang (Anzahl der notwendigen Beobachtungen)
- p ... geschätzter Prozentanteil der interessierenden Ablaufart
- z ... z – Wert der Aussagewahrscheinlichkeit²⁶⁵
- T ... Anzahl der Beobachtungstage
- n_R' ... Beobachtungen je Rundgang (Anzahl der Arbeitssysteme)
- n_T' ... Anzahl der notwendigen Rundgänge pro Tag
- $n_{T_Schicht}'$... Anzahl der notwendigen Rundgänge pro Schicht
- f' ... erforderlicher absoluter Vertrauensbereich

Bei dem für eine Multimomentaufnahme üblichen²⁶⁶ Vertrauensbereich von 2,5% und einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95% ergibt sich nach statistischer Normalverteilung ein z -Wert von 1,96.^{267,268} Das bedeutet, dass nach Abschluss der Multimomentaufnahme der wahre (unbekannte) Anteil der Ablaufart mit einer Sicherheit von 95% weniger als 2,5% von dem Multimomentergebnis abweicht.²⁶⁹

$$f' = 2,5$$

$$z = 1,96$$

Der prozentuale Anteil der interessierenden Ablaufart wurde nach der ersten Strommessung mit $p = 20\%$ geschätzt.

Somit ergibt sich nach der MMA-Hauptformel²⁷⁰ für die Anzahl der erforderlichen Beobachtungen:

$$n' = \frac{z^2 * p * (100 - p)}{f'^2} = \frac{1,96^2 * 20 * (100 - 20)}{2,5^2} = 983$$

²⁶⁵ Gaußscher Parameter der Normalverteilung

²⁶⁶ Vgl. Haller-Wedel (1969), S. 27

²⁶⁷ Vgl. BMI (2014)

²⁶⁸ Vgl. Haller-Wedel (1967), S. 58

²⁶⁹ Vgl. REFA (1992), S. 241

²⁷⁰ Vgl. Haller-Wedel (1969), S. 36

Damit die Aufnahme in einem realisierbaren Rahmen bleibt, wurde die Anzahl der Tage auf zehn (zwei Arbeitswochen) festgelegt. Um 24 Stunden abdecken zu können, wurde diese Aufnahme dreimal hintereinander durchgeführt. Der Zeitaufwand beträgt somit sechs Wochen.

Die Anzahl von gleichartigen Arbeitssystemen beträgt vier. Gleichartige Arbeitssysteme sind Anlagen, von denen dieselben Ablaufarten aufgenommen werden. In dieser Betrachtung sind das die folgenden Anlagen:

- WP-Anlage
- CTR-Anlage
- Kemper
- König II

$$T = 10$$

$$n_R' = 4$$

$$n_T' = \frac{n'}{T * n_R'} = \frac{983}{10 * 4} = 24,6$$

Es ergibt sich eine Anzahl von notwendigen Rundgängen pro Tag (24h) von 25. Da die Aufnahme in Etappen vorgenommen wurde, ergaben sich pro Schicht

$$n_{T_Schicht}' = \frac{n_T'}{3} = 8,2$$

Rundgänge. Es mussten daher neun Rundgänge pro Schicht durchgeführt werden. Da es in der Praxis vorkommt, dass Rundgänge ausfallen, wurde die erforderliche Anzahl von Rundgängen pro Tag mit zehn festgelegt, um die statische Aussagekraft nicht zu gefährden.

Die Ergebnisse der einzelnen Rundgänge wurden nach jedem Tag in das Excel-Auswertungsformular eingetragen. Es konnte somit jederzeit die Entwicklung der einzelnen Ablaufarten kontrolliert werden. Steigt der prozentuale Anteil der interessierenden Ablaufart, muss die Anzahl der Rundgänge erhöht werden.

Da sich in diesem Fall der Anteil verringert hat, hätte die Anzahl der Rundgänge reduziert werden können.

Um die Multimomentaufnahme im Rahmen dieses Projektes durchführen zu können, wurden, wie oben erwähnt, vier Anlagen zu gleichartigen Arbeitssystemen zusammengefasst. Die Aussagewahrscheinlichkeit von 95% wird daher nur für diese Gruppe von vier Anlagen als Ganzes erreicht. Soll für eine einzelne Anlage dieselbe

Aussagewahrscheinlichkeit erzielt werden, müsste man wesentlich mehr Rundgänge durchführen. Dies hätte jedoch den zeitlichen Rahmen des Projekts gesprengt. Da die Anzahl der Rundgänge nicht an den sinkenden Anteil des Rüstens angepasst wurde, konnte immer noch eine Aussagewahrscheinlichkeit von mehr als 90% bei einem Streumaß von 3% erreicht werden. In Verbindung mit den drei durchgeführten Strommessungen wurde dies als ausreichend angesehen.

Insgesamt werden 300 Rundgänge durchgeführt. Sie sind zu Zufallszeitpunkten durchzuführen. Die Zufallszeitpunkte werden durch die in der Literatur verbreiteten Zufallszeitentabellen festgelegt.²⁷¹ Der zeitliche Abstand zwischen den Zufallszeitpunkten der Rundgänge muss mindestens die Dauer eines Rundgangs betragen.²⁷²

²⁷¹ REFA (1992), S. 249

²⁷² Vgl. BMI (2014)

Anhang B: Transportleistungszahl

	WP				CTR	König II
	Produktgruppe Topfentascherl	Produktgruppe Nusschnecke	Produktgruppe Apfeltasche	Summe WP- Anlage		
Durchschnittliche Tagesmenge [#]						
Stück pro Wagen						
Teiggewicht pro Stück [g/#]						
Teiggewicht gesamt [kg]						
Teiggewicht pro Teigblock [kg]						
Anzahl Teigblöcke						
Anzahl Teigblöcke pro Wagen						
Max. Teiggewicht pro Mischer						
Transportintensität Kessel						
Transportintensität Teigwagen						
Transportintensität Produktwagen						

Tabelle B.1: Berechnung der Transportintensitäten

Anlage	Produktgruppe	Transportmittel	Transportintensität 2013	Stationen		Bestehendes Layout		Variante 1		Variante 2		Variante 3				
				von	nach	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ			
WP	Topfentascherl/ Nusschnecke /Apfeltasche	Kessel	2013	Mischer	Hebekipper	TLZ	TLZ	TLZ	TLZ	TLZ	TLZ	TLZ	TLZ			
		Teigwagen		VP-Anlage	Rastplatz											
				Rastplatz	Rondo											
		Produktwagen		Kondo	TK-Raum											
				K-Raum	Kühlraum											
				Kühlraum	WP-Anlage											
				VP-Anlage	TK											
		CTR		Gustospitz	Kessel	K	GVA/GR									
						GVA/GR	Schocker									
					Teigwagen	Knocker	TK-Lager									
Mischer	Hebekipper															
Produktwagen	VP-Anlage		Rastplatz													
	Rastplatz		Rondo													
	Kondo		TK-Raum													
	K-Raum		Kühlraum													
König II	Knusperspitz		Kessel		Kühlraum	CTR-Anlage										
					TR-Anlage	TK										
		Produktwagen	K	GVA/GR												
			GVA/GR	Ofenbereich												
		Bio-Roggenbrot	Kessel	Ofenbereich	Auslieferung											
				Mischer	Hebekipper											
Kemper	Bio-Roggenbrot	Kessel	König II	TK												
			K	GVA/GR												
		Simperwagen	GVA/GR	Ofenbereich												
			Ofenbereich	Auslieferung												
		Produktwagen	Mischer	Hebekipper												
			emper	Gärfläche												
		Gärfläche	Ofenbereich													
		Ofenbereich	Auslieferung													
				SUMME Bio-Roggenbrot												
				SUMME GESAMT												
				Optimierungspotential [%]												
				Reine Transportzeit [h]												
				Transportzeit inkl. Liffahrten [h]												
				Optimierungspotential Transportzeit												
				Einsparung [€/Jahr]												

TLZ ...Transportleistungszahl
TK ...Tiefkühl
GVA ...Gärvollautomat
GR ...Gärraum

Tabelle B.2: Vergleich der Transportleistungszahlen und davon abgeleitetes Optimierungspotential für 2013

Anlage	Produktgruppe	Transportmittel	Transportintensität	Stationen	Bestehendes Layout				Variante 1				Variante 2				Variante 3			
					WP-Anlage		neue Laminieranlage		WP-Anlage		neue Laminieranlage		WP-Anlage		neue Laminieranlage		WP-Anlage		neue Laminieranlage	
					Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ	Transportweg [m]	TLZ
		Kessel	2018	von	nach															
				Mischer	Hebekipper															
				Laminieranlage	Rastplatz															
				Rastplatz	Rondo															
				Rondo	TK-Raum															
				TK-Raum	Kühlraum															
				Kühlraum	Laminieranlage															
				Laminieranlage	TK															
				TK	GVA/GR															
				GVA/GR	Schocker															
				Schocker	TK-Lager															
				TK-Lager																
				Mischer	Hebekipper															
				Laminieranlage	Rastplatz															
				Rastplatz	Rondo															
				Rondo	TK-Raum															
				TK-Raum	Kühlraum															
				Kühlraum	Wickler															
				Wickler	TK															
				TK	GVA/GR															
				GVA/GR	Ofenbereich															
				Ofenbereich	Auslieferung															
				Auslieferung																
				Mischer	Hebekipper															
				Kemper	Garfläche															
				Garfläche	Ofenbereich															
				Ofenbereich	Auslieferung															
				Auslieferung																
				SUMME Bio-Roggenbrot																
				SUMME (WP-/neue Laminieranlage) gewichtet																
				SUMME (WP-/neue Laminieranlage) gesamt																
				Optimierungspotential																
				Reine Transportzeit [h]																
				Transportzeit inkl. Liftfahrten [h]																
				Optimierungspotential Transportzeit																
				Einsparung [€/Jahr]																

TLZ ...Transportleistungszahl
 TK ... Tiefkühl
 GVA ...Gärvollautomat
 GR ...Gärraum

Tabelle B.3: Vergleich der Transportleistungszahlen und davon abgeleitetes Optimierungspotential für 2018