

Analyse der gesamten Produktionsabläufe mit Berücksichtigung der strukturellen und materialbedingten Restriktionen und Erstellen eines SOLL-Konzeptes

Masterarbeit
von
Bsc. Stefan Humnig



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 20. Februar 2014

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Affidavit

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei der EKW GmbH für die Möglichkeit dieser Masterarbeit. Allen voran gilt dieser Dank Herrn Wiessler, Herrn Bohlen und Herrn Ott.

Für die Betreuung dieser Arbeit in Leoben durch Herrn Gram bedanke ich mich ebenfalls.

Abschließend spreche ich meinen Eltern und meiner zukünftigen Ehefrau, Elisabeth Schnöll meinen Dank aus: Danke für Eure fortwährende Unterstützung und Hilfestellung so wie die vielen durchwachten Nächte.

Kurzfassung

In der Prozessindustrie, insbesondere der Feuerfestindustrie, wurde bisher mehr Wert auf technische Innovationen gelegt, als auf Optimierung der Produktionsprozesse und -strukturen. Die meisten Methoden des Produktionsmanagements sind für diskrete Fertigungstypen, wie sie z.B. in der Automobilindustrie vorliegen, konzipiert. Ihre Anwendung auf Produktionstypen und Bestellrhythmen der Feuerfestbranche ist kaum bis schwer umzusetzen. Gründe dafür sind z.B. die hohe Anlagenintensität und deren Ortsgebundenheit, die z.T. veralteten Produktionsstrukturen in Kombination mit teilweise modernisierten Anlagen sowie oft uneinheitliche Kommunikationsstrukturen zwischen den einzelnen Unternehmensbereichen. Dennoch zeigen vorhandene produktionswirtschaftliche Arbeiten auf diesem Gebiet, dass die Anwendung einiger Methoden des Produktionsmanagements auf die Fertigungsstrukturen in der Feuerfestindustrie möglich und sinnvoll ist.

Ziel dieser Arbeit war, die Firmenstruktur eines renommierten Feuerfestunternehmens vor Ort aufzunehmen und eine mögliche Implementierung von produktionswirtschaftlichen Methoden zu überprüfen. Es wurde festgestellt, dass die Produktionsstrukturen historisch gewachsen sind, die Kommunikations- und Informationsstrukturen uneinheitlich sind und dass sich die Anforderungen der Kunden verändert haben. Durch bedachte Auswahl anzuwendender Managementmethoden und einer teilweisen Adaptierung dieser an firmenspezifische Gegebenheiten, konnten Optimierungspotentiale im Bereich der Produktionsstrukturen eruiert und zu ergreifende Maßnahmen formuliert werden. Eine monetäre Bewertung der Maßnahmen ermöglicht eine Umsetzung dieser nach deren Wertigkeit.

An diesem Beispiel zeigt sich, dass Produktionsmanagementmethoden in der Feuerfestindustrie anwendbar und weitere Forschung in diesem Bereich notwendig sind.

Abstract

Innovations within the process industry, especially valid for the refractory industry, are mainly driven by technical aspects than by the necessity to optimize production processes and structures. Most methods used by production management, are designed for discrete manufacturing types, such as those present in the automotive industry, and their application to production types as well as order sequences of the refractory industry is hardly possible. Reasons are high capital costs as well as the local dependency of the equipment used in the production of goods, partly outdated structures combined with modernized facilities and often nonuniform communication structures between individual company divisions. Nevertheless, existing studies in this field show, that the application of some production management methods on structures in the refractory industry is possible and useful.

The objective of this study was to record the corporate structure of a reputed refractory company and to verify a possible implementation of production management philosophies such as Lean Management. It was found that the production structures have grown historically, the communication and information structures are uneven and that the requirements of the customers have changed. By judicious selection of management methods to-use and a partial adaptation of these to company-specific circumstances, it was possible to determine optimization potentials of the production structures and to formulate necessary measures. A monetary valuation of these permits a value-dependent implementation.

This example shows, that production management methods can be applied in the refractory industry and that further research in this area is necessary.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	ii
Eidesstattliche Erklärung	iii
Danksagung	iv
Kurzfassung	v
Abstract	vi
Inhaltsverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xi
Abkürzungsverzeichnis	xii
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	2
2.1 Feuerfeste Werkstoffe.....	2
2.2 Produktionssysteme	5
2.2.1 Typologie der Produktionssysteme.....	7
2.2.2 Material- und Informationsfluss.....	11
2.3 Methoden der Produktionsanalyse und Optimierung.....	15
2.3.1 Analysemethoden der Produktion	15
2.3.2 Optimierungsmethoden.....	24
2.4 Produktionsmanagement in der Feuerfestindustrie	28
2.5 Vorgehensmodell.....	33
3 Aufnahme der Produktionsprozesse innerhalb des Werks	35
3.1 EKW-Firmenportrait	35
3.2 Aufnahme des Informationsflusses im Werk.....	36
3.3 Aufnahme des Produktionsablaufes	39
3.4 Produktanalyse	49
3.5 Bestellverhalten der Kunden	58
3.6 Lageranalyse	64
3.7 FMEA-Analyse	70
4 Optimierungsmaßnahmen	74
4.1 Informationsfluss	74
4.2 Produktionsablauf	75
4.3 FMEA	82

5 Zusammenfassung und Ausblick.....	85
Literaturverzeichnis	86
Anhang.....	a

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundstoffpyramide mit der Lage der feuerfesten Werkstoffe	3
Abbildung 2: Produktionssystem mit Einflussfaktoren und seinen Elementen	6
Abbildung 3: Grobe Übersicht der Produktionstypen.....	8
Abbildung 4: Grafische Darstellung der Produktionstypen nach deren Programmbezug.....	9
Abbildung 5: Organisationstypen der Produktion.....	10
Abbildung 6: Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580	11
Abbildung 7: Strukturen des Materialflusses	13
Abbildung 8: Material- und Informationsfluss im Wareneingang.....	14
Abbildung 9: Lorenzkurve für ein Beispiel einer ABC-Analyse.....	16
Abbildung 10: Kombinierte ABC-XYZ Analyse.....	18
Abbildung 11: Schematische Darstellung eines Sankey Diagramms.....	20
Abbildung 12: Formblatt FMEA	23
Abbildung 13: Aufgabe der Produktionsoptimierung.....	24
Abbildung 14: Darstellung des Wertstroms in der Produktion	25
Abbildung 15: Säulen des Lean Managements	28
Abbildung 16: Klassifizierung der Branchen nach Prozesstyp	29
Abbildung 17: Typischer Materialflussverlauf bei der Herstellung von Massen in der Feuerfestindustrie	32
Abbildung 18: Vorgehensweise im Praxisteil	33
Abbildung 19: Schematische Darstellung des Informationsfluss für Warenausgang.....	36
Abbildung 20: Der strukturelle Aufbau des Produktionssystems mit dem Materialfluss	40
Abbildung 21: Beispiele für Produktions- und Rüstzeit je Charge.....	42
Abbildung 22: Skizze einer Produktionslinie der DOS mit 16 Silos plus einen Silo für die Handzugabe für einen Tag.....	43
Abbildung 23: Durchschnittlich je Schicht und Linie produzierte Menge, abhängig von der Anzahl der Rezepte im Jahr 2012	44
Abbildung 24: Durchschnittlich produzierte Menge je Schicht mit einfacher Besetzung bezogen auf die Anzahl der Rezepte im Jahr 2012.....	47
Abbildung 25: Pro Jahr abgesetzte Mengen in Tonnen.....	50
Abbildung 26: Darstellung der monatlich abgesetzten Menge in Tonnen der Jahre 2006- 2012	51
Abbildung 27: Jährliche Absatzmenge in Tonnen der vergangenen 7 Jahre	53
Abbildung 28: Darstellung der pro Kunde abgesetzten Mengen der vergangenen 7 Jahre	54
Abbildung 29: Darstellung von monatlichen Absatzzahlen im jährlichen Vergleich.....	55
Abbildung 30: Abgesetzte Menge je Verpackungsart.....	56
Abbildung 31: Aufschlüsselung der Absatzmenge nach Produktionsdatum für 2011 und 2012	57
Abbildung 32: Gegenüberstellung von bestellten Produkten und der zur Verfügung stehenden Zeit für die Produktion in Tagen nach Kundenwunsch und tatsächlicher Zeit.....	59

Abbildung 33: Gegenüberstellung von Auftragsmenge in Tonnen und zur Verfügung stehenden Zeit für die Produktion in Tagen nach Kundenwunsch und tatsächlicher Zeit.....	60
Abbildung 34: Grafische Darstellung der Daten aus Tabelle 12 in Form eines Paretdiagramms	62
Abbildung 35: Durchlaufzeiten der Produkte für Mai 2012 mit der Gesamtmenge	64
Abbildung 36: Skizzenhafte Darstellung der Einteilung eines beliebigen Lagers	65
Abbildung 37: Übersicht des Firmengeländes; Lager und Produktionsanlagen (Legende im Anhang).....	66
Abbildung 38: Graphische Aufbereitung der Staplerfahrten mit Hilfe des Sankey-Diagramms (Legende ist im Anhang).....	68
Abbildung 39: Wege für Zu- und Abtransport zum Contra-Mischer; blau gibt den Weg vom jetzigen Standort zum ursprünglichen wieder, orange markiert den Weg von der DOS-Anlage zum Mischer und grün zeigt den Weg vom Mischer zum Lagerplatz	69
Abbildung 40: Skizze des Herstellungszyklus zur Produktherstellung.....	70
Abbildung 41: Einflüsse auf das Fertigprodukt dargestellt in einem Fischdiagramm.....	71
Abbildung 42: Skizze des theoretisch optimalen Standortes der Mischanlage 5.....	80
Abbildung 43: Mögliche Standorte für neue Lagerhalle gekennzeichnet mit A und B.....	81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung der oxidischen Werkstoffe nach dem chemischen Reaktionsverhalten.....	4
Tabelle 2: Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlaufzeit	21
Tabelle 3: Vorgehensweise des Wertstromdesign.....	26
Tabelle 4: Die EKW-Gruppe (ohne Vertretungen)	35
Tabelle 5: Anzahl an Halbprodukten und -Mengen die von der DOS zu den Mischanlagen befördert werden	45
Tabelle 6: Übersicht über die Abfüllmenge in Kilogramm, die Gesamtmenge in Tonnen, die Produktions- und Reinigungszeit sowie die Produktionszeit je Tonne in Minuten und die Verpackungsart je Mischer; die rot markierte Zeile zeigt das Ende eines Produktionstages mit zwei Schichten.....	47
Tabelle 7: Tabellarische Übersicht der Anlagenspezifika	49
Tabelle 8: Anzahl bestellter Produkte wird der Absatzmenge gegenüber gestellt	51
Tabelle 9: Gegenüberstellung von gesamter Bestellmenge in Tonnen und Anzahl der bestellenden Firmen.....	52
Tabelle 10: Auszug aus der Rohstoffanalyse für das Jahr 2012	58
Tabelle 11: Häufigkeit der Bestellung von unterschiedlichen Produkten	61
Tabelle 12: ABC-Analyse der Anzahl der Produkte sowie der gesamten Bestellmenge.....	61
Tabelle 13: Tabellarische Übersicht von diversen Daten von der Bestellung des Produktes EKA Flow 70/5 bis zur Produktion; Informationen wurden für Mai 2013 erhoben; die Liefertermine.....	63
Tabelle 14: Produktionshistorie der Mischanlage 5; Datumsangabe der Produktion des Erzeugnisses EKA Flow 70/5 2013.....	63
Tabelle 15: Auflistung der Lager, der darin gelagerten Anzahl der Produkte und der gesamten Menge in Tonnen.....	65
Tabelle 16: Anzahl der Fahrten und Staplerwege der DOS-Anlage	67
Tabelle 17: Fehleranalyse in tabellarischer Form; die hellgrau unterlegten Werte wurden von der Produktion, die hellgrünen von der Qualitätssicherung angegeben; in Rot sind die Maximalen RPZ Werte für die jeweiligen Abteilungen hervorgehoben	72
Tabelle 18: Beispielhafte Darstellung des Produktionskalenders; gut planbare Produkte sind grün, nicht vorab produzierbare in blau unterlegt; rot unterlegt sind Produkte die eventuell aus dem Produktangebot gestrichen werden sollten;.....	77
Tabelle 19: Bottle-Neck Analyse	79
Tabelle 20: Anzahl an Halbprodukten und -Mengen die von der DOS zu den Mischanlagen befördert werden.....	80
Tabelle 21: Auswertung der verschiedenen Standorte für ein Monat.....	82
Tabelle 22: Anwendungsspezifische Eigenschaftswerte von feuerfesten Grundstoffen ¹⁾	a
Tabelle 23: Durchlaufzeiten verschiedener Produkte im Mai 2013	b
Tabelle 24: Legende Für Google Fotos.....	c

Abkürzungsverzeichnis

DOS	Dosieranlage
d. h.	dass heißt
EKW	Eisenberger Klebsandwerke
et al.	et alteri oder et alii = und andere
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
FMEA	Fehlermöglichkeitsanalyse
Hrsg.	Herausgeber
hrsg.	Herausgegeben
Misch5	Mischanlage 5
s.	siehe
S.	Seite
vgl.	Vergleiche
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZMA	Zentrale Mischanlage
ZPA	Zentrale Packanlage

1 Einleitung

Die EKW GmbH produziert seit mehr als 100 Jahren feuerfeste Werkstoffe. Innerhalb dieses Zeitraums sind die Firma sowie ihr Produktportfolio ständig gewachsen, wodurch einige Probleme entstanden sind. Zum einen wurden die historisch gewachsenen Strukturen nur wenig an die sich ändernden Verhältnisse angepasst. So ist z.B. die Kommunikation zwischen den Bereichen nicht lückenlos oder einheitlich. Des Weiteren treffen veränderte Kundenbedürfnisse auf bestehende Produktionsstrukturen. Um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, ist die EKW GmbH bestrebt ihre Produktionsstrategien anzupassen. Das Ziel dieser Diplomarbeit war, den Produktionsprozess des Werkes in Eisenberg zu analysieren und ein SOLL-Konzept, unter Berücksichtigung bestehender Restriktionen, zu erstellen.

Zu Beginn wurden die theoretischen Grundlagen erarbeitet und Vorort der IST-Zustand der Prozesse und der Produktion aufgenommen, danach folgte die Analyse der gewonnenen Daten und die Ausarbeitung von Optimierungsmaßnahmen. Im zweiten Kapitel wird ein Überblick der theoretischen Grundlagen gegeben. Basisbegriffe der Feuerfestindustrie und Materialspezifika werden in Kapitel 2.1 erläutert. Danach folgt in Kapitel 2.2 eine Einführung in die Produktionstheorie und -wirtschaft. Beide Kapitel werden bereits hinsichtlich der Fertigungsstrukturen der EKW GmbH zusammengefasst dargestellt. In Kapitel 2.3 werden Methoden des Produktionsmanagement auf die Feuerfestindustrie im Allgemeinen angewandt. Es zeigt sich, dass die Klassifizierung interner Firmenstrukturen in diesem Industriezweig problematisch ist und dass es in produktionswirtschaftlicher Hinsicht noch großes Potential für Investigationen gibt. In Kapitel 2.4 und 2.5 werden die im Praxisteil angewendeten Analyse- und Optimierungsmethoden sowie die Vorgehensweise bei der Aufnahme des IST-Zustandes beschrieben. Kapitel drei gibt eine detaillierte Darstellung der Material- und Informationsflusstrukturen, der Produktions- und Bestellabläufe sowie der Lagerhaltung wieder. Die dabei aufgenommenen Produkt- und kundenrelevanten Daten wurden durch verschiedene Analysemethoden, z.B. ABC-Analyse, bewertet und Optimierungsmaßnahmen der unterschiedlichen Abteilungen und Anlagen formuliert. Diese Maßnahmen finden sich in Kapitel vier.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde festgestellt, dass in der Feuerfestindustrie der Großteil der Forschungskapazität auf Produktinnovationen ausgerichtet ist. Die Optimierung von Prozessabläufen und Strukturen der Produktionssysteme wird meistens vernachlässigt, da durch die Komplexität der Strukturen, die Gewichtung bei der Kosten-Nutzen Frage oft bei den, oberflächlich betrachtet, höheren Kosten liegt. Die Analyse führt schließlich zu zwei Ergebnissen. Einerseits der Auflistung einfacher Maßnahmen, anhand derer die Produktionsabläufe der EKW GmbH verbessert, und wodurch andererseits Zeit, Kosten und Lagerkapazitäten eingespart und gleichzeitig die Liefertreue optimiert werden können.

2 Theoretische Grundlagen

In den folgenden Kapiteln werden theoretische Grundlagen für die in dieser Diplomarbeit angewandten Analysen erläutert. Kapitel 2.1 gibt einen Überblick über feuerfeste Werkstoffe und deren Eigenschaften. Produktionswirtschaftliche Begriffe, Analysemethoden, Optimierungsmaßnahmen und Produktionsmanagementmethoden werden in den Kapiteln 2.2, 2.3 und 2.4 dargestellt. In Kapitel 2.5 wird die Vorgehensweise für den Praxisteil veranschaulicht

2.1 Feuerfeste Werkstoffe

Die Prozessindustrie steht am Anfang der Produktionskette. Ihre Produkte werden Großteils in der verarbeitenden Industrie weiterverwendet und gelangen nicht direkt zum Endverbraucher.

„Die Prozessindustrie (auch Grundstoffverarbeitende Industrie genannt) umfasst die Hersteller, die mit einer sogenannten Prozessherstellung produzieren. Prozessherstellung ist eine Produktion, die die Wertschöpfung durch Mixen, Separieren, Umformen oder chemische Reaktion erzielt.“¹

Zu diesem Industriezweig zählen Unternehmen aus den Bereichen der Chemie, Petrochemie, Gasverarbeitung, Pharmazie, Glas, Stahl und Zementherstellung. Auch die Feuerfest-Industrie wird der Prozessindustrie zugeordnet. Begriffe der Feuerfest-Industrie werden im Folgenden erläutert. Die theoretischen Grundlagen feuerfester Werkstoffe sind mit Gewichtung auf die in der EKW GmbH angewandten Abläufe dargestellt.

Für den allgemeinen Sprachgebrauch gelten Erzeugnisse, die bei Temperaturen von 600 bis 2000 °C, meist in Anlagen der Grundstoffindustrie, eingesetzt werden als feuerfeste Erzeugnisse.

„Nach internationaler Festlegung sind feuerfeste Erzeugnisse nichtmetallische keramische Werkstoffe (einschließlich solcher, die Anteile an Metallen enthalten), die eine Feuerfestigkeit, das heißt einen Kegelfallpunkt (-temperatur) von ≥ 1500 °C haben (ISO/R 836, DIN 51 060). Die Ermittlung des Kegelfallpunktes (ISO/R 528, DIN EN 933-12) erfolgt an kleinen, leicht schräg stehenden pyramidenförmigen Probekörpern, die zusammen mit keramischen Standardkegeln mit bekannter Falltemperatur erhitzt werden.“²

Es gibt unterschiedliche Gruppen von feuerfesten Baustoffen, welche nach folgenden Kriterien eingeteilt werden: nach Chemismus in basische und nichtbasische feuerfeste Baustoffe, nach der Formgebung in geformte (z.B. Funktionalprodukte) und ungeformte Erzeugnisse sowie nach der Art der Bindung. Letztere wird weiter in Kohlenstoffbindung, keramische (Steinbrand, Massen im Einsatz), chemische oder hydraulische Bindung (Zement) unterteilt.³

Für die vorliegende Arbeit sind ungeformte feuerfeste Erzeugnisse von größter Bedeutung. Daher werden diese noch etwas genauer beschrieben. Ungeformte feuerfeste Erzeugnisse sind gemäß den Normen ISO 1927 [1] und DIN EN 1402-1 [2] wie folgt definiert:

¹ Schönsleben, 2007, S. 401.

² Routschka, 2007, S.1.

³ Vgl. Gruber, 2013, S.31ff.

„... Gemische, die aus Zuschlagstoffen und einem oder mehreren Bindemitteln bestehen, aufbereitet zum direkten Gebrauch, entweder im Anlieferungszustand oder nach Zugabe einer oder mehrerer geeigneter Flüssigkeiten. Sie können metallische, organische oder keramische Fasern enthalten.

Diese Gemenge sind entweder dicht oder isolierend. Isolierende Gemenge sind solche, die eine Gesamtporosität von $> 45\%$, bestimmt nach EN 1094-4 an einem unter festgelegten Bedingungen gebrannten Probekörper, besitzen“⁴

Die Einteilung ungeformter Feuerfesterzeugnisse erfolgt entweder nach den Produktarten und Verarbeitungsverfahren oder nach der chemischen Zusammensetzung- und dem chemischen Reaktionsverhalten. Erstere werden unterteilt in Feuerbetone (herkömmliche, verflüssigte, chemisch gebundene), formbare feuerfeste Werkstoffe (plastische-, Ram-, Stichlochmassen), feuerfeste Spritzmassen, feuerfeste Mörtel und sonstige ungeformte feuerfeste Erzeugnisse (Trockenmassen, Einpressmassen, Massen für Oberflächenschutz).

In Abbildung 1 ist die Grundstoffpyramide für feuerfeste Werkstoffe, basierend auf den sechs Grundoxiden und Kohlenstoff, dargestellt. Die Grundstoffe und ihre Verbindungen zeichnen sich v.a. durch hohe Schmelztemperaturen aus.

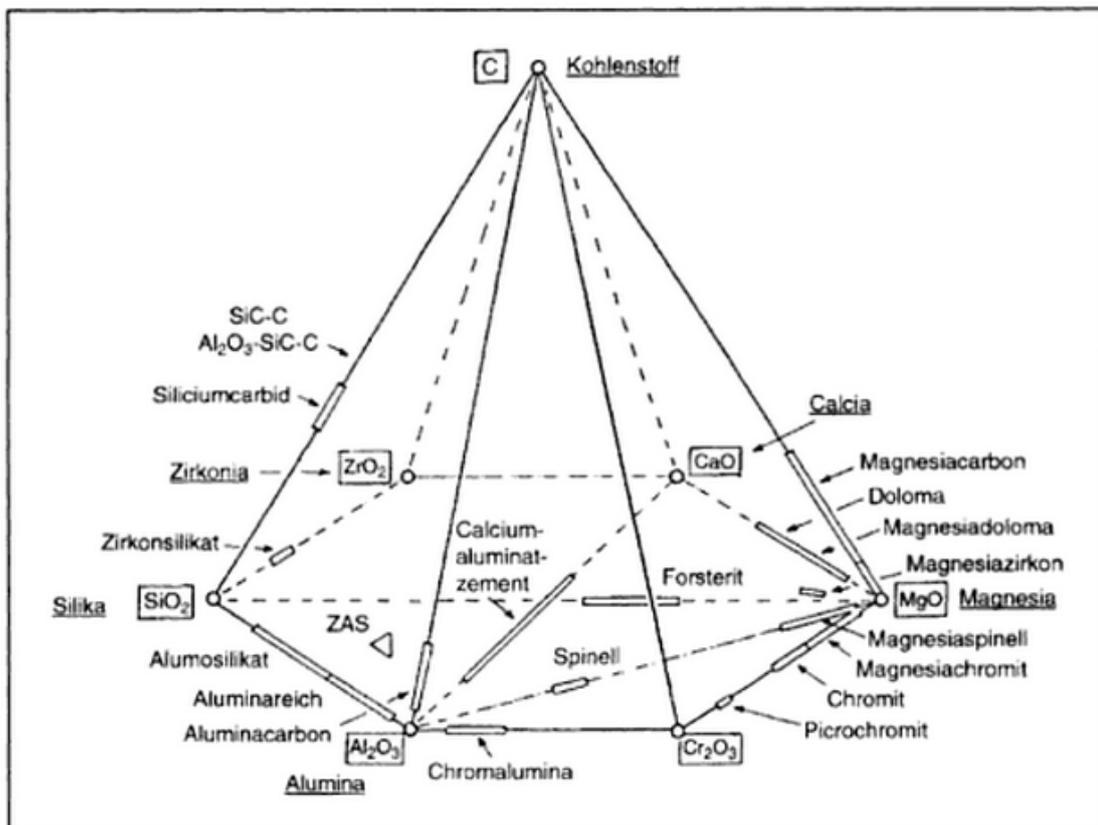


Abbildung 1: Grundstoffpyramide mit der Lage der feuerfesten Werkstoffe⁵

Eine genaue Kenntnis des chemischen Reaktionsverhaltens von feuerfesten Werkstoffen ist maßgeblich für deren richtige Anwendung. Dabei sind vor allem die im betrieblichen

⁴ Routschka, 2007, S.237.

⁵ Quelle: Routschka, 2007, S.3.

Einsatz befindlichen Stoffe, wie z.B. Schlacken oder Flugstäube, zu beachten, da aufgrund von Reaktionen mit diesen, Produktverschleiß als Folge von Korrosion auftreten kann. Es gilt, je größer die Übereinstimmung, umso geringer der Verschleiß. Tabelle 1 zeigt die Einteilung der oxidischen Werkstoffe nach dem chemischen Reaktionsverhalten.

Tabelle 1: Charakterisierung der oxidischen Werkstoffe nach dem chemischen Reaktionsverhalten⁶

Begriff	Reaktion	feuerfeste Werkstoffe
sauer	Oxid + H ₂ O -> Säure	Silika, Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -Produkte, Zirkonsilikat
basisch	Oxid + H ₂ O -> Base (Hydroxid)	Produkte auf Magnesia- und Dolomabasis
nahezu neutral	reagiert weder sauer noch basisch	Alumina, Chromit, Picrochromit, Spinell, Forsterit

Des Weiteren werden auch die eingesetzten Stoffe nach deren chemischen Reaktionsverhalten bezeichnet. Schlacken gelten bei einem Molverhältnis von CaO/SiO₂ unter eins als sauer, bei zwei und darüber als basisch. Reaktionen von Schlacken mit basischen und sauren Oxiden verlaufen im Bereich dazwischen (mäßig) korrosiv. Eine Auflistung anwendungsspezifischer Eigenschaftswerte von feuerfesten Grundstoffen findet sich im Anhang (Tabelle 22).

Für die Haltbarkeit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von feuerfesten Zustellungen sind die Güte und richtige Wahl der feuerfesten Erzeugnisse, sowie der zweckgemäße Einbau und vor allem die Betriebsbedingungen entscheidend. Daraus resultiert eine möglichst enge Zusammenarbeit zwischen Feuerfesthersteller, Verbraucherindustrie und Anlagenbauer. Speziell erarbeitete Konzepte und Systemlösungen, die Feuerfesterzeugnissen, Maschinen und Robotern sowie Serviceleistungen gemeinsam berücksichtigen, werden immer häufiger von Kunden gewünscht.

Die Einsatzgebiete feuerfester Werkstoffe sind vielfältig. Sie werden zur Auskleidung (Zustellung) von Anlagen für thermische Prozesse und Transportgefäßen, zum Bau von feuerfesten Konstruktionselementen, für die Wärmerückgewinnung und -dämmung verwendet. Vor allem ungeformte Feuerfestprodukte finden weltweit zum Großteil in der Eisen- und Stahlindustrie Anwendung. Des Weiteren werden sie auch in der Nichteisenmetall-, der Glas-, der Zement-, Kalk-, Keramik-, Chemie-, Petrochemie- und der Feuerfestindustrie selbst eingesetzt. Eine Besonderheit ist auch deren Verwendung in kommunalen und Sondermüllverbrennungsanlagen.

Immer mehr Bedeutung bei der Herstellung von Feuerfesterzeugnissen erlangen die Rohstoffkosten. Diese schwanken von unter 30% bei Funktionalprodukten bis zu 80% bei ungeformten Erzeugnissen. Bedingt durch den signifikanten Anstieg der Rohstoffkosten der letzten Jahre, sowie einer erhöhten Nachfrage an hochwertigen Rohstoffen, haben sich die Preise nahezu aller Rohstoffklassen erhöht. In der Feuerfestindustrie werden zumeist natürlich vorkommende mineralische Rohstoffe verwendet, welche derart aufbereitet werden, dass sie einen möglichst geringen Anteil an schädlichen Bestandteilen enthalten. Einige Rohstoffe werden aufgrund des hohen Gewichtsverlustes bzw. einer starken Volumenänderung durch Erhitzen, bei Temperaturen bis 1900°C gesintert, um ein dichtes

⁶ Routschka, 2007, S.6.

stabiles Korn zu erhalten. Bedingt durch die erhöhte Nachfrage an hochwertigen, besonders reinen Rohstoffen, werden auch vermehrt synthetische Materialien verwendet. Besonders bei hochwertigen feuerfesten Werkstoffen erfolgt das Recycling von Ofenausbrüchen, allerdings muss dabei beachtet werden, dass der Wiederaufbereitungsprozess durch verschiedenartige Verunreinigungen z.T. noch zu kostenaufwendig ist.

Feuerfeste Erzeugnisse werden in unterschiedlichen Herstellungsverfahren produziert: in der Herstellung grobkeramischer (Korngrößen bis sechs Millimeter, teilweise bis 25 Millimeter) und feinkeramischer Produkte (Korngröße < einem Millimeter), sowie in der Herstellung über die Schmelze, die Herstellung von porösen Erzeugnissen und Hochtemperaturwollen.

Für diese Diplomarbeit maßgeblich ist die grobkeramische Herstellung ungeformter Massen. Das Produktionsverfahren wird untergliedert in Aufbereitung, Mischen, Formgebung, Trocknen, thermische Behandlung (bis 800°C) oder Brennen, Nachbehandlung sowie Verpackung, Lagerung und Versand. Für ungeformte Massen endet der Herstellungsprozess üblicherweise nach der Aufbereitung, nur noch gefolgt von Verpackung, Lagerung und Versand. Der Begriff Aufbereitung umfasst die Zerkleinerung der Rohstoffe durch Brechen oder Mahlen, deren Fraktionierung durch Sieben oder Sichtung und die Herstellung formbarer Gemenge nach vorgegebenem Rezept aus unterschiedlichen Rohstoffen. Letzteres erfolgt meist durch Trockenmischen. Die Verpackungsart richtet sich nach den Rohstoffen. So sind für hydrationsemfindliche Massen luftdichte Verpackungen erforderlich, ungeformte feuerfeste Erzeugnisse werden in mit Plastikfolie ausgekleideten Säcken, trockene Massen mitunter in Big-Bags abgefüllt. Die Lagerung der Erzeugnisse muss in durchlüfteten, überdachten, trockenen Räumen erfolgen. Bei zement- oder chemisch gebundenen ungeformten Produkten ist außerdem die begrenzte Haltbarkeit von drei bis zwölf Monaten zu berücksichtigen.

Feuerfeste Erzeugnisse haben ein breites Anwendungsspektrum. Die Abstimmung der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Erzeugnisses mit den durch den Verwendungszweck bedingten Anforderungen ist maßgeblich für die Lebensdauer der Feuerfestprodukte. Wird ein Produkt im falschen Milieu eingesetzt, so ist die Lebensdauer gering. Im nächsten Punkt erfolgt Darstellung der betriebswirtschaftlichen Seite der Theorie.

2.2 Produktionssysteme

Im Folgenden werden Begriffe der Produktionswirtschaft erläutert. Ein Überblick der Produktionssysteme wird gegeben, um so die theoretische Basis der in der EKW GmbH praktisch umgesetzten Prozessabläufe zu veranschaulichen.

Die produktionswirtschaftliche Analyse von Produktionssystem sowie die Unterstützung von Entscheidungsträgern bei der Gestaltung und dem Betrieb dieser beiden Bereiche, sind die Aufgaben der Produktionswirtschaft.⁷ Dabei dient die Produktionsmanagementlehre in ihrer Planungs- und Steuerungsfunktion gemeinsam mit Leistungserbringungssystemen zur Beschreibung der Grundstruktur von Produktionssystemen.⁸

„Produktionssysteme beschreiben die ganzheitliche Produktionsorganisation und beinhalten die Darstellung aller Konzepte, Methoden und Werkzeuge, die in ihrem Zusammenwirken die Effektivität und Effizienz

⁷ Vgl. Dyckhoff, 2007, S.4.

⁸ Vgl. Dyckhoff, 2006, S.6.

des gesamten Produktionsablaufes ausmachen. Die Orientierung am Kundennutzen muss dabei weitestgehend unter Vermeidung von Verschwendung erfolgen.“⁹

Die zu erbringende Leistung eines Produktionssystems ist es, eine Wertschöpfung zu erzielen, indem durch Transformation aus einfachen oder komplexen Inputgütern wertgesteigerte Outputgüter erzeugt werden.¹⁰ Inputgüter stellen die zu bearbeitenden Vorprodukte dar. Die Transformation beschreibt den eigentlichen Produktionsvorgang, bei dem Arbeitsobjekte qualitativ, quantitativ, räumlich oder zeitlich verändert und somit im Wert gesteigert werden.¹¹ Als Outputgüter werden die letztendlich abgesetzten Waren bezeichnet. In der Literatur findet sich oft der Begriff Input-Output-Prozess oder Input-Throughput-Output-Prozess.

Abbildung 2 zeigt das Produktionssystem als Wertschöpfungsprozess in Wechselwirkung mit seiner Umwelt, sowie das Arbeitssystem als kleinste Einheit im Detail. Die Infrastruktur oder Innenstruktur wird durch Sub- und Teilsysteme beschrieben. Ist es möglich ein Teilgebilde abzugrenzen und zu identifizieren, spricht man von Subsystemen wie z.B. einzelne Anlagen oder ein Werk. Dahingegen werden Teilsysteme „durch die Auswahl bestimmter Arten von Beziehungen“¹² definiert, wie z.B. Material- oder Informationsfluss.

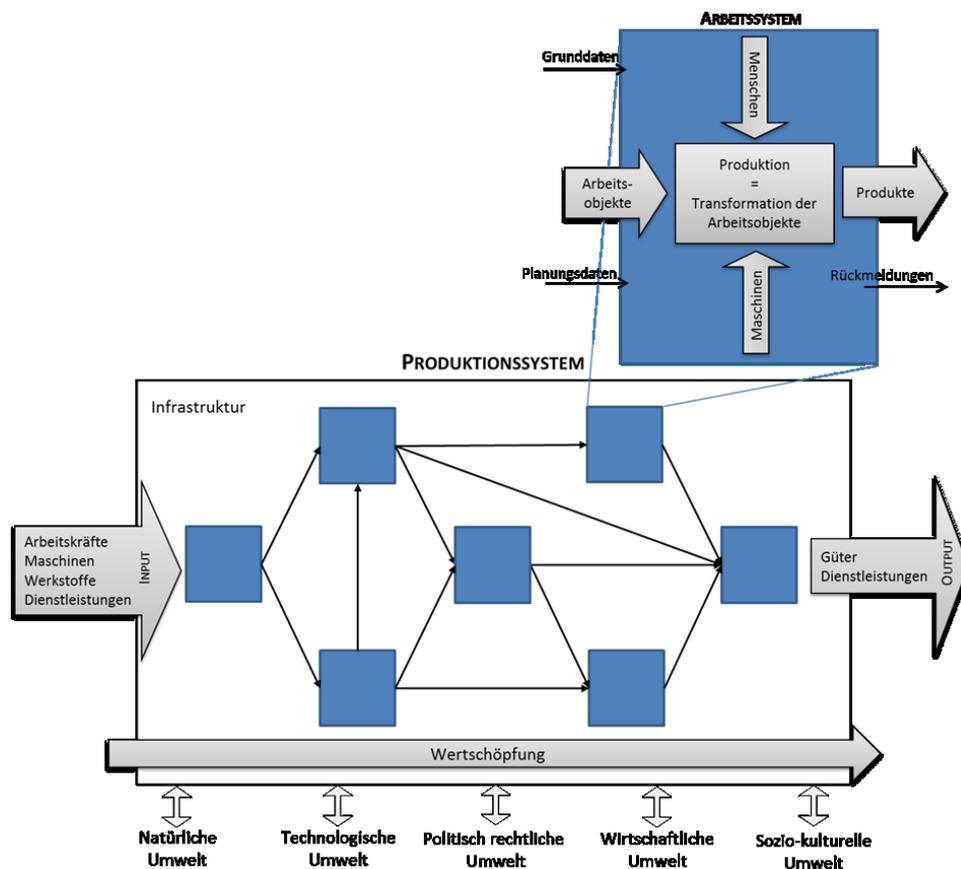


Abbildung 2: Produktionssystem mit Einflussfaktoren und seinen Elementen¹³

⁹ Schuh, 2006, S.11.

¹⁰ Vgl. Tempelmeier, 2012.

¹¹ Vgl. Dyckhoff, 2007, S.6.

¹² Dyckhoff, 2007, S.4.

¹³ Quelle: Gram, 2011a, S.3 + Vgl. Tempelmeier, 2005, S.2+7.

Die Infrastruktur ist nicht als gegeben anzusehen, sondern wird wesentlich durch Entscheidungsträger gestaltet und bestimmt. Die Weiterentwicklung des Produktionssystems orientiert sich außerdem an den sich teilweise turbulent verändernden Wechselwirkungen mit der Umwelt, wie z.B. dem Zukauf von Ressourcen und den Umweltbelastungen sowie an Preisschwankungen und nicht zuletzt an den Abnehmern und deren steigenden Ansprüche.

Die erzielbare Wertschöpfung wird wesentlich von vier Faktoren beeinflusst: Zeit, Qualität, Wirtschaftlichkeit und Flexibilität. Der Faktor Zeit drückt sich v.a. in der Forderung nach kurzen Durchlaufzeiten aus, welche z.T. durch die Gestaltung der Infrastruktur sowie durch die Minimierung unproduktiver Vorgänge gesteuert werden können.¹⁴ Durch die Forderung nach immer kürzeren Durchlaufzeiten haben sich sowohl die Auftragsituation als auch die Kapazitätsbedingungen für Firmen der Prozesswirtschaft deutlich verändert.¹⁵

Unter Qualität versteht man den Anspruch des Unternehmens, mehr oder weniger funktionelle, zuverlässige, langlebige und umweltverträgliche Produkte herzustellen. Gemeinsam mit der daraus resultierenden Kundenzufriedenheit wird sie immer mehr zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor.¹⁶ Wirtschaftlichkeit verbindet die Ansprüche an Qualität mit der erzielbaren Wertschöpfung. Dabei werden die statische und die dynamische, prozessorientierte Betrachtungsweise unterschieden. Erstere orientiert sich am Maximum- oder Minimumprinzip, während sich Letztere an den technischen und sozialen Weiterentwicklungen und Verbesserungen im Betrieb orientiert.

Der Faktor Flexibilität beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Anpassung an geänderte Umweltbedingungen. Kann sich ein System in angemessener Zeit auf veränderte Umweltbedingungen einstellen spricht man von strategischer Flexibilität. Dahingegen drückt operative Flexibilität die Fähigkeit eines Produktionssystems, kurzfristig auf notwendige Anpassungen des Produktionsplanes zu reagieren, aus und wird v.a. durch die eingesetzten Arbeitssysteme bestimmt.¹⁷

Die hier erläuterten, für das Verständnis der nachfolgend veranschaulichten Darstellungen notwendigen Begriffe, stellen nur einen kleinen Teil der produktionswirtschaftlich relevanten Terminologien dar. Detailliertere Abgrenzungen finden sich z.B. in DYCKHOFF (2006), TEMPELMEIER (2005), SCHUH (2006). Im nächsten Kapitel werden Klassifizierungsschemata von Produktionssystemen beschrieben.

2.2.1 Typologie der Produktionssysteme

Um reale Produktionssysteme trotz ihrer Komplexität und Variantenvielfalt ableiten zu können, ist es notwendig Produktionsmodelle zu definieren und diese auf reale Systeme zu übertragen. Dabei werden der Fragestellung entsprechend wesentliche Aspekte eines Systems hervorgehoben und unwesentliche weggelassen.¹⁸

In der Literatur finden sich viele Varianten der Untergliederung von Produktionstypen. Die meisten unterscheiden sich anhand der übergeordneten Untergliederung und somit im Bezugspunkt. Im Folgenden ist die Typologie der Produktionssysteme nach TEMPELMEIER

¹⁴ Vgl. Tempelmeier, 2005, S.3.

¹⁵ Vgl. Schuh, 2006, S.646.

¹⁶ Vgl. Tempelmeier, 2005, S.6.

¹⁷ Vgl. Tempelmeier, 2005, S.3ff.

¹⁸ Vgl. Dyckhoff, 2006, S.7.

H., GÜNTHER H. (2005) zusammengefasst. Planungsspezifische Probleme der einzelnen Typen werden nicht erläutert, allerdings findet sich in Kapitel 2.2 eine Darstellung dieser mit Bezug auf die Feuerfestindustrie. Nach Tempelmeier und Günther orientiert sich die Typologie an dem in der Literatur oftmals als Input-Transformation-Output-Prozess beschriebenen Konzept der Produktion. Einen Überblick der Produktionstypen zeigt Abbildung 3. Eine grobe Untergliederung erfolgt nach dem Programm-, Einsatz- oder Prozessbezug des Produktionskonzeptes.

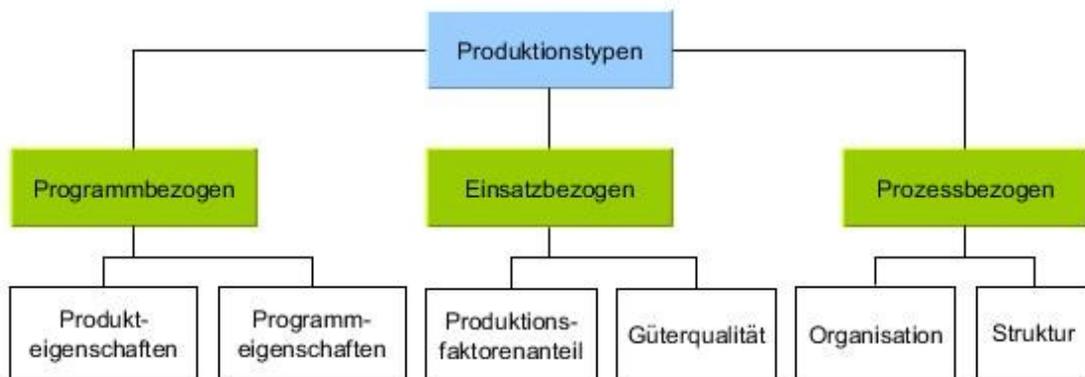


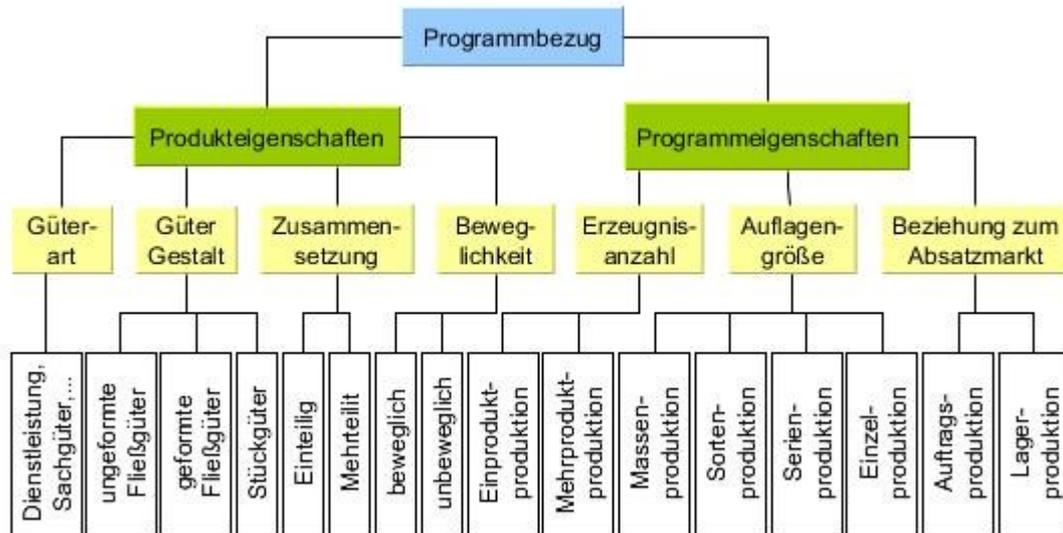
Abbildung 3: Grobe Übersicht der Produktionstypen¹⁹

Programmbezogen²⁰

Die Klassifizierung orientiert sich am Output und wird nach Produkt- oder Programmeigenschaften gegliedert. Zu den Produkteigenschaften zählen die Art der Güter (z.B. Sachgüter oder Dienstleistung), ihre Gestalt (ungeformte-, geformte Fließgüter oder Stückgüter), ihre Zusammensetzung (einteilige oder mehrteilige) und ihre Beweglichkeit (bewegliche oder unbewegliche z.B. Kraftwerke). Abbildung 4 zeigt die programmbezogenen Produktionstypen.

¹⁹ Quelle: Vgl. Tempelmeier, 2005, S. 10ff.

²⁰ Vgl. Tempelmeier, 2005 S.10ff.

Abbildung 4: Grafische Darstellung der Produktionstypen nach deren Programmbezug²¹

Nach den Eigenschaften des Produktionsprogramms erfolgt eine Unterteilung anhand der Anzahl der Erzeugnisse (Einprodukt-, Mehrproduktproduktion), der Auflagengröße (Massen-, Sorten-, Serien-, Einzelproduktion) und der Beziehung der Produktion zum Absatzmarkt (Kunden-, Marktproduktion bzw. Auftrags-, Lagerproduktion).

Einsatzbezogen²²

Produktionsfaktoren sind materielle (Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe) oder immaterielle Güter (menschliche-, maschinelle Arbeit, Information). Abhängig vom relativen Anteil der Produktionsfaktoren können materialintensive, anlagenintensive-, arbeitsintensive oder informationsintensive Produktion unterschieden werden. Des Weiteren kann eine Untergliederung nach der Konstanz der Güterqualität getroffen werden. Diese sind Partieproduktion und werkstoffbedingt wiederholbare Produktion.

Prozessbezogen²³

Mit dem Ziel der Objektveränderung werden mittels Arbeitssystemen aufeinanderfolgende Arbeitsgänge an Arbeitsobjekten vollzogen. Den so beschriebenen Produktionsprozess kann man durch die organisatorische Anordnung von Arbeitssystemen oder anhand der Struktur der Produktionsprozesse kennzeichnen. Ein Arbeitssystem wird nach DIN EN ISO 6385:2004 definiert als „System, welches das Zusammenwirken eines einzelnen oder mehrerer Arbeitender/Benutzer mit den Arbeitsmitteln umfasst, um die Funktion des Systems innerhalb des Arbeitsraumes und der Arbeitsumgebung unter den durch die Arbeitsaufgaben vorgegebenen Bedingungen zu erfüllen“²⁴ definiert.

²¹ Quelle: Vgl. Tempelmeier, 2005, S.10 ff.

²² Vgl. Tempelmeier, 2005, S. 22.

²³ Vgl. Tempelmeier, 2005, S.13ff.

²⁴ URL: <http://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-6385/67758059?SearchID=587744131>, Abfrage: 02.02.2014.

In Abbildung 5 ist die Gliederung der Produktionstypen nach organisatorischer Anordnung illustriert. Eine grobe Einteilung erfolgt nach dem Funktions- und dem Objektprinzip. Kennzeichnend für das Funktionsprinzip ist, dass Arbeitssysteme, die gleichartige Operationen oder Arbeitsgänge verrichten, räumlich zusammengefasst werden. Das bedeutet, dass zu bearbeitende Erzeugnisse bis zur Fertigstellung durchaus mehrfach an derselben Werkstatt bearbeitet werden. Nach dem Objektprinzip werden die Arbeitssysteme gemäß den Arbeitsplänen der Arbeitsobjekt angeordnet.

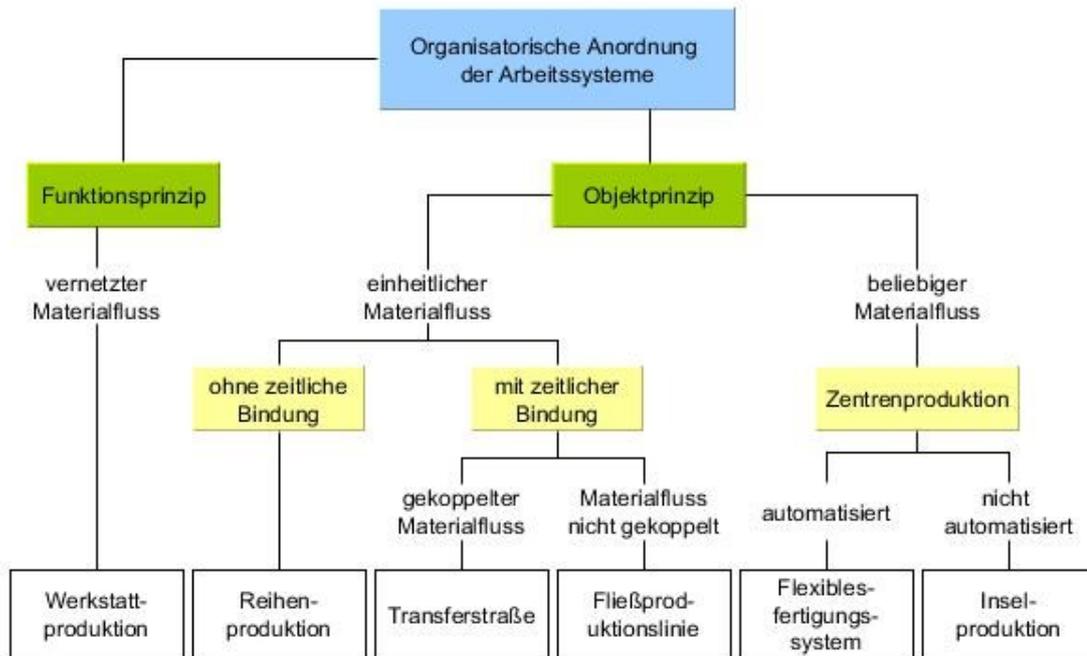


Abbildung 5: Organisationstypen der Produktion²⁵

Die Gliederung der Produktionstypen nach strukturellen Gesichtspunkten kann nach der Form des Materialflusses (glatt, konvergierend, divergierend, umgruppierend; vgl. ‚Materialfluss‘ (Kapitel 2.2.2) oder seiner Kontinuität (kontinuierlich, diskontinuierlich), nach der Ortsbindung der herzustellenden Produkte (z.B. Baustellenproduktion), der Anzahl der Arbeitsschritte (einstufig, mehrstufig) und der Veränderbarkeit der Arbeitsfolge (vorgegeben, veränderbar) erfolgen.

Fertigungsverfahren nach DIN 8580²⁶

„Fertigen ist Herstellen von Werkstücken geometrisch bestimmter Gestalt (Kienzle).“²⁷ Der Unterschied zu Produktionstechniken der Verfahrens- und Energietechnik besteht darin, dass die Produkte der Fertigungstechnik durch stoffliche und geometrische Merkmale charakterisiert sind. Zur Klassifizierung einzelner Produktionssysteme können die in der DIN 8580 festgelegten Ordnungsgesichtspunkte angewendet werden. Dabei werden die eingesetzten Fer-

²⁵ Quelle: Tempelmeier, 2005, S.13, modifiziert.

²⁶ Vgl. Grote, 2007, S. S3.

²⁷ Grote, 2007, S. S3.

tigungs- bzw. Produktionsverfahren hinsichtlich der Änderung des Stoffzusammenhaltes oder der Stoffeigenschaften gegliedert.

Die Fertigungsverfahren werden in sechs Hauptgruppen unterteilt: Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und Stoffeigenschaften ändern. In Abbildung 6 sind die Hauptgruppen nach DIN 8580 dargestellt.

Zusammenhalt				
schaffen	beibehalten	vermindern	vermehrten	
1. Urformen	Formändern			5. Beschichten
	2. Umformen	3. Trennen	4. Fügen	
	6. Stoffeigenschaften ändern			
	Umlagern von Stoffteilchen	Aussondern von Stoffteilchen	Einbringen von Stoffteilchen	

Abbildung 6: Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580²⁸

Die Typologie nach Tempelmeier und DIN 8580 sind nur zwei Möglichkeiten zur Gliederung und Bestimmung von Produktionssystemen. Die Norm weist einen starken Bezug zu metallverarbeitenden Industriezweigen auf und ist nur teilweise auf andere anzuwenden. Umfassende Literatur zur Unterscheidung von Produktionstypen findet sich u.a. in GÜNTHER/TEMPELMEIER (Produktion und Logistik, 2005) und DYCKHOFF (Produktionstheorie, 2006). Eine exakte Bestimmung angewandeter Produktionssysteme ist generell schwierig, weil viele der Typen nicht isoliert, sondern als eine Kombination mehrerer unterschiedlich einzuordnender Teil- und Subsysteme vorliegen. Wesentlichen Einfluss auf den Produktionsablauf und -typ hat das zugrunde liegende Materialfluss- und Informationsflusssystem, das im folgenden Kapitel beschrieben wird.

2.2.2 Material- und Informationsfluss

Ziel der Produktionswirtschaft ist es den Erzeugnis- und Materialfluss unter Einbeziehung der Informationsströme zu optimieren, um so eine größtmögliche Wertschöpfung zu erreichen. Die betriebswirtschaftliche Disziplin die damit in direktem Zusammenhang steht, ist die Logistik. Ihre Aufgabe besteht in der Überbrückung von räumlichen, zeitlichen und mengenmäßigen Differenzen, die einen Wertschöpfungsprozess beeinflussen können. „Die „6r“-Regel der Logistik fasst die Hauptaufgaben der Logistik in einer einfachen Merksregel zusammen und definiert die Hauptziele jeglichen logistischen Handels, wobei es insbesondere darum geht,

- *die richtige Ware*
- *zur richtigen Zeit*
- *am richtigen Ort*

²⁸ Quelle: Grote, 2007, S. S3 modifiziert.

- *in der richtigen Menge*
- *in der richtigen Qualität und*
- *zu den richtigen Kosten zur Verfügung zu stellen.*²⁹

Materialfluss

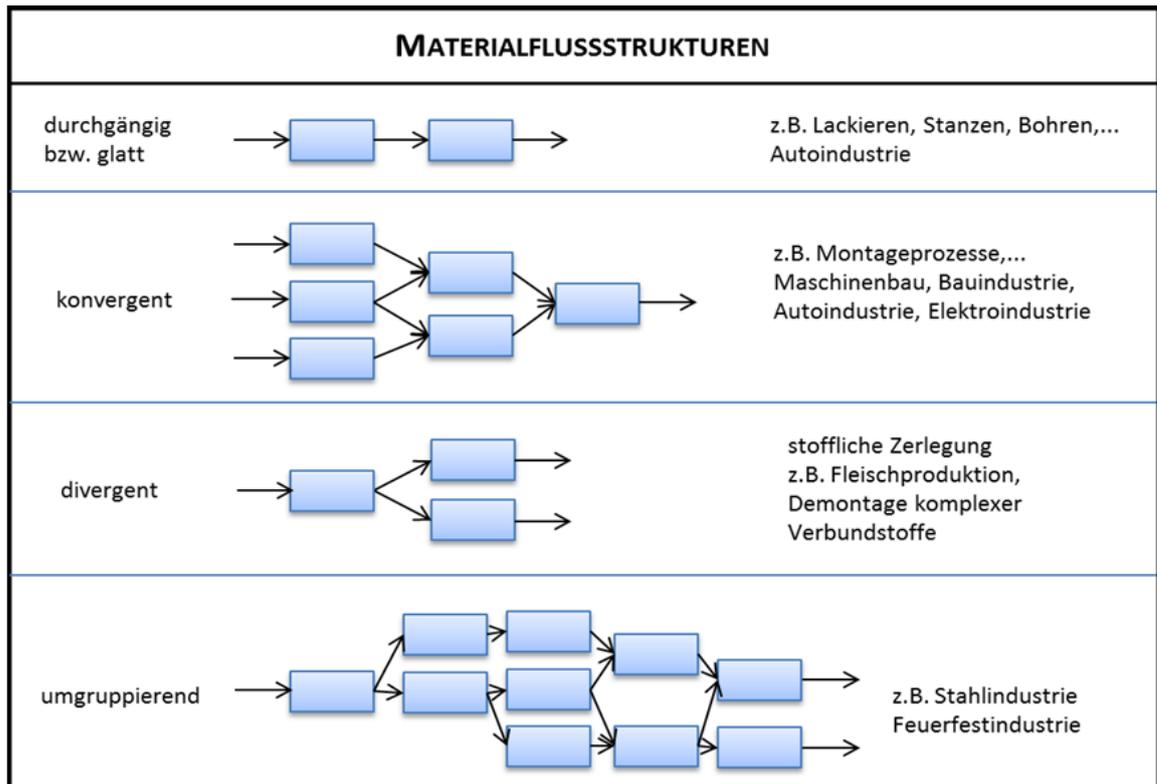
Der Materialfluss ist somit das logistische Bindeglied aller Vorgänge des Gewinnens, Be- und Verarbeitens sowie der Verteilung von Gütern innerhalb eines Arbeitsbereiches, einer Anlage oder der ganzen Firma. Als ein Teilsystem der Innenstruktur spielt der Materialfluss bei infrastrukturellen Entscheidungen eine wesentliche Rolle. Folgend werden die unterschiedlichen Strukturen des Materialflusses beschrieben.³⁰

Die Struktur des Materialflusses in einem Produktionssystem wird als Vergenztyp bezeichnet. Sie kann glatt, konvergent, divergent oder umgruppierend sein. Ein glatter Materialfluss liegt vor, wenn aus einer Werkstoffart eine Produktart hergestellt wird, von konvergierend spricht man, wenn mehrere Werkstoffarten eingesetzt werden. Divergierend beschreibt einen Prozess zur Erzeugung mehrerer Produktarten aus einer Werkstoffart. Und als umgruppierend werden schließlich aus mehreren Werkstoffarten hergestellte, unterschiedliche Produktarten bezeichnet. Abbildung 7 zeigt die unterschiedlichen Materialflussstrukturen. Werden die Systemgrenzen eines Produktionssystems groß genug gewählt, liegt i.d.R. ein umgruppierender Vergenztyp vor, da sich darin sowohl durchgängige, als auch divergierende und konvergierende Strukturen finden.³¹

²⁹ Hompel, 2007, S. 322.

³⁰ Vgl. Hompel, 2007, S.1.

³¹ Vgl. Dyckhoff, 2007, S.22.

Abbildung 7: Strukturen des Materialflusses³²

Die Unterscheidung zwischen kontinuierlichem und diskontinuierlichem Materialfluss wird in Abhängigkeit vom zeitlichen Aspekt des Weitertransportes der Arbeitsobjekte getroffen. Erfolgt dieser bedingt durch den Produktionsprozess in bestimmten zeitlichen Abständen, spricht man von einem diskontinuierlichen Materialfluss wie z.B. bei der Chargenproduktion

Informationsfluss

Der Informationsfluss umfasst alle Informationsverarbeitungsvorgänge im Unternehmen. In der Produktion und im Lagerwesen ist er oft eng mit dem Materialfluss verknüpft. Dies zeigt sich vor allem bei warenbegleitenden Informationen, welche zum Großteil computerunterstützt durch Scanning, BDE, Barcoding und Tracking oder manuell über Stücklisten oder Anhängescheine erfasst werden. In Abbildung 8 ist der Ablauf beim Wareneingang schematisch dargestellt. Es zeigt sich, dass Informations- und Materialfluss abteilungsübergreifend sind und der Erstere die Abteilungen Einkauf, Rechnungswesen, Buchhaltung, Qualitätssicherung, Lager und Fertigung verbindet.³³

³² Quelle: Dyckhoff, 2007, S.22, modifiziert.

³³ Vgl.: Wannewetsch, 2007, S. 261+262.

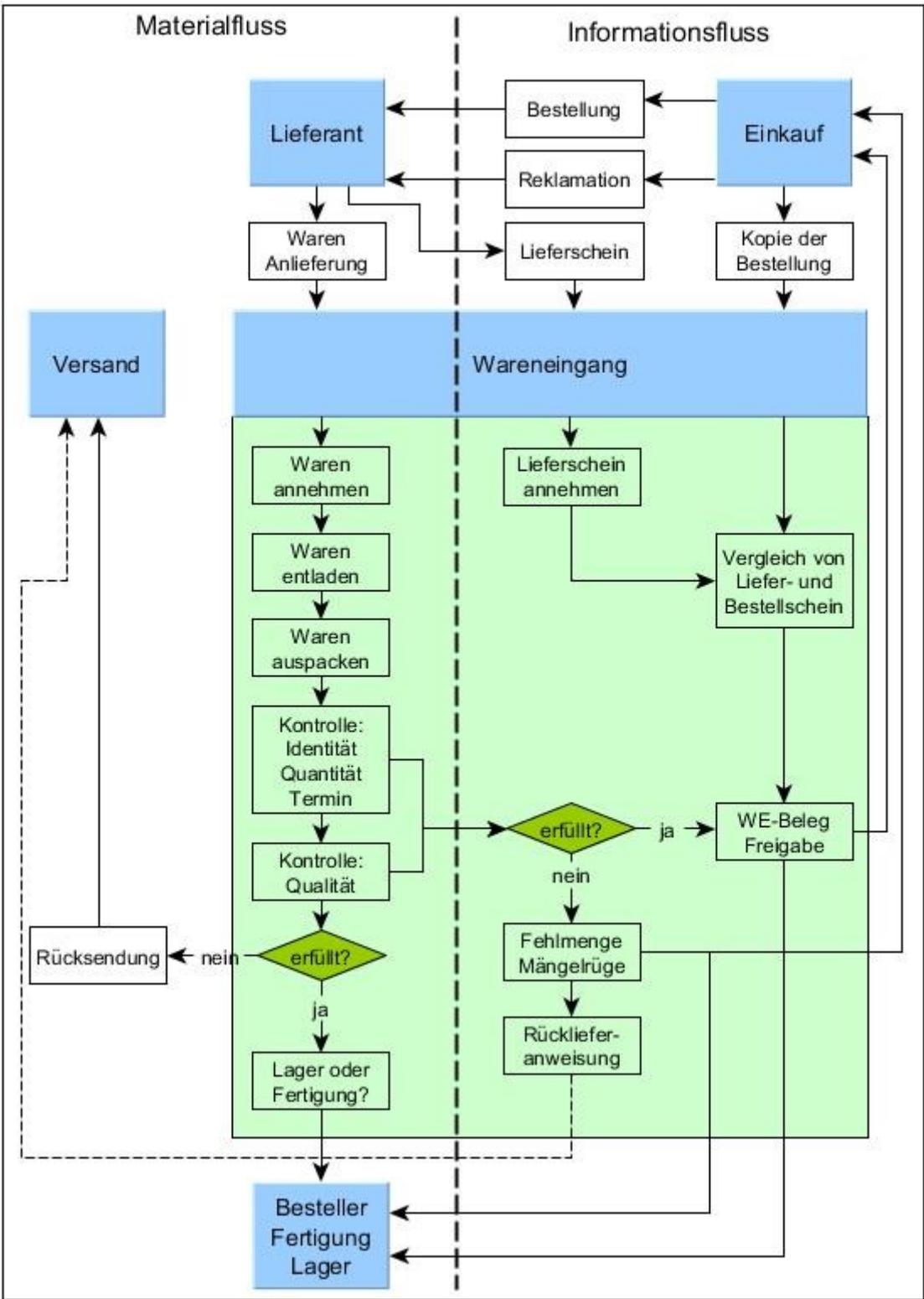


Abbildung 8: Material- und Informationsfluss im Wareneingang³⁴

³⁴ Quelle: Wannewetsch, 2007, S. 262, modifiziert.

Material- und Informationsfluss sind eng miteinander verbunden. Eine isolierte Betrachtungsweise ist deshalb für Analysen und Optimierungsmethoden nicht anzuraten. Vielmehr sollte auf Verfahren zurückgegriffen werden, welche die beiden Teilsysteme der Unternehmensstruktur gemeinsam betrachten, wie dies z.B. bei Wertstrom- und Lean Management der Fall ist.

Wie oben aufgezeigt, gilt es bei der Einführung eines Produktionssystems oder einer Umstrukturierung eines Bestehenden eine Vielzahl an unterschiedlichen Faktoren und Merkmalen zu berücksichtigen. Bereits die kleinste Einheit eines Produktionssystems, das Arbeitssystem, wird durch prozessbedingte Material- und Informationsflusstrukturen aber auch durch externe Interaktionsnotwendigkeiten beeinflusst, wodurch sich die Komplexität betrieblicher Produktionssysteme erhöht. Die Aufgabe des Produktionsmanagements mit dem Instrument der Logistik ist es, alle Teil- und Subsysteme der Infrastruktur in Abstimmung mit den Umwelteinflüssen zu koordinieren, um so einen optimalen Produktionsablauf zu gewährleisten. Dazu werden Analysen des gesamten Produktionsablaufes und der Firmenstruktur durchgeführt, um damit Optimierungspotential zu ermitteln. Gängige Analysemethoden werden im folgenden Kapitel erläutert.

2.3 Methoden der Produktionsanalyse und Optimierung

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden unterschiedliche Analysemethoden angewandt, um den IST-Zustand der Infrastruktur der Firma aufzunehmen und um Optimierungsmaßnahmen firmeninterner Abläufe aufzuzeigen. Die dabei eingesetzten Methoden werden in diesem Kapitel erläutert.

2.3.1 Analysemethoden der Produktion

In diesem Kapitel werden Analysemethoden und deren Anwendung veranschaulicht. Die hier erläuterten Methoden geben die in dieser Diplomarbeit angewandten zusammengefasst wieder. Zuerst erfolgt eine Darstellung der ABC- und XYZ-Analyse, die zur Bestimmung des Materialbedarfs, aber auch zur Ermittlung kundenspezifischer Umsätze herangezogen wird. Darauf folgt eine Beschreibung der Stoffflussanalyse, anhand derer einfach und effektiv die Materialflüsse innerhalb der Firma darstellt und so Verbesserungspotentiale aufzeigt werden können. Danach wird die Durchlaufzeitanalyse erläutert, eine Methode zur Evaluierung der Durchlaufzeiten hinsichtlich nicht wertschöpfender Abläufe. Den Abschluss bildet die Fehlermöglichkeitsanalyse. Sie dient zur Identifizierung und Minimierung von Fehlerquellen.

ABC-Analyse und XYZ-Analyse

Der Materialbedarf eines Unternehmens kann nach programmorientierten oder stochastischen Gesichtspunkten erfolgen. Bei der programmorientierten Bedarfsprognose wird der Materialbedarf aufgrund des geplanten Hauptproduktionsprogramms, des Erzeugnis-Zusammenhangs, der geplanten Durchlaufzeiten und der Entwicklung der Lagerbestände ermittelt. Die stochastische Herangehensweise orientiert sich am Materialbedarf der Vergangenheit, der durch Zeitreihenanalyse und ex-post Prognosen ermittelt wird. Die Bestimmung des Materialbedarfs hat den Zweck den mengenmäßigen und zeitlichen Bedarf an Material so genau wie möglich zu bestimmen, um unerwünschte Produktionsunterbrechungen und Verzögerungen zu vermeiden. Dabei ist der Materialwert ausschlaggebend für die Genauigkeit der Bestimmung des Materialbedarfs. Für eine Materialart, die eine geringe

Kapitalbindung verursacht, kann eine grobe Schätzung ausreichend sein weil das Potential für Kosteneinsparungen gering ist.

Eine Klassifizierung der Materialarten in A-, B- und C-Güter in Abhängigkeit des Wertes ermöglicht es, die Planungsaktivitäten auf einige Materialarten zu konzentrieren. Der so genannten ABC-Analyse liegt die Beobachtung zu Grunde, dass ein Großteil der mit den Lagerbeständen in Zusammenhang stehenden Kapitalbindung, durch wenige Materialarten verursacht wird. Dafür werden die Erzeugnisse ihrem Jahresverbrauchswert entsprechend gereiht und dann mittels Werthäufigkeitsverteilung klassifiziert. Dabei wird die kumulierte Anzahl der Verbrauchsfaktorenarten in Prozent dem kumulierten Verbrauchswert je Periode in Prozent gegenübergestellt. Die ABC-Analyse ist nicht auf Materialarten beschränkt, sondern findet auch bei der Bestimmung kundenspezifischer Umsätze Anwendung.

„In der so genannten Lorenzkurve, siehe Hartnig et al. (1999), wird der Sachverhalt, dass wenige Produkte bzw. Kunden bereits einen Großteil des Wertes, der Lagerkapazität oder des Umsatzes ausmachen, verdeutlicht.“³⁵ Dargestellt ist diese Feststellung in Abbildung 9.

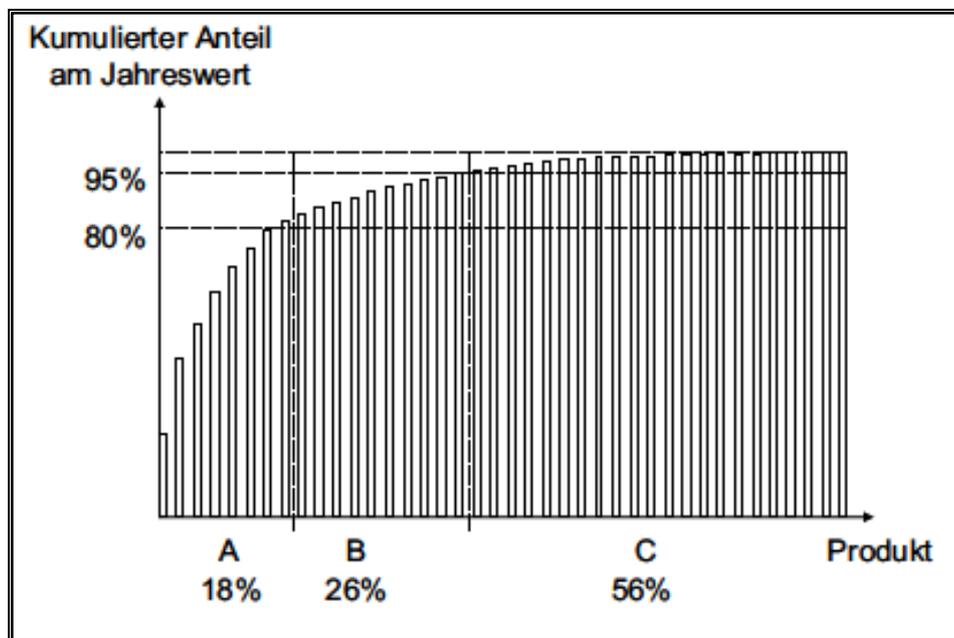


Abbildung 9: Lorenzkurve für ein Beispiel einer ABC-Analyse³⁶

³⁵ Jodlbauer, 2008, S.264.

³⁶ Quelle: Jodlbauer, 2008, S. 264.

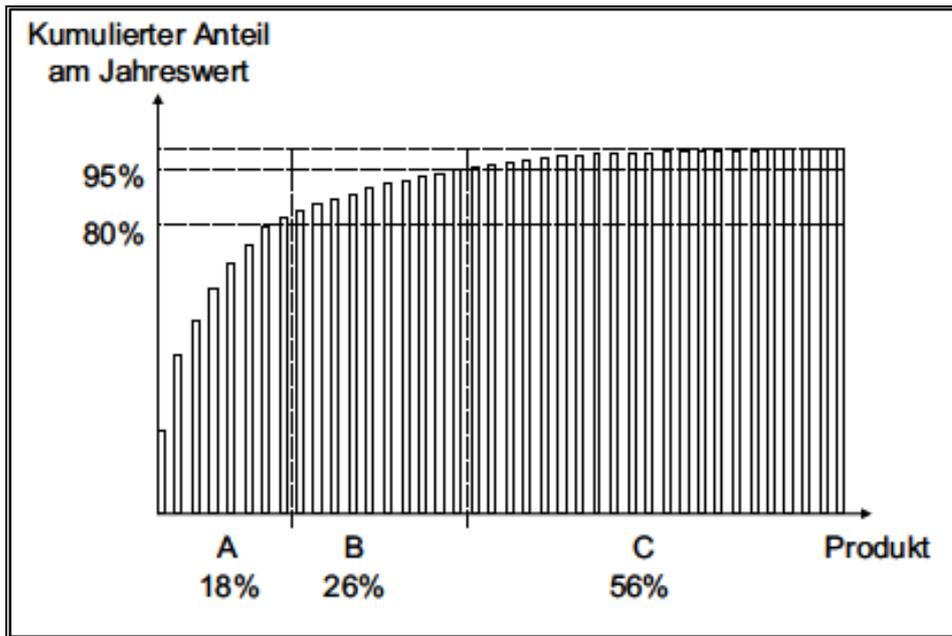


Abbildung 9 zeigt, dass 18 Prozent der Produkte einen 80 prozentigen Anteil am Gesamtjahreswert haben. Diese stellen die A-Produkte dar. Mit 56 Prozent haben die C-Produkte den größten Produktanteil, sind für den Jahresumsatz mit nur fünf Prozent aber nicht bedeutend. Der mit 26 Prozent dazwischen liegende Produktanteil ist mit 15 Prozent am Jahreswert beteiligt.

„Nicht allen Artikeln muss nun die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wenn nämlich die Artikel einmal durch die ABC-Klassifikation eingeteilt sind, können zu jeder Klasse (und damit Wichtigkeit) passende Methoden des Materialmanagements zum Einsatz gelangen:

- *Eine Lagerbestandsreduktion und eine Reduktion der Ware in Arbeit sind viel interessanter für A-Artikel als einen C-Artikel. Zudem sind die A-Artikel weniger zahlreich, sie können deshalb viel leichter verfolgt werden.*
- *Die A-Artikel werden in kleinen Losen, dafür häufig bestellt. Die Einkaufsaufträge werden nur nach intensiven Evaluationen platziert. Ein Produktionsauftrag wird sehr genau beobachtet und mit hoher*
- *Priorität durchgeschleust. Alle diese Massnahmen erhöhen natürlich die Bestellvorgangskosten und die Kosten für die Administration.*
- *Für C-Artikel ist es wichtig, die Verfügbarkeit zu garantieren. Ein Artikel, der nur einige wenige Cents kostet, darf auf keinen Fall die Auslieferung einer Maschine verzögern, die einen Wert von mehreren hunderttausend Euro darstellen mag. Die Beschaffungsaufträge werden sehr früh, mit guten Margen bezüglich Menge und Zeit, freigegeben. Dies wird die Bestandshaltungskosten nur leicht erhöhen, da es sich ja um billige Artikel handelt.*
- *Im Gegensatz dazu sind für C-Artikel die Bestellvorgangskosten sehr niedrig gehalten, weil grosse Mengen auf einmal bestellt werden. Manchmal können die Aufträge sogar automatisch durch ein*
- *informatikgestütztes System ausgelöst werden, ohne Intervention eines Disponenten.*

- Die B-Artikel werden i. Allg. zwischen diesen Extremen behandelt.⁶⁷

Die ABC-Analyse ist ein gutes Werkzeug das es ermöglicht, die Produkte nach ihrem Anteil, z.B. am Jahresumsatz, zu bewerten. In der Regel wird der Großteil des Jahresumsatzes von wenigen Produkten erwirtschaftet. Durch diese Methode können die Wertigkeiten in der Produktion besser geplant werden.

Der Unterschied zwischen XYZ- und ABC-Analyse findet sich in der betrachteten Größe. Während die ABC-Analyse das Mengen-Wert Verhältnis untersucht, beschäftigt sich die XYZ-Analyse mit der Güternachfrage. „Die XYZ-Klassifikation unterscheidet Artikel mit regelmäßiger (regulärer) oder sogar kontinuierlicher Nachfrage (X-Artikel) von solchen mit völlig unregelmässiger, sporadischer oder einmaliger Nachfrage (Z-Artikel). Y-Artikel liegen dazwischen.“⁶⁸

Oft wird die XYZ-Analyse als Erweiterung zur ABC-Analyse eingesetzt. Aus Abbildung 10 können die verschiedenen Dispositionsverfahren für die jeweiligen Produkte abgeleitet werden. AX-Produkte eignen sich z.B. für eine Just-in-Time Produktion, während CZ-Produkte meist billige Produkte sind, deren Bestellung eher unregelmässig erfolgt und auf Lager gesetzt werden sollten.

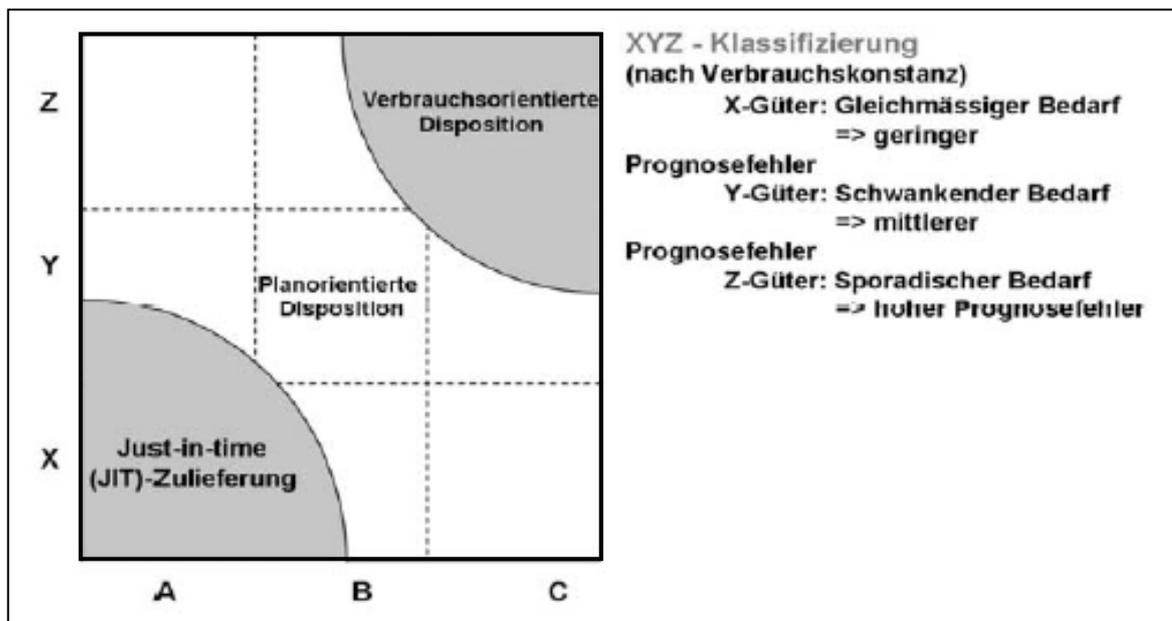


Abbildung 10: Kombinierte ABC-XYZ Analyse³⁹

Die Einteilung der Produkte für die ABC- und XYZ-Analyse sind lediglich Empfehlungen, die auf die meisten Produktionsarten anwendbar sind. Eine andere Klassifizierung der Produkte und somit eine Abweichung von der hier getroffenen, kann in bestimmten Fällen sinnvoll und von Vorteil sein.

³⁷ Schönsleben, 2007, S.543+544.

³⁸ Schönsleben, 2007, S. 545.

³⁹ Quelle: Westkämper, 2006, S. 188.

Materialflussanalyse

Die Materialflussanalyse wird auch Stoffflussanalyse genannt und wird wie folgt definiert: „Die Stoffflussanalyse ist eine Methode zur Erfassung, Beschreibung und Interpretation von Stoffwechselprozessen (P. Baccini 1996). Es ist ein naturwissenschaftliches Verfahren, welches innerhalb der Systemgrenzen (definierter Raum und bestimmte Zeitperiode) den Stoffumsatz quantifiziert. Es werden komplexe Systeme vereinfacht dargestellt mit dem Ziel, das Systemverständnis zu verbessern. Ein System ist dann vollständig beschrieben, wenn zu jeder Zeit t an jedem Ort x die Material- und Energieflüsse, wie auch die Konzentrationen, bekannt sind. (P. Baccini 1996).“⁴⁰

Vom logistischen Standpunkt aus ist die Materialflussanalyse die Aufnahme aller Transportvorgänge und -abläufe innerhalb bestehender Produktionsstrukturen. Diese beinhalten die gesamten, auch die unnötigen, Transportwege und Lagerungen aller Materialien. Die Analyse bietet die Möglichkeit Transportvorgänge und Lagerhaltung hinsichtlich Verzögerungsquellen zu untersuchen und somit Kosten zu senken.

Für die Durchführung der Analyse sind folgende Punkte zu beachten⁴¹:

- Definieren des Konzeptes
- Datenerhebung
- Simulation
- Analyse

Anhand des so definierten Konzeptes werden die relevanten Daten wie z.B. Güterflüsse, Stoffkonzentrationen und Lagerbestände ermittelt, grafisch dargestellt und dann in Hinblick auf Optimierungsmaßnahmen und Einsparpotentiale untersucht.

Um ein Konzept erstellen zu können, ist es notwendig, ein System zu beschreiben. Dieses definiert sich über seine Systemgrenzen, die eingesetzten Güter, den ablaufenden Prozessen und der verwendeten Stoffarten. Daraus ergeben sich eine Liste der Systemelemente sowie ein Güterflussdiagramm zur Darstellung des Systemaufbaus. Exakte Abgrenzungen sind dabei für den Verlauf der Analyse entscheidend und müssen deshalb genauestens beachtet werden.⁴²

Die Datenerhebung dient zur Aufnahme des momentanen Systemzustandes, wobei der aktuelle Materialfluss ermittelt und ausgewertet wird. Werden in einem Unternehmen Sachgüter erzeugt, sollten mindestens folgende Daten vorliegen:

- „Mengengerüst der zu produzierenden Bauteile mit Projektbezug, Projekt-Stücklisten inkl. Fertiggewicht der Bauteile
- Ablauf der Fertigung für jedes Bauteil, Arbeitsplan
- Standort aller relevanten Prozessstandorten (Maschinen, Lagerorte, Wareneingang, Versand, ...), Lageplan“⁴³

⁴⁰ URL: http://www.ifu.ethz.ch/ESD/education/bachelor/OeSA/skript_SFA_MFA.pdf, S. 2, Abfrage: 20.12.2013.

⁴¹ URL: http://www.ifu.ethz.ch/ESD/education/bachelor/OeSA/skript_SFA_MFA.pdf, S. 2+3, Abfrage: 20.12.2013.

⁴² URL: http://www.ifu.ethz.ch/ESD/education/bachelor/OeSA/skript_SFA_MFA.pdf, S. 2, Abfrage: 20.12.2013.

⁴³ URL: <http://www.sdreher.de/index.php/projekte/materialflussanalyse>, Abfrage: 05.02.2014.

Des Weiteren kann die Aufnahme der Lagerplätze und des Gewichts der Ausgangs- und Endprodukte sowie des zeitlichen Jahresbedarfs erfolgen. Für die Auswertung werden die Daten tabellarisch oder grafisch dargestellt, eine Kombination der beiden Varianten ist sinnvoll, da jede Form Vor- und Nachteile hat. Einen groben Überblick bietet die graphische Darstellung der Materialflüsse mit dem Sankey-Diagramm. Dabei wird die Dicke der Verbindungspfeile durch die zugehörige Menge bestimmt und es gilt: Je größer die Menge, umso dicker der Pfeil. Ein Beispiel eines Sankey-Diagramms findet sich in Abbildung 11.

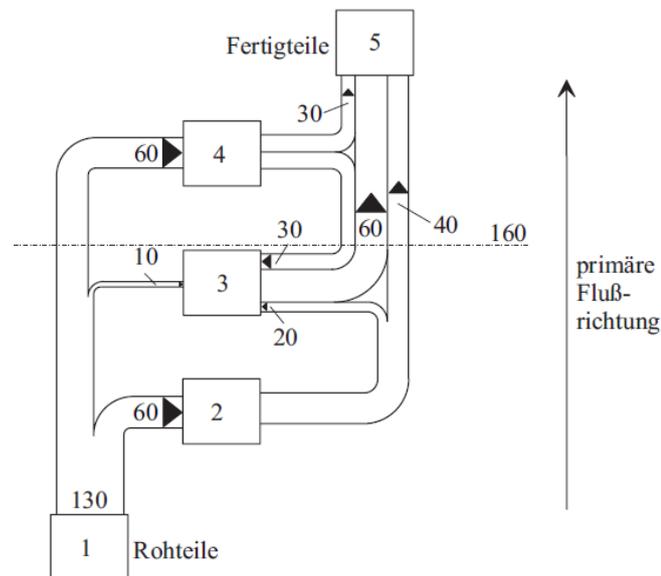


Abbildung 11: Schematische Darstellung eines Sankey Diagramms⁴⁴

Für die Simulation und die Analyse ist die tabellarische Darstellungsform besser geeignet, da die Daten damit faktisch aufgelistet werden können. Aus den Werten des IST-Zustandes werden mögliche SOLL-Werte ermittelt, z.B. dass eine Verkürzung der Transportwege erfolgen sollte. Die Realisierbarkeit wird durch mathematische Modelle berechnet und abschließend einer weiteren Analyse unterzogen. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden interpretiert und so Optimierungsmöglichkeiten und Steuerungskonzepte erstellt.

Ebenso wie die ABC- und XYZ-Analyse, ist die Materialflussanalyse ein einfach zu handhabendes Tool, mit dem es möglich ist Materialflüsse innerhalb einer Firma unkompliziert darzustellen und diese mit geeigneten Mitteln zu verbessern.

Durchlaufzeitanalyse

„Die Durchlaufzeit (engl. Lead Time) ist die Zeit zwischen dem Eingang eines Auftrags und seiner Erledigung.“⁴⁵ Daraus folgt, dass die Durchlaufzeitanalyse die „Ermittlung der zeitlichen Struktur für Auftragsdurchläufe, speziell des Zeitaufwandes für die planmäßige Auftragsbearbeitung (Durchführungszeiten), für unplanmäßige Vorgänge/Handlungen (Zusatzzeiten) sowie für Transport, Liegen und Störungen. Grundlage für Maßnahmen zur Durchlaufzeitverkürzung.“⁴⁶ ist.

⁴⁴ Quelle: Arnold, 2007, S. 72.

⁴⁵ Hompel, 2008, S. 66.

⁴⁶ URL: http://www.archimedes-hsz.ch/Dokumente/Vortrag_Nov_07/Durchlaufzeitanalyse.pdf, S. 2, Abfrage 06.02.2014.

Mit dieser Analyse kann aufgezeigt werden, bei welchem Arbeitsgang bzw. Stadium der Produktherstellung Zeit einzusparen ist. Betrachtet man die gesamte Durchlaufzeit, zeigt sich, dass nur ein geringer Teil für die eigentliche Fertigung des Produktes aufgewendet wird, der Rest verteilt sich auf z.B. Rüstzeit, Liegezeit, Transportzeit. Mit der Durchlaufzeitanalyse werden diese Zeiten ermittelt und des Weiteren durch geeignete Maßnahmen vermindert. Einige Maßnahmen und erforderliche Vorgehensweisen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlaufzeit⁴⁷

Maßnahmen	Vorgehensweise/Methode
Eliminieren	Nicht wertschöpfende Prozesse/Tätigkeiten beseitigen
Verdichten	Zeitbedarf verringern
Zusammenfassen	Prozessabschnitte zusammenführen, Anzahl Arbeitsplatzwechsel verringern
Reihenfolge ändern	Abfolge ändern, Kundenindividualisierung später, aufsplitten
Parallelisieren	Überlappen, Verknüpfen, Splitten, Chargenbildung, Losgröße verringern
Entkoppeln	Produktdifferenzierung/Kundenzuordnung verschieben Materialfluss an geeigneter Stelle durch Puffer entkoppeln
Produkt gestalten	Standardisierung, Modularisierung, Mass Customization, Teilezahl verringern
Produktionsprinzip	Segmentierung, Gestaltung Materialfluss/Layout, Kundenbedarfsgerechte Produktion, keine Fertigung auf Lager
Ablaufprinzip	Gestaltung Arbeitsabläufe, Materialfluss und Layout Gestaltung Informationsfluss, Fertigungszelle
Steuerung	Produktionsprogramm MRP/drückende Systeme (Push) reduzieren Verbrauchsgesteuert (Pull, Kanvan, CONWIP, Konstant, Work in Progress) Mischformen (Zusammenfassen von Aufträgen, Gruppentechnologie, POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization))
Verbesserung Koordination, Führung, Problembeseitigung	Abstimmung der Vorgänge Zeitnahe Steuerung, Betriebsdatenerfassung und Überwachung Ist-Situation, Anlagen, Prozesse entstören
Verbesserung Gesamtanlageneffektivität	Verringerung von Umstellhäufigkeiten, Auftragswechsel (Zusammenfassen ähnlicher Aufträge) Bessere Wartung (Total Productive Maintenance) Rüstzeitreduzierung SMED Single Minute Exchange of Dies
Technische Leistungssteigerung der Bearbeitungsprozesse	Verbesserung Technologie, Automatisierung der Prozesse
Technische Leistungssteigerung der Bearbeitungsprozesse	Verbesserung Technologie, Automatisierung der Prozesse
Zielvereinbarungen	Kontinuierliche Verbesserung

Die Ergebnisse der Durchlaufzeitanalyse werden üblicherweise mit Hilfe eines Balkendiagramm oder Histogramm dargestellt. Mit dieser Methode ist es möglich Rationalisierungspotentiale aufzudecken und Abläufe zu optimieren.

⁴⁷ Quelle: URL: http://www.archimedes-hsz.ch/Dokumente/Vortrag_Nov_07/Durchlaufzeitanalyse.pdf, S. 2, Abfrage 06.02.2014.

FMEA

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse, kurz FMEA, ist ein Tool des Qualitätsmanagement und ermöglicht es, Fehlerquellen zu identifizieren und zu minimieren. Meistens findet sie in der Planungsphase für neue Produkte oder neue Technologien Anwendung. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Optimierung problematischer Fertigungsprozesse oder der Produktqualität während der laufenden Produktion. Entwickelt wurde die Methode Mitte der sechziger Jahre von der NASA für das Apollo-Programm. Nach der Anwendung auf sicherheitskritische Bereiche wie Luftfahrt und Kerntechnik wurde sie in den achtziger Jahren von der Automobilindustrie aufgegriffen und vermehrt eingesetzt. Definiert ist die FMEA als eine „*nichtquantitative Methode der Risikoanalyse, welche die Untersuchung der möglichen Fehlerarten in den Untereinheiten der betrachteten Einheit sowie die Feststellung der Fehlerfolgen jeder Fehlerart für die anderen Untereinheiten und für die Funktion der betrachteten Einheit umfasst.*“⁴⁸

Um eine FMEA erfolgreich durchführen zu können, müssen Aufgabenstellung und Zielsetzung durch die Geschäftsleitung in der Vorbereitungsphase exakt verifiziert werden und die Bewertung muss durch ein interdisziplinäres Arbeitsteam erfolgen. Die Mitglieder sollten zudem gut mit der Materie vertraut sein. Durch die Strukturanalyse wird das zu analysierende System in einzelne Betrachtungseinheiten gegliedert und meistens mittels Baumstruktur grafisch dargestellt. Danach werden Funktion und Zusammenspiel einzelner Elemente untersucht. Bei der weiteren Vorgehensweise wird mit Formblättern nach QS-9000 oder mit einer dementsprechenden Software gearbeitet. Das Formblatt ist in Abbildung 12 zu sehen und wird folgend beschrieben. In den Spalten des Formblattes werden von links nach rechts zuerst die Merkmale und Funktionen der einzelnen Baugruppen eingetragen, dann folgen die entsprechenden Fehler und deren Auswirkungen sowie mögliche Fehlerverursacher. Die folgenden vier Spalten sind mit A, B, E und RPZ bezeichnet, wobei A für die Eintrittswahrscheinlichkeit des Fehlers steht, B angibt wie gravierend dieser zu bewerten ist und E ausdrückt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit der Fehlerentdeckung vor dem nächsten Prozessschritt oder der Auslieferung an den Kunden ist. Eine genaue Bewertung der einzelnen Variablen ist in Abbildung 12 unten dargestellt. RPZ steht für die Risikobewertung und wird wie folgt berechnet:

$$RPZ = A * B * E$$

Je höher die Risikoprioritätszahl, desto höher ist das Risiko. Durch Reihung der Zahlen kann eine Prioritätsliste erstellt und eine Handlungsbedarfsgrenze festgelegt werden. In der nächsten Spalte wird die Vorgehensweise zur Fehlerbeseitigung festgehalten und ein Termin für die Umsetzung sowie einer für die Kontrolle festgelegt. Bei der Kontrolle werden die Wahrscheinlichkeiten erneut evaluiert und die Risikoprioritätszahl berechnet, um sie mit dem Ausgangswert zu vergleichen. Je größer die Differenz, umso effektiver wurden die Maßnahmen umgesetzt und die Notwendigkeit weiterer Verbesserungen kann überdacht werden. Die FMEA wird in Design-, System-, Hardware- Software- und Prozess-FMEA unterteilt.

⁴⁸ Geiger 2008, S. 128.

folgenden Kapitel werden die Methoden zur Optimierung der Verbesserungspotentiale veranschaulicht.

2.3.2 Optimierungsmethoden

In diesem Kapitel werden Methoden zur Verbesserung von Abläufen und Strukturen innerhalb eines Unternehmens dargestellt.

„Aufgabe der Produktionsoptimierung ist es, die Effizienz der Produktion im Hinblick auf vier einander widerstrebende Zieldimensionen beständig zu steigern. Diese vier Dimensionen Variabilität, Qualität, Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit spiegeln sich als Erfolgsfaktoren der Produkte am Markt. Mit den Marktzielen Lieferbarkeit, Lieferfähigkeit und Liefertreue, Lieferzeit sowie Preis sind die strategischen Vorgaben für eine Produktion im Wesentlichen komplett umrissen.“⁵⁰



Abbildung 13: Aufgabe der Produktionsoptimierung⁵¹

Um die Effizienzsteigerung in den vier Zieldimensionen der Produktion, dargestellt in Abbildung 13, zu erreichen, werden die Methoden des Wertstrom- und des Lean Management angewendet. Diese werden folgend beschrieben.

Wertstrommanagement

Das Wertstrommanagement ist ein Tool der Produktionsplanung und -steuerung zur Optimierung von Abläufen. Es gliedert sich in die Wertstromanalyse, das Wertstromdesign und die Wertstromplanung. Die Wertstromanalyse, auch Wertstromaufnahme genannt, liefert Wertstrommodelle der Informations- und Materialflüsse für einzelnen Produkte oder Produktfamilien und zeigt den IST-Zustand im Unternehmen sowie nicht-wertschöpfende Prozesse auf. Mit Hilfe des Wertstromdesigns wird der Soll-Zustand festgelegt. Verbesserungen der Material- und Informationsflüsse entlang des Wertstroms und die Eliminierung nicht-wertschöpfender Prozesse werden eruiert. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Verringerung der Bestände und Durchlaufzeiten bei gleichzeitiger Erhöhung der Qualität und Liefertreue. Mit der Wertstromplanung werden die Umsetzung des Soll-Konzeptes sowie die Überprüfung der Zielvorgaben geplant. Die Überprüfung wird durch PDCA-Zyklen durchgeführt. Der Wertstrom stellt eine Erweiterung des Materialflusses dar. Er beinhaltet alle Schritte die ein Produkt vom Ausgangsmaterial bis zur Auslieferung an den Kunden durchläuft, wobei alle wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Aktivitäten, sowie alle Material- und Informationsflüsse berücksichtigt werden. Das Ziel ist eine transparente Darstellung des Wertstroms, die Umsetzung einfacher Gestaltungsprinzipien von Produktionsstrukturen und -systemen, sowie das Aufspüren von Verschwendungen und Optimierungsmöglichkeiten.

⁵⁰ URL: <http://www.wertstromdesign.de/produktionsoptimierung.html>, Abfrage: 07.02.2014.

⁵¹ Quelle: URL: <http://www.wertstromdesign.de/produktionsoptimierung.html>, Abfrage: 07.02.2014.

Initial wird die Wertstromanalyse durchgeführt, wobei die Aufnahme und Visualisierung des IST-Zustandes der Produktion erfolgt. Dabei werden Produktionsprozesse sowie Material- und Informationsfluss berücksichtigt. „Zielsetzung ist die effiziente Erfassung und übersichtliche Darstellung der in einer Fabrik tatsächlich bestehenden Gegebenheiten. Zentrale Grundidee der Wertstromanalyse ist es, immer Kundensicht einzunehmen, denn der Kunde bestimmt die Anforderungen an die Produktion im Ganzen sowie an jeden einzelnen Produktionsprozess. Die Analyse erfolgt als Momentaufnahme, die einen typischen Zustand in der Fabrik repräsentiert.“⁵² Die Wertstromanalyse wird von ERLACH⁵³ in vier Schritten durchgeführt. Auf die Bildung von Produktfamilien, der Zusammenfassung von Produkten ähnlicher Produktionsabläufe und Betriebsmittelbedürfnisse, folgt eine Kundenbedarfsanalyse. Anhand der Analyse der Verkaufszahlen abgelaufener Geschäftsjahre werden dabei die Kundenansprüche erhoben. Für die eigentliche Wertstromaufnahme ist ein Rundgang im Unternehmen unumgänglich, wobei der IST-Zustand der Produktionsprozesse und der logistischen Abläufe erfasst und durch Kennzahlen festgehalten wird. Ein Beispiel einer grafischen Aufbereitung aufgenommener Daten ist in Abbildung 14 dargestellt. Der letzte Schritt umfasst die Ermittlung der Verbesserungspotentiale auf Grundlage des erfassten Wertstroms.

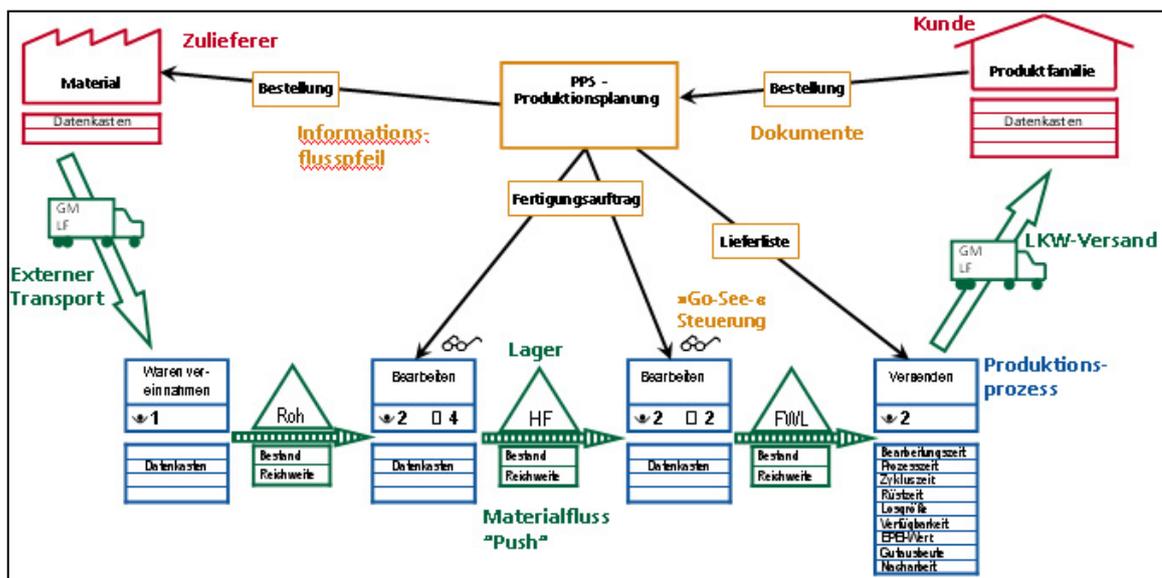


Abbildung 14: Darstellung des Wertstroms in der Produktion⁵⁴

Auf die Analyse folgt das Wertstromdesign. „Das Wertstromdesign dient der Neugestaltung der Produktion hin zu einem effizienten und kundenorientierten Wertstrom. Eine zielorientierte und erfahrungsbasierte Anwendung eines bewährten Sets von acht Gestaltungsrichtlinien überführt den Wertstrom systematisch in einen optimierten Soll-Zustand. Die Effizienz wird gesteigert durch die Vermeidung von Verschwendung. Ergebnis ist die übersichtliche Darstellung des angestrebten Soll-Zustandes einer schlanken Produktion.“⁵⁵ Die Durchführung des Wertstromdesigns ist in vier Schritte gegliedert und umfasst acht Gestaltungsrichtlinien. Ein Überblick dieser ist in Tabelle 3 gegeben.

⁵² URL: <http://www.wertstromdesign.de/wertstromanalyse.html>, Abfrage: 07.02.2014.

⁵³ Vgl. Erlach, 2007, S. 36.

⁵⁴ Quelle: URL: <http://www.wertstromdesign.de/wertstromanalyse.html>, Abfrage: 07.02.2014.

⁵⁵ URL: <http://www.wertstromdesign.de/wertstromdesign.html>, Abfrage: 07.02.2014.

Tabelle 3: Vorgehensweise des Wertstromdesign⁵⁶

Durchführungsschritte	Gestaltungsrichtlinie
1. Produktionsstrukturierung	
2. Gestaltung der Produktionsprozesse	1. Ausrichtung am Kundentakt - Das Kapazitätsangebot einer Produktion ist durchgängig am Kundentakt auszurichten
	2. Prozessintegration - Produktionsprozesse sind soweit möglich in einer kontinuierlichen Fließfertigung zusammenzufassen
3. Produktionssteuerung	3. FIFO - Aufeinanderfolgende Produktionsprozesse, die aus technologischen oder organisatorischen Gründen nicht zur Fließfertigung integriert werden können, sind soweit möglich in einer Reihenfertigung mit Bestandsobergrenze zu verkoppeln
	4. Kanban-Regelung - Produktionsprozesse, die aus technologischen Gründen Rüstzeiten aufweisen, sind bei Wiederholteilen über eine Losfertigung mit Supermarkt-Lägern zu verknüpfen
	5. Schrittmacher-Prozess - Jeder Wertstrom ist an genau einem eindeutig festgelegten Schrittmacher-Prozess im Kundentakt zu steuern
4. Produktionsplanung	6. Festlegung der Freigabeeinheit - Die Freigabe von Produktionsaufträgen hat in kleinen, einheitlich dimensionierten Umfängen zu erfolgen und so für ein gleichmäßiges Produktionsvolumen zu sorgen
	7. Produktionsmix-Ausgleich - Die Reihenfolge von Produktionsaufträgen ist hinsichtlich der Varianten gut zu durchmischen
	8. Engpass-Steuerung – Freigabemenge und Reihenfolge von Produktionsaufträgen sind gegebenenfalls abhängig von kapazitativen oder technologischen Restriktionen eines nachgelagerten Produktionsprozesses

Final wird die Wertstromplanung durchgeführt, wobei mittel- und langfristige Ziele definiert und in einem Pflichtenheft zusammengefasst werden. Häufig formulierte Ziele sind:

- *„Kostenziele; z.B. das Senken von Kapitalbindungskosten, Betriebsmittelkosten und Personalkosten oder die Nutzung von Kostenvorteilen durch Einbeziehen externer Ressourcen (Zulieferer, Kooperationspartner)*
- *Betriebstechnische Ziele; z.B. die Steigerung der Flexibilität in der Produktion, die Verbesserung der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln, die Erhöhung des Automatisierungsgrads, die Standardisierung von Ladungsträgern oder die Verbesserung der externen Materialfließanbindungen*
- *Daraus leiten sich die materialfließspezifischen Einzelziele ab, wie z.B.: kürzere Wartezeiten, kleinere Pufferbereiche, Einschränkung der Typenvielfalt bei Ladungsträgern, automatische Identifikation, schnellerer Informationsfluß (intern/extern) usw.*⁶⁷

Das Wertstrommanagement ist keine einmalige Aktion. Die oben erläuterten Schritte müssen regelmäßig wiederholt und die definierten Ziele überarbeitet werden damit eine Verbesserung der Abläufe und Strukturen auch langfristig gesehen erfolgt.

„Die Wertstromanalyse ist eine hervorragende Methode um Verbesserungspotentiale ganzheitlich innerhalb der Produktion aufzudecken. Maßnahmen, die sich aus den Potentialen ableiten lassen, die ohne Struk-

⁵⁶ Quelle: URL: <http://www.wertstromdesign.de/wertstromdesign.html>, Abfrage: 07.02.2014.

⁵⁷ Arnold, 2007, S. 269.

*turänderung der Produktion umgesetzt werden können, sind wie in der Fertigungsindustrie in der Prozess- und Hybridindustrie ohne weiteres umzusetzen.*⁵⁸

Wertstrommanagement ist eine Methode, die sich optimal eignet, um die Produktion effizienter zu gestalten und nicht wertschöpfende Prozesse zu mini- bzw. eliminieren. Eine konsequente Weiterentwicklung dieser Optimierungsmethode ist das Lean Management. Im Gegensatz zur Wertstrommanagement beschäftigt sich die Lean-Methode mit Abläufen im gesamten Unternehmen.

Lean Management

Das Lean Management ist ein Managementansatz, der sich am Kunden orientiert und versucht Verschwendung zu minimieren. Überflüssige Prozesse sollen bereinigt und so die Wertschöpfung gesteigert werden. Das Ziel ist, Kosten sowie Zeit zu sparen und das Unternehmen effizienter und flexibler zu machen. Damit Lean Management funktionieren kann ist es wichtig, dass alle Mitarbeiter bestrebt sind, die Philosophie dieser Methode umzusetzen.

Nach ANDRES SYSKAS (2006) bedeutet Lean Produktion:

- *„Vermeidung von Verschwendung im Einsatz der Ressourcen zur Wertschöpfung*
- *Effektiver Materialfluss statt hoher Bestände*
- *Fehlervermeidung statt aufwändiger und kostenintensiver Nacharbeit*
- *Kompetente, inhaltsreiche und verantwortungsvolle Arbeit in Selbststeuerung statt Fremdbestimmung und Monotonie*

Prozesse bzw. Unternehmensabläufe sollen auf diese Weise dahingehend optimiert werden, dass folgende Hauptziele erreicht werden können (Mählck, Panskus 1995, S. 22):

- *Qualitätserhöhung: Null-Fehler-Strategie, Entwicklungsqualität, Produkt- und Prozessqualität*
- *Zeitreduzierung: kurze Durchlaufzeiten, zuverlässige Prozesse, Vermeiden von Verschwendung*
- *Kostenreduzierung: effiziente Wertschöpfung, Vermeiden von Gemeinkosten, niedrige Herstellkosten*⁵⁹

Um diese Ziele umsetzen zu können, muss der Produktionsprozess nach dem Standpunkt des Kunden optimiert werden, d.h. dass der Kunde das Produkt in bestmöglicher Qualität, zum richtigen Zeitpunkt und zu moderaten Preisen erhält. Danach erfolgt eine Analyse des Wertstroms und weiter die Einführung des Fluss- und Pull Prinzips.

In vielen Unternehmen werden zwar innerhalb der Abteilungen Verbesserungen angestrebt, äußere Einflussfaktoren werden dabei nicht berücksichtigt. Das Fluss-Prinzip ermöglicht eine Optimierung entlang des gesamten Wertstroms über die Systemgrenzen hinaus, um Pufferbestände und Engpässe zu vermeiden. Das Pull Prinzip setzt bei der Bestellung durch den Kunden oder bei Erreichen eines minimalen Produktbestandes an. Das

⁵⁸ Gram, 2011b.

⁵⁹ Syska, 2006, S.85+86.

bedeutet, dass der Maschinenauslastung keine Bedeutung beigemessen und somit die Produktion nicht nach dem Produktionsplan, sondern am Kunden orientiert durchgeführt wird. Dadurch sollen Überstunden abgebaut und gleichzeitig eine hundertprozentige Liefertreue gewährleistet werden.

Die oberste Maxime des Lean Management ist Perfektion zu erreichen. Allerdings muss bedacht werden, dass Perfektion nie endgültig erreicht werden kann, sondern, dass dieses Ziel nur als die ständige Weiterentwicklung zur Vermeidung von Rückschritten zu definieren ist. Einen Ansatzpunkt dafür liefern z.B. kontinuierliche Verbesserungsprozesse. Am besten kann die Denkweise die diesem Managementansatz zu Grunde liegt, durch die fünf Säulen des Lean Management zusammengefasst werden, wie Abbildung 15 deutlich veranschaulicht.



Abbildung 15: Säulen des Lean Managements⁶⁰

Bei der Einführung des Lean Management sind fünf Punkte zu beachten. Initial ist eine Identifizierung wertschöpfender Tätigkeiten essenziell, gefolgt von einer Analyse des Wertstroms. Des Weiteren muss ein „Flow“ definiert und dann ein Pull-System eingeführt werden. Final wird die Prozessoptimierung durchgeführt. Viele westliche Unternehmen sind bei der Einführung des Lean Management gescheitert. Der Grund dafür findet sich darin, dass Kostensenkung und Rationalisierungsmaßnahmen erfolgten, der Grundsatz der Personalentwicklung aber unterschätzt und vernachlässigt wurde. Das bedeutet, dass Lean Management oft mit Personalabbau gleichgesetzt wurde. Diese Vorgehensweise widerspricht allerdings dem Konzept zur Gänze.⁶¹

Richtig angewendet helfen Wertstrommanagement und Lean Management dabei, Kosten zu reduzieren. Besonders das Lean Management achtet darauf, Prozessabläufe auf das wesentlich zu beschränken. Im folgenden Kapitel werden betriebswirtschaftliche Gegebenheiten der Feuerfestindustrie beschrieben

2.4 Produktionsmanagement in der Feuerfestindustrie

Im Folgenden werden Probleme des Produktionsmanagement in der Feuerfestindustrie dargestellt. Für den Zweig der Prozessindustrie, mit seinen vielen unterschiedlichen Bran-

⁶⁰ Quelle: URL: <http://www.tcw.de/management-consulting/sonstiges/lean-management-und-lean-production-218>, Abfrage: 07.02.2014.

⁶¹ URL: http://www.kennzahlen-portal.ch/operational_excellence/lean_management, Abfrage: 07.02.2014.

chen und Anforderungen an die Produktionsprozesse, findet sich wenig wissenschaftliche Literatur in den Bereichen Produktionsmanagement und Logistik. Besonders hervorzuheben ist dabei die Feuerfestindustrie. Abbildung 16 zeigt die Klassifizierung der Branchen unter anderem in Abhängigkeit vom Materialfluss.

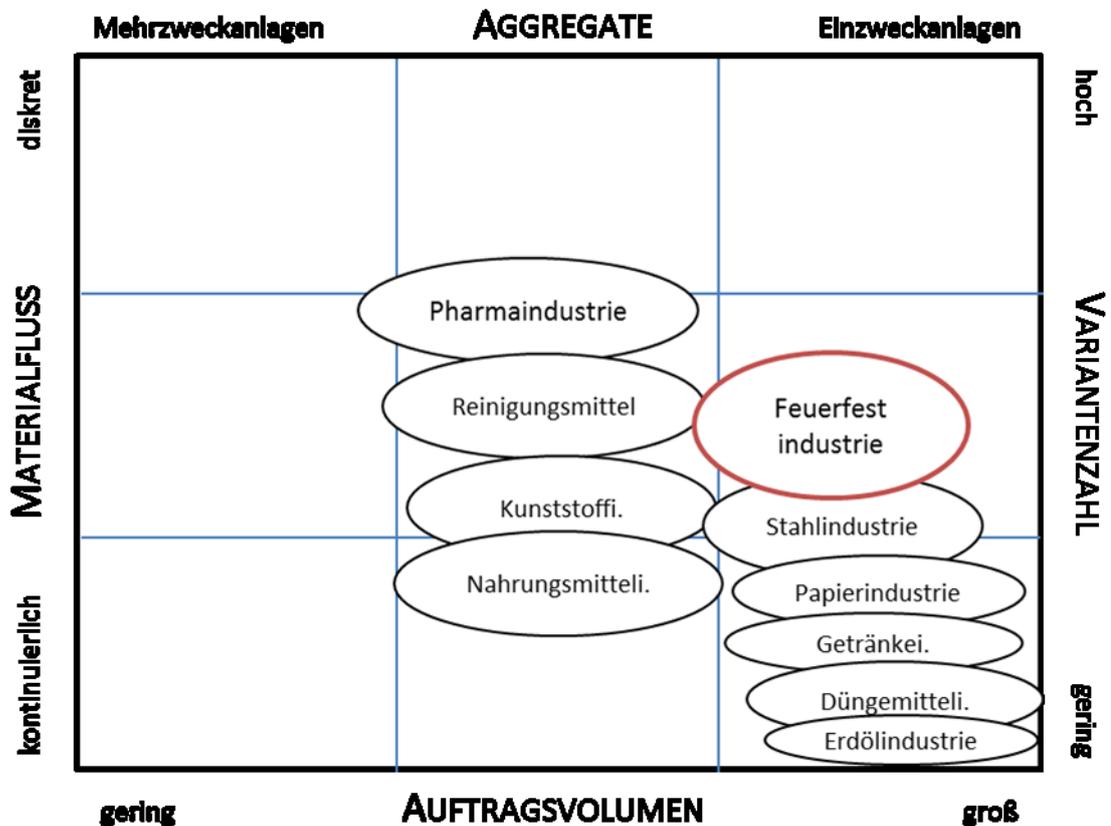


Abbildung 16: Klassifizierung der Branchen nach Prozesstyp⁶²

In der Feuerfestindustrie werden Innovationen und Forschungsarbeiten vor allem im Bereich der Produktentwicklung und -verbesserung, bei der Einbringung von Werkstoffen und bei der Optimierung von Verfahren der Abnehmerindustrie durchgeführt. Ziel ist es, die Qualität und Lebensdauer der Produkte zu erhöhen, denn sowohl Haltbarkeit als auch Verschleißfestigkeit der Produkte unterliegen einem Wettlauf mit der Zeit.⁶³ Eine Anpassung oder Optimierung der Produktionssysteme wird bisher in der Literatur untergeordnet vorgefunden, kann sich aber ebenso positiv auf die zeitliche und finanzielle Bilanz eines Unternehmens auswirken. Die Vorrangigkeit der Produktentwicklungen ist bedingt durch den starken Wettbewerb am Markt unbestritten und die dadurch entstehende Produktvielfalt wird auch von Kunden gefordert.⁶⁴ Des Weiteren wirken sich steigende Rohstoffpreise und zunehmend verschärfte Umweltschutzbestimmungen sowie steigende Ansprüche der Kunden restriktiv auf die Wandlungsmöglichkeiten aus. „... muss das Hauptaugenmerk auf der Neugestaltung bzw. Verbesserung der einzelnen Wertschöpfungsprozesse sowie des Materialflusses gelegt

⁶² Quelle: Krenn, 2008, S.20, modifiziert.

⁶³ URL: <http://www.feurige-karriere.de/basis/wasistfeuerfest/gesternheutemorgen/diezukunftistfeuerfest.html>, Abfrage: 05.02.2014.

⁶⁴ Vgl. Krenn, 2008.

werden. In den meisten Fällen sind jedoch durch das historische Wachstum der Produktionsstätten und der Ortsgebundenheit der Anlagen der Materialflussoptimierung Grenzen gesetzt.⁶⁵ Durch Aufnahme bestehender Strukturen und kennzahlengestützte Identifizierung von Kosten- und Komplexitätstreibern kann das Optimierungspotential eines Unternehmens aufgezeigt werden.

Komplexitätstreiber der Produktionsstruktur

Für Unternehmen ist nicht immer klar, dass Komplexität von Abläufen und Strukturen immer mit hohen Kosten verbunden ist. Deshalb sollte versucht werden Produktionssysteme so einfach und transparent wie möglich zu gestalten. Dies gilt vor allem für die Feuerfestindustrie, die aufgrund ihrer meist historisch gewachsenen Strukturen, der Anlagenintensität und deren Ortsgebundenheit ohnehin schon starken Restriktionen in Punkto Wandlungsfähigkeit der Prozesse unterworfen ist.⁶⁶

In der Literatur finden sich viele verschiedene Definitionen für den Begriff der Komplexität. Folgend wird jene nach KRENN verwendet. *„Komplexität soll als eine Systemeigenschaft verstanden werden, die durch die Elemente (Anzahl und Vielfalt) im System und ihrer Beziehungen (Anzahl und Vielfalt) bestimmt wird.“*⁶⁷

Typische Komplexitätstreiber in der Feuerfestindustrie sind:

- Produktvielfalt als Ergebnis fortwährender Produktneuerungen
- uneinheitlicher Informationsfluss bedingt durch historisches Wachstum der Strukturen

In den folgenden Absätzen werden diese Komplexitätstreiber genauer erläutert.

Produktvielfalt

Die zunehmende Produktvielfalt in der Feuerfestindustrie als Ergebnis fortwährender Qualitätsverbesserung von Produkten und individueller, für Kunden zugeschnittener Produktlösungen, resultiert in immer kleiner werdenden Mengen bei der Fertigung im Gegensatz zu größeren Rüstzeiten. Die Herstellungskosten der Produkte erhöhen sich, können aber nur in geringem Ausmaß an den Kunden weiterverrechnet werden und somit verkleinert sich die ohnehin schon geringe Gewinnspanne. Zum Teil produzieren Feuerfestfirmen ohne Gewinn, um Kunden nicht an andere Anbieter zu verlieren und um eine Maschinenauslastung zu erreichen. Die geringe Wertschöpfung der Produkte entsteht durch die hohen Selbstkosten der Materialien, die bei 60-70 % liegen.⁶⁸

Da eine große Produktvielfalt den Bedarf an unterschiedlichen Rohstoffen erhöht, steigen außerdem Lagerkosten und der -kapazitätsbedarf. Zudem wirkt sich die Variantenvielfalt negativ auf die Komplexität des Materialflusses aus.

Informationsfluss

In vielen Unternehmen der Feuerfestindustrie sind die Fertigungs- und Prozessstrukturen historisch gewachsen. Die Produktionsanlagen und die Computersysteme werden nach Bedarf und in unterschiedlichen Ausprägungen modernisiert, wodurch es zu

⁶⁵ Biedermann, 2011, S. 4.

⁶⁶ Vgl. Biedermann, 2011.

⁶⁷ Krenn, 2008, S. 80.

⁶⁸ URL: <http://www.feurige-karriere.de/basis/wasistfeuerfest/gesternheutemorgen/diezukunftistfeuerfest.html>, Abfrage: 05.02.2014.

Medienbrüchen aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Softwareprogramme kommen kann. Dieser Umstand behindert den Informationsfluss beträchtlich und intensiviert sowohl die zeitliche als auch finanzielle Komponente der Informationsrückverfolgung und -einholung. Des Weiteren entstehen durch Medienbrüche unnötige Fehlerquellen bei der Übertragung von Daten.

Neben der hohen Schnittstellendichte wirken sich auch die vielen Hierarchieebenen und Arbeitseinteilungen negativ auf den Informationsfluss aus. Die Dauer von Entscheidungsprozessen wird unnötig verlängert und durch fehlende Informationen können wiederum zusätzliche Arbeitszeit und damit Kosten entstehen.

Produktionstypen

In Kapitel 2.2 wurde die Typologie der Produktionssysteme nach TEMPELMEIER 2005 erläutert. Auf die Feuerfestindustrie übertragen finden sich hauptsächlich Fließ- und Chargenfertigung, wobei diese oft als Mischform vorliegen, wodurch die Komplexität des Produktionssystems erhöht wird. Der kontinuierliche Fließcharakter der Fertigung ist weniger ausgeprägt als in der Stahlindustrie und kann in etwa zwischen einem kontinuierlichen und einem diskreten Materialfluss (vgl. Kapitel 2.2) eingeordnet werden. In Abbildung 16 ist die Klassifizierung der Branchen nach den Prozessstypen dargestellt.

Chargenproduktion

Bei der Chargenproduktion werden die Arbeitssysteme nach dem Strukturprinzip angeordnet. Sie stellt einen Spezialfall der Produktion mit diskretem Materialfluss dar und zeichnet sich durch eine aufgrund der Produktionsanlage (z.B. Mischer) „beschränkte Werkstoffmenge (Charge)“⁶⁹ aus. Diese wird als Ganzes dem Produktionsgerät zugeführt, verarbeitet und danach wieder als Ganzes entnommen. In der Feuerfestindustrie kann z.B. der Mischprozess der Chargenproduktion zugeordnet werden. Die zu mischenden Rohstoffe werden, im Normalfall, vorab in rezeptgemäßen Mengen abgewogen, wobei die Gesamtmenge das Fassungsvermögen des Mixers nicht übersteigt (Beschränkung der Werkstoffmenge) und als Ganzes in den Mischer gefüllt. Herausforderungen an die Prozessplanung finden sich in der Bestimmung der optimalen Losgröße und der Festlegung der Produktionsreihenfolge.⁷⁰

Fließproduktion

Nach Tempelmeier ist die Fließproduktion ein Produktionstyp, bei dem die Arbeitssysteme derart nach dem Objektprinzip angeordnet sind, dass ein einheitlicher Materialfluss entsteht. Der Weitertransport der Materialien und Produkte erfolgt durch selbstständige Fördereinrichtungen unter Zeitzwang. Die Herausforderung an die Prozessplanung zeigt sich in der Abstimmung der Kapazitäten der individuellen Arbeitssysteme, um Materialstau oder -engpässe zu vermeiden und so eine ausgeglichene Auslastung der Produktionsanlagen zu gewährleisten.⁷¹

In Abbildung 17 ist ein Materialflussverlauf für die Herstellung von Massen dargestellt. Die Skizze basiert auf Eigenüberlegungen auf Grundlage der Recherchen in der EKW GmbH und Literaturrecherchen.

⁶⁹ Tempelmeier, 2005, S.28.

⁷⁰ Vgl. Tempelmeier, 2005, S. 11ff.

⁷¹ Vgl. Tempelmeier, 2005, S.17.

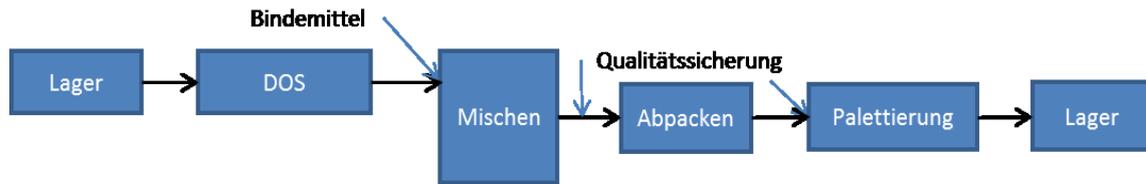


Abbildung 17: Typischer Materialflussverlauf bei der Herstellung von Massen in der Feuerfestindustrie⁷²

In der Prozessindustrie, speziell bei Feuerfest-Unternehmen, kann es bei Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsvorgängen zu Materialflussschwierigkeiten kommen. Für die Beschaffung gilt, dass eine Vielzahl an Rohstoffen zugekauft werden muss, welche i.d.R. weltweit importiert werden. Dadurch muss für die Lieferung generell eine längere Zeitspanne einberechnet werden, die schließlich auch bei Materialbedarfsplanungen zu berücksichtigen ist. Die in den letzten Jahren stark angestiegenen Rohstoffpreise müssen dabei ebenso Beachtung finden, wie Qualitätsunterschiede der Rohstoffe durch unterschiedliche Anbieter. Nicht nur der Rohstoffeinkauf, sondern auch der Zukauf von Handelsware mit dem Zweck des Vertriebes spielt für den Materialfluss eine Rolle. Diese Gegebenheit ist eine Eigenheit der Feuerfestindustrie und hat den Zweck, die Firma als Komplettanbieter im Markt zu verankern und Kundenwünschen möglichst flexibel gegenüberzustehen.⁷³

In der Produktion stellen sich die Materialflussschwierigkeiten durch hohe Rüst- und Reinigungszeiten ein. Diese sind bei jedem Produktwechsel durchzuführen und sind im Vergleich zur Produktionszeit, welche für einzelne Produkte in großen Mengen im Durchschnitt nur wenige Stunden dauert, hoch. Dieser Umstand widerspricht eigentlich einer effizienten Produktionsplanung und durch den semi-kontinuierlichen Materialfluss können auch keine eindeutigen Pull bzw. Push Strategien festgelegt werden. Des Weiteren ist eine hohe Produktionsflexibilität wichtig, wie sie durch kurze Produktionszeiten gegeben ist. Dadurch kann schnell auf Veränderungen im Produktionsplan reagiert werden. Eine flexible Anpassung kundenspezifischer Anforderungen, z.B. Änderung der Bestellmenge oder der Verpackungsart, wird damit ermöglicht. Allerdings ergibt sich somit eine große Anzahl an unterschiedlichen Abfüllungsmöglichkeiten, die eine vorausschauende Produktionsplanung und somit einen reibungslosen Materialfluss erschweren.⁷³

In der Distribution gibt es zwei limitierende Faktoren. Das sind einerseits die teilweise geringen Erlöse beim Produktverkauf oder geringe Warenpreise. Andererseits weisen viele Feuerfestprodukte eine hohe Dichte auf. Dadurch erhöht sich das Transportgewicht der Ware und somit die Transportkosten, die in Kombination mit den ansonsten anfallenden Kosten teilweise den geringen Erlös übersteigen.⁷⁰

Herausforderungen in der Produktion und deren Optimierung⁷³

Da die Wertschöpfung in der Feuerfestindustrie gering ist, muss bei der Produktionsplanung und Steuerung auf eine effiziente Auslastung der Ressourcen geachtet werden. Restriktionen in der Planung sind die Chargengrößen, die durch Mindestfüllmengen und Fassungsvermögen der Maschinen, sowie der Lagerkapazitäten vorgegeben sind. Des Weiteren erschweren die schon erwähnten hohen Rüst- und Reinigungszeiten eine flexible Produktionsplanung. Ein weiteres Problem stellen festgefahrene Gewohnheit und Produktionswei-

⁷² Eigendarstellung in Anlehnung an Produktionsabläufe der EKW GmbH.

⁷³ Vgl. Krenn, 2008.

sen dar, denn die Kunden fordern immer mehr Flexibilität bei gleichzeitig großer Liefertreue, zudem Variantenvielfalt und kurze Durchlaufzeiten. Um alte, starre Vorgänge durchbrechen zu können, wird in der Feuerfestindustrie immer häufiger auf Lean Management gesetzt. Die Durchlaufzeiten sollen durch Verschlinkung der Produktion verkürzt und gleichzeitig eine kundenorientierte Produktion gewährleistet werden.

Bedingt durch die Komplexität und Heterogenität der Produktionssysteme ist es schwierig, angewandte Produktionsprozesse starren Produktionstypen zuzuordnen. Diese werden nicht isoliert, sondern in Kombination angewendet, wodurch sich teils komplizierte Problemstellungen ergeben und Lösungs- sowie Optimierungsmethoden erst gefunden werden müssen. Der Großteil der Produktionsoptimierungsmethoden ist auf diskrete Fertigungstypen wie sie z.B. in der Automobilindustrie angewandt werden, ausgelegt. Viele Unternehmen haben, ausgehend vom Design des Toyota-Produktionssystems, eigene Methoden entwickelt. Diese sind allerdings nicht auf die Prozessindustrie übertragbar. Für Prozesse in der Feuerfestindustrie wäre ein erster wichtiger Schritt die Strukturen von Teilsystemen (siehe Kapitel 2.2) und weitere logistische Gegebenheiten systematisch zu analysieren. Dadurch können Fehlerquellen aufgezeigt und Steuerungs- und Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden. Folgend wird das Vorgehen bei der Produktionsstrukturaufnahme dargestellt.

2.5 Vorgehensmodell

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Aufnahme der Firmenstrukturen beschrieben. Die schematische Darstellung ist in Abbildung 18 zu sehen. Zu Beginn erfolgte die Aufnahme des IST-Zustandes des Informationsflusses von der Bestellsannahme bis zum Warenausgang sowie die bestehenden Produktionsstrukturen und -abläufe innerhalb des Werkes. Dazu wurden vor Ort Gespräche mit Abteilungsleitern und der Geschäftsleitung aber auch mit Angestellten und Arbeitern geführt, die Produktionsanlagen besichtigt und in Hinblick auf Einsparpotential begutachtet. Des Weiteren wurden produktionsrelevante Daten der letzten Jahre, wie z.B. Bestellinformationen oder Stapleranweisungen, erhoben. Im weiteren Verlauf wurden die gewonnenen Daten mittels ABC- und XYZ-Analyse, Material- und Informationsflussanalyse sowie der Wertstromanalyse evaluiert und in Zahlen ausgedrückt. Zusätzlich wurden die Abteilungen des Lagerwesens und der Produktion durch eine Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse hinsichtlich unerwünschter Vorgänge beim Abbindeverhalten bestimmter Produkte bewertet. Die Darlegung des IST-Zustandes findet sich in Kapitel 3.

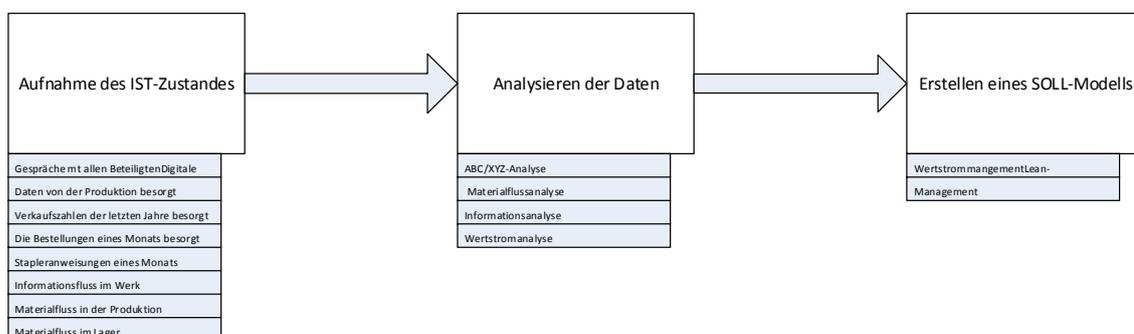


Abbildung 18: Vorgehensweise im Praxisteil

Auf Basis der so gewonnenen Informationen wurde die Anwendbarkeit von Optimierungsmethoden, wie z.B. der Lean-Methode oder der Pull/Push Steuerung, evaluiert und ein Steuerungskonzept sowie Verbesserungsmaßnahmen erarbeitet. Die Optimierungsmaßnahmen finden sich in Kapitel 4.

3 Aufnahme der Produktionsprozesse innerhalb des Werks

In diesem Kapitel wird die Aufnahme der bestehenden Strukturen und des Produktionsablaufs innerhalb des Werkes in Eisenberg sowie die Analyse des Markt- und Kundenverhaltens und deren Auswirkungen auf die Produktion beschrieben. Initial erfolgt eine Zusammenfassung der Firmengeschichte der EKW GmbH, ihrer Zielsetzung und Motivation. Danach wird der Informationsfluss innerhalb der Firma dokumentiert, gefolgt vom Produktionsablauf sowie der Produkt-, Bestell- und Lageranalyse. In Kapitel 3.7 wird die Durchführung einer Fehler-Möglichkeiten- und Einflussanalyse, kurz FMEA, beschrieben. Es werden IST-Zustände der einzelnen Anlagen und Abläufe veranschaulicht, Lösungsvorschläge und Schlussfolgerungen finden sich in Kapitel 4 und 5.

3.1 EKW-Firmenportrait

Die EKW GmbH, im folgenden kurz EKW genannt, ist ein Hersteller von feuerfesten Werkstoffen mit Standort Eisenberg in Rheinland-Pfalz. Die Firma wurde 1903 von vier Grubenbesitzern gegründet und ist bis heute in Familienbesitz. Die EKW, vormals Eisenberger Klebsandwerke, steht unter der Leitung von Geschäftsführer Michael Wiessler. Neben dem Stammsitz in Eisenberg unterhält die EKW Tochtergesellschaften, Beteiligungen und Vertretungen in 29 Ländern weltweit (Tabelle 4).

Tabelle 4: Die EKW-Gruppe (ohne Vertretungen)⁷⁴

Unternehmen	Land	Verhältnis
EKW France S.A.S.	Frankreich	Tochtergesellschaft
EKW Italia S.R.L.	Italien	Tochtergesellschaft
EKW Asia Pacific Sdn. Bhd.	Malaysia	Tochtergesellschaft
EKW DO BRASIL PRODUTOS REFRACTORIOS LTD	Brasilien	Tochtergesellschaft
EKW KREMEN d.o.o.	Slowenien	Tochtergesellschaft
EKW Refractorios de Mexico	Mexiko	Tochtergesellschaft
DÖRENTROP Feuerfestprodukte GmbH & Co. KG	Deutschland	Beteiligungsgesellschaft
Glauch Systems GmbH REFRACTORY SOLUTIONS	Deutschland	Beteiligungsgesellschaft

In Eisenberg findet sich eine der größten Klebsandlagerstätten Europas. Bis heute wird der Klebsand im Tagebau abgebaut. Er eignet sich bedingt durch seine hohe Reinheit und die besondere Zusammensetzung der Quarz- und Tonbestandteile hervorragend für die Herstellung von Feuerfestprodukten, die vorwiegend in Hochtemperaturprozessen in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt werden. Ein weiterer Anwendungsbereich für Klebsand ist die Abdichtung von Deponien. Über die Jahre hat der Einsatz des Klebsandes in der Produktion, bei gleichzeitiger Erweiterung des Produktportfolios, stark abgenommen, wodurch Abbau und Verarbeitung von Klebsand nicht mehr die hauptsächliche Aufgabe der EKW darstellen. Im Werk in Eisenberg werden ungeformte und vorgeformte feuerfeste Werkstoffe, wie Feuerbetone, neutrale, basische und saure halbplastische Massen, Tro-

⁷⁴ URL: <http://ekw-feuerfest.de/Standorte/>, Abfrage, 10.12.2013.

weitergeleitet. Dort werden die Daten ins SFR[®], ein Modul von MEGA[®], eingegeben und an die Auftragsplanung geschickt. Diese verteilt die Aufträge an die zuständigen Stellen entweder in Form von Stücklisten oder im Fall der neuen Dosieranlage über GIP[®], einem weiteren Computerprogramm. Nach der Übergabe der Ware an den Spediteur werden Lieferschein und Wiegekarte von der Waage über das Lagerwesen zum Factoring geleitet. Dort werden die Rechnungen für die Kunden erstellt. Eine abteilungsspezifische Erläuterung der Abläufe findet sich in den folgenden Absätzen.

Auftragsannahme:

Der Auftrag durch den Kunden erfolgt per Fax, Telefon oder E-Mail. Mit dem Computerprogramm MEGA[®] werden Informationen wie Kunden-, Auftrags- und Abholnummer sowie Abhol-/Liefertermin und der Lagerbestand des bestellten Produktes überprüft und handschriftlich auf den Auftragszettel vermerkt. Die Informationen zum möglichen Liefer- bzw. Abholtermin werden durch die Abteilung der Auftragsplanung verifiziert. Die Termine sind vor allem davon abhängig, ob das Produkt bereits auf Lager ist, wie schnell es produziert werden kann und ob die Produkte durch die EKW an den Kunden geliefert oder vom Kunden abgeholt werden. Bei Lieferung durch die EKW muss bereits in der Auftragsannahme ein Speditionsauftrag in Excel[®] ausgefüllt werden und die zur Verfügung stehende Produktionszeit um die Transportzeit korrigiert werden. Wurden alle relevanten Daten erhoben wird der Auftrag an die Auftragserfassung weitergeleitet.

Auftragserfassung:

Die Auftragserfassung erhält den Auftragszettel in Form von Ausdrucken mit handschriftlichen Vermerken oder zur Gänze als handschriftliche Aufträge. Diese Daten werden in der Auftragserfassung in MEGA[®] eingegeben, wobei besonders auf Bestellnummer, Artikelnummer, Preis und Liefertermin geachtet werden muss. Für alle finanziellen Fragen, wie z.B. die Übereinstimmung des vom Kunden angegebenen und IST-Preises oder vormalige Zahlungsprobleme des Kunden, muss eine Rücksprache mit dem für den Kunden zuständigen Vertreter und der Buchhaltung erfolgen. Bei den Lieferterminen muss nochmals genau überprüft werden, ob sich die Produktionszeit über Feier- und Fenstertage erstreckt und somit der Liefertermin eingehalten werden kann. Gegebenenfalls muss diese Information dem Spediteur und Kunden mitgeteilt werden. Wurden alle Daten erhoben und überprüft, wird die Auftragsnummer vergeben und der Auftrag für die Ablage ausgedruckt. Des Weiteren wird für jedes einzelne Produkt der Bestellung eine Stückliste erstellt und mittels SFR[®]-Modul an die Auftragsplanung weitergeleitet. Handelt es sich bei der Bestellung zur Gänze oder zum Teil um Handelsware, wird diese gesondert an das Lagerwesen und die Waage ohne den Umweg über die Auftragsplanung gesendet.

Auftragsplanung:

Die Auftragsplanung erhält den Kundenauftrag durch das SFR[®]-Modul. Wurden die bestellten Produkte bereits vorproduziert und sind somit auf Lager, wird deren Abgang in eine Excel[®]-Liste eingetragen und anschließend ein Ausdruck des SFR[®]-Auftrags an das Lagerwesen, die Waage und die Auftragserfassung übermittelt. Müssen die Produkte hergestellt werden, ist es Aufgabe der Auftragsplanung den Produktionsablauf so zu gestalten, dass Rüstzeiten minimiert werden. Eine nähere Erläuterung zur Produktionsplanung findet sich in Kapitel 3.3. Der Auftrag bzw. die Stückliste werden dann an die vom Auftrag beanspruchten Produktionsanlagen weitergeleitet. Die neue Dosieranlage erhält den Produktionsauftrag und die -reihenfolge über die Software GIP[®], die Mischanlagen ausgenommen der ZMA, werden über einen Stücklistenausdruck beauftragt. Aufträge für die ZMA und ZPA werden per Ausdruck und der Software MIC[®] übermittelt, die Produktionsreihenfol-

ge der Ware wird dort unabhängig von der Auftragsplanung eingeteilt. Bei Weiterleitung des Auftrags durch die Auftragsplanung an die entsprechenden Anlagen wird die Stückliste außerdem an die Waage und das Lagerwesen geschickt, sowie an die Auftrags erfassung zu Ablagezwecken und zur Bestätigung der Bearbeitung retourniert.

Lagerwesen:

Die Aufgaben des Lagerwesens umfassen die Bereiche Warenausgang und -eingang. Im Bereich der Produktion erfolgt die Auftragserteilung an das Lagerwesen durch den Erhalt der Stücklisten als Ausdruck von der Auftragsplanung oder im Fall von Handelsware von der Auftrags erfassung. Die Stücklisten werden, mit Ausnahme der Stücklisten der losen Verladung, nach Abholdatum sortiert und in einer Ablage für Staplerfahrer abgelegt. Da ein Auftrag oft aus mehreren kleinen Mengen besteht, kommissionieren die Staplerfahrer die Aufträge ein bis zwei Tage vor dem Abholtermin. Danach wird die Stückliste an die Waage weitergeleitet.

Bei Warenanlieferung erhält das Lager den Lieferschein des Lieferanten und die Wiegekarte von der Waage. Nach erfolgter Kontrolle der Bestellung wird die Bestellnummer ins MEGA-WWS[®] (Warenwirtschaftssystem) eingetragen. Danach wird ein Ausdruck an das Labor der Qualitätssicherung versendet, wodurch ein Auftrag zur Probeentnahme erteilt wird. Folgend werden die Daten der Bestellung ins GIP[®] übertragen und somit vom System erfasst. Sobald die Mengen der angelieferten Waren manuell ins Programm eingegeben wurden, werden firmeninterne Etiketten ausgedruckt und von den Staplerfahrern ordnungsgemäß an den Rohstoffen und Handelswaren angebracht. Nach erfolgter Probenanalyse und der Freigabe der Waren durch das Labor können diese verwendet werden. Der Rohstoffeingang für die ZMA-Silos wird im MIC[®] vorgenommen.

Waage:

Der Aufgabenbereich der Waage liegt in der zahlenmäßigen Bestimmung von an- und ausgelieferter Ware. Die genauen Schritte werden exemplarisch an der Warenabholung erläutert.

Bei Ankunft der Spedition, vom Kunden oder durch die EKW beauftragt, wird der LKW gewogen und die erfassten Daten gemeinsam mit dem Kennzeichen und der Auftragsnummer am Waagecomputer eingegeben. Der Fahrer erhält die Stücklisten und übergibt diese dem Lager. Dort werden die Produkte auf den LKW verladen und gesichert. Die Ladungssicherung ist Sache der EKW und wird zur rechtlichen Absicherung mit Fotos dokumentiert. Bei Verlassen des Werks wird der LKW erneut gewogen. In Abgleich mit dem zuvor notierten Kennzeichen werden zusätzlich der Firmenname des Kunden, Straße, Ort und die Produktart erhoben und über den Waagecomputer auf der Wiegekarte erfasst. Die Berechnung des Nettogewichtes der Produkte wird durch den Computer automatisch durchgeführt. Anschließend werden die Auftragsnummer und das Gewicht der einzelnen Produkte in MEGA[®] eingetragen und der durch die EKW ausgestellte Lieferschein sowie die Wiegekarte werden an den LKW-Fahrer übergeben und an das Factoring übermittelt.

Bei Aufträgen unter vier Tonnen werden die Produkte auf einer kleinen Waage durch die Staplerfahrer vorgewogen. Die Verwiegung des leeren LKW ist dennoch erforderlich, um eine Überladung zu vermeiden. Der Fahrer fährt mit der Stückliste zum Lager, um die Ware abzuholen. Nach der Beladung erhält dieser die Papiere, wobei Wiegekarten und Stücklisten vorher vom Personal der Waage an der kleinen Waage abgeholt und mit kommissioniert gekennzeichnet werden müssen.

Factoring:

Der Aufgabenbereich des Factorings besteht in der Rechnungserstellung und deren Übermittlung an den Kunden. Die Rechnungen werden anhand der Lieferscheine und Wiegekarten kalkuliert. Diese liegen am Tag nach dem Warenabgang dem Factoring vor. Sie werden ausgedruckt und danach den Lieferscheinen und Auftragsbestätigungen zugeordnet. Des Weiteren wird überprüft, ob handschriftliche Vermerke auf den Ausdrucken auf eine Abänderung der Bestellung hindeuten. Die Daten werden in MEGA[®] eingegeben und nach Berechnung des Mehrwertsteuersatzes ist die Rechnungserstellung beendet. Bei Verwendung zusätzlicher Spanngurte und Sicherungsmaterialien zur Ladungssicherung ist es notwendig eine gesonderte Rechnung mit Excel[®] zu erstellen. Diese wird zusammen mit der Produktrechnung an den Kunden geschickt. Die gesamten Unterlagen werden zusätzlich in einem Ordner abgelegt.

Bei den einzelnen Anlagen werden Excel[®]-Tabellen geführt, um so den Verbrauch von nicht direkt für die Produktherstellung benötigten Materialien, wie z.B. Etiketten, zu erfassen. Diese Informationen werden für statistische Auswertungen und die Buchhaltung erhoben, die den Verbrauch den einzelnen Produkten zuordnet.

Der hier dargestellte Ablauf zeigt die momentane Verfahrensweise bei der Informationsweitergabe und -beschaffung. Innerhalb der Firma werden vier Software-Pakete verwendet, MEGA[®], GIP[®], MIC[®] und Excel[®], wobei sich deren Einsatzgebiete überschneiden. Ein manueller Übertrag von Daten, doppelte Ausführungen von Rechnungen sowie die telefonische Abklärung von Beständen ist, bedingt durch den Status quo, teilweise erforderlich und zeigt somit Potential für Verbesserungen. Diese werden in Kapitel 4.1 erläutert. Im Folgenden wird der Produktionsablauf innerhalb des Unternehmens veranschaulicht.

3.3 Aufnahme des Produktionsablaufes

Auf dem Werksgelände der EKW befinden sich mehrere Produktionsanlagen. Diese sind der Rohstoffabbau in der Grube, die Aufbereitungsanlage für den Klebsand und die Fertigteilmontage. Des Weiteren gibt es Dosier- und Mischanlagen sowie die Abpackstation.

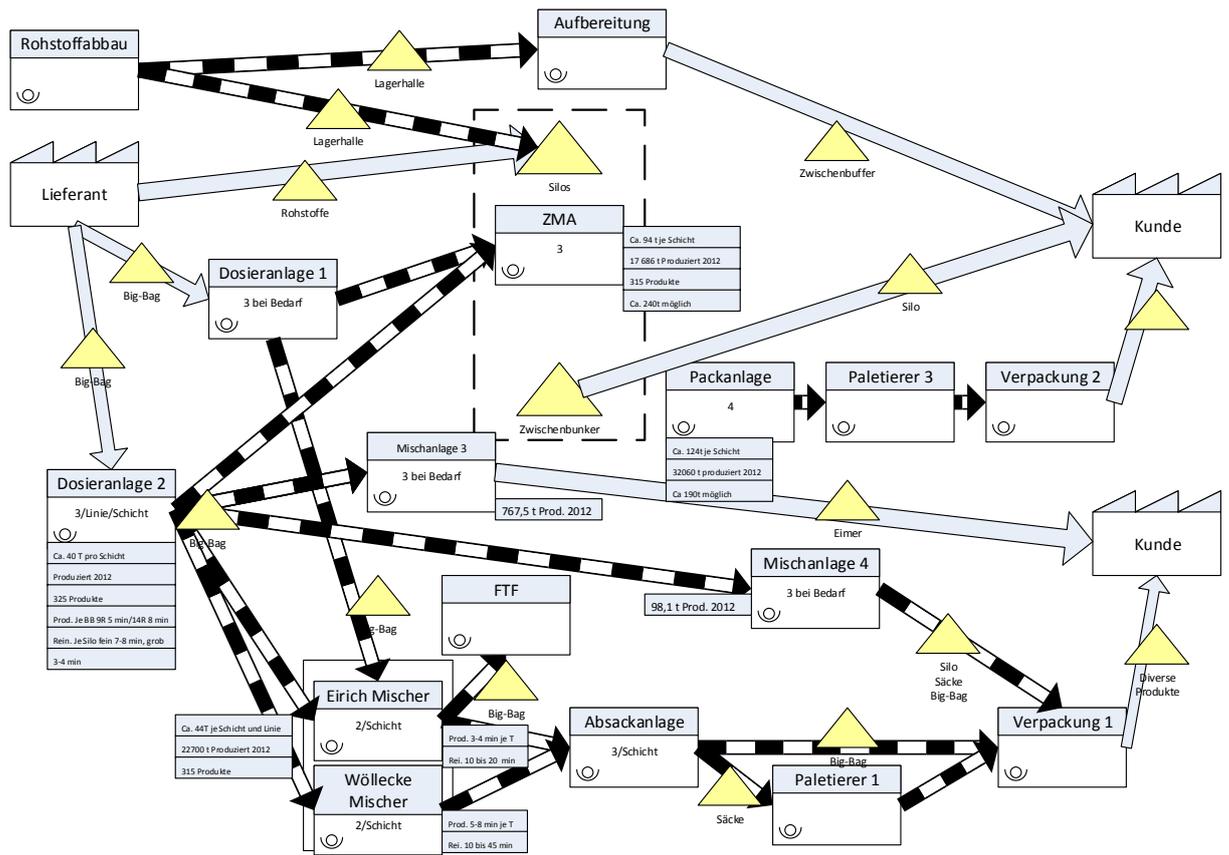


Abbildung 20: Der strukturelle Aufbau des Produktionssystems mit dem Materialfluss

In Abbildung 20 sind der Materialfluss und der strukturelle Aufbau der Produktion dargestellt. Mit Hilfe der Wertstromanalyse wurde der IST-Zustand der Produktion aufgenommen, wobei eine genauere Betrachtung kritischer Anlagen erfolgte. Diese sind die neue Dosieranlage, die Mischanlage 5, die Zentrale Mischanlage und die Zentrale Abpackanlage. Die gewonnenen Daten werden folgend veranschaulicht.

Dosieranlagen

Der Standort Eisenberg verfügt über zwei Dosieranlagen, einer manuell zu bedienenden und einer hochmodernen automatischen Anlage. Bei den Dosieranlagen werden die Rohstoffe dem Rezept entsprechend in einem bestimmten Verhältnis in Big-Bags abgefüllt.

Die alte, manuelle Anlage verfügt über zwölf Trichter, die mit unterschiedlichen Rohstoffen befüllt werden können. Für die Bedienung sind drei Arbeiter erforderlich: ein Staplerfahrer, ein Mitarbeiter zum Öffnen der Trichter und ein Arbeiter, zuständig für die Handzugabe und für die Kontrolle des gleichmäßigen Nachfließen der Rohstoffe. Ein leerer Big-Bag wird an den Gabeln des Staplers befestigt und so unter den jeweiligen Trichtern positioniert. Der Stapler ist mit einer Waage ausgestattet an der das Gewicht des abgefüllten Rohstoffes abgelesen wird. Die Abfüllung für eine Tonne mit z.B. neun Rohstoffen plus zwei Handzugaben dauert neun Minuten. In dieser Anlage werden nur dunkle Massen produziert.

Die neue Dosieranlage, im Folgenden als DOS bezeichnet, wurde 2007 errichtet und ist hochmodern. Sie wurde in den letzten Jahren aus Gründen der Effizienz- und Genauigkeitssteigerung modifiziert. Sie verfügt über zwei Linien mit je 16 Silos plus je einem Hand-

zugabesilo. Acht Silos werden für grobes Material und die anderen acht für feine Rohstoffe verwendet. Pro Linie sind drei Arbeiter eingeteilt: ein Staplerfahrer, ein Maschinenführer und ein Mitarbeiter, zuständig für die Handzugabe und Reinigung der Silos. Die Steuerung der Anlage erfolgt durch die Software GIP[®]. Sowohl die Reihenfolge als auch die zu produzierende Menge werden via GIP[®] von der Auftragsplanung vorgegeben.

Der Staplerfahrer transportiert die Rohstoffe zu den Silos. Um Verwechslungen vorzubeugen, werden Lagerplatz, Rohstoff, Silonummer und Abstellplatz eingescannt. Die Silos werden mit dem entsprechenden Material per Kran befüllt. Der Maschinenführer befestigt den leeren Big-Bag an der Anlage, die ihn nach Programmstart selbstständig zu den einzelnen Silos bewegt. Zuerst wird ein grober Rohstoff abgefüllt, danach folgen optisch voneinander unterscheidbare Materialien. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass im Fall einer Überfüllung mit einem Rohstoff nur der Überschuss entnommen werden muss, wobei der Spielraum zwischen minus zwei und plus fünf Prozent je Rohstoff liegt, ohne die Produkteigenschaften wesentlich zu beeinflussen. Ist die Rezeptur fertig abgewogen und somit das Halbprodukt erzeugt, wird der Big-Bag mittels Förderband aus der Anlage abtransportiert, etikettiert und mit dem Stapler je nach Produktionsplan in ein Zwischenlager oder direkt zur Mischanlage gebracht. Folgt die Herstellung eines anderen Halbproduktes, wird die Anlagenlinie gereinigt.

Um unerwünschte Reaktionen der Fertigprodukte weitestgehend zu verhindern, wird auf die Reinigung der Anlagen ein besonderes Augenmerk gelegt. Sie wird anhand der DOS erläutert. Zuerst werden Rohstoffe, die in den folgenden Rezepturen nicht benötigt werden, durch den Maschinenführer aus den Silos in Big-Bags abgelassen, etikettiert und von einem Staplerfahrer ins Lager transportiert. Da die Anlage über kein Kontrollsystem verfügt, ist die Beteiligung des Maschinenführers unumgänglich, da nur er die Rohstoffbezeichnungen den Silos zuordnen kann und somit die Verwechslungsgefahr minimiert wird. Danach werden die leeren Silos gereinigt, wobei die Dauer zwischen drei bis vier Minuten für grobes und sieben bis acht Minuten für feines Material liegt. Je nach Rezeptur und produzierter Masse besteht die Möglichkeit, dass die Rüstzeit länger als die Produktionszeit ist.

Durch eine effiziente Auftragsplanung werden die Reinigungszeiten minimiert indem Produktgruppen mit ähnlichen Rezepten hintereinander produziert werden. Erleichtert wird die Planung dadurch, dass in der DOS nur helle Massen produziert werden und dass auf beiden Linien unterschiedliche Produktgruppen abgefüllt werden. Durch diese Vorgehensweise werden Materialverunreinigungen und Verfärbungen des fertigen Produktes weitgehend verhindert. Erschwerend für die Planung sind kurzfristige Kundenwünsche, die im Vergleich zur Produktionszeit in langen Rüstzeiten resultieren (siehe Kapitel 3.5).

Abbildung 21 zeigt die Produktionszeit mit der dazugehörigen Rüstzeit für unterschiedliche Chargen. Die Produktionszeit ist in blau, die Rüstzeit in rot hervorgehoben. Es zeigt sich, dass bei einigen Halbprodukten die Reinigung mehr Zeit in Anspruch genommen hat als die Produktion, zurückzuführen auf kleine Bestellmengen und kurzfristig eingeschobene Herstellung von Halbprodukten. Die Rüstzeitspitze bei Halbprodukt 26 wurde durch eine Störung der Anlage verursacht und ist eine selten eintretende Ausnahme.

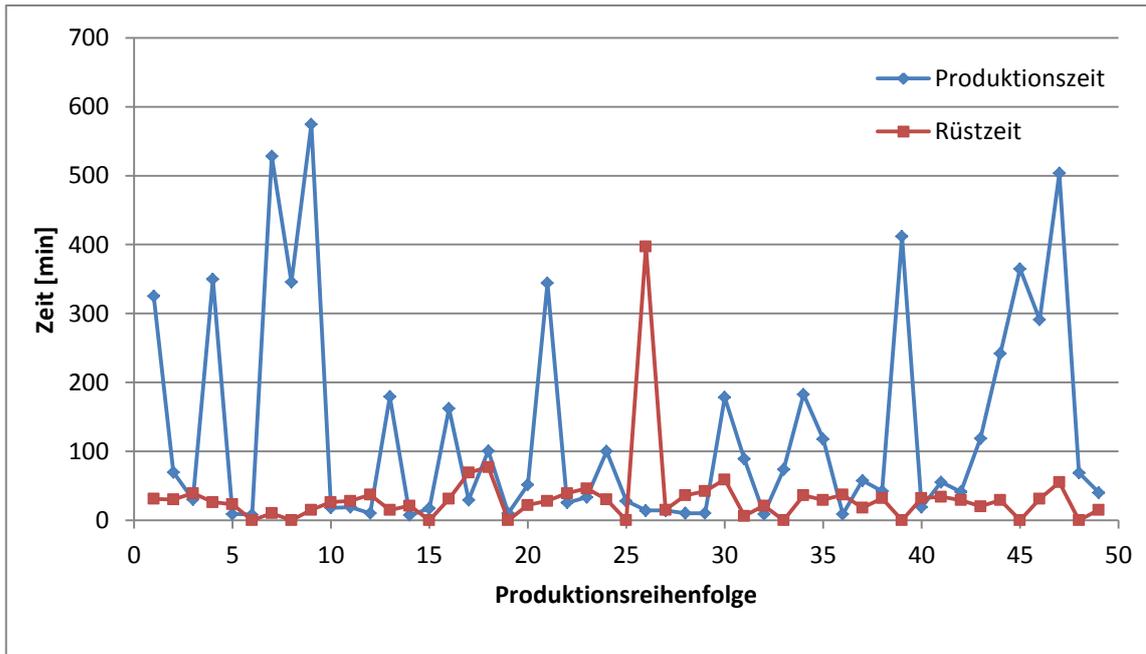


Abbildung 21: Beispiele für Produktions- und Rüstzeit je Charge

Silos																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	HZ	
							RS 3		RS 2	RS 29	RS 20	RS 7	RS 13	RS 12	RS 14	3	HP 1 PM: 12 t PZ: 116 min RZ: 21 min
			RS 10		RS 15			RS 21	RS 9		RS 20			RS 6	RS 16	1	HP 2 PM: 8 t PZ: 67 min RZ: 54 min
										RS 11			RS 24	RS 23	RS 25	0	HP 3 PM: 7 t PZ: 45 min RZ: 25 min
RS 32						RS 27	RS 26		RS 9		RS 28		RS 24	RS 23	RS 25	0	HP 4 PM: 3 t PZ: 23 min RZ: 23 min
RS 22		RS 31						RS 21		RS 11	RS 28		RS 17	RS 18	RS 19	2	HP 5 PM: 6 t PZ: 71 min RZ: 17 min
								RS 30	RS 1	RS 11		RS 7		RS 6	RS 8	2	HP 6 PM: 24 t PZ: 201 min RZ: 11 min
										RS 11	RS 20	RS 7	RS 5	RS 4	RS 8	3	HP 7 PM: 20 t PZ: 200 min

Abbildung 22 zeigt eine Skizze des Produktionsprozesses der DOS für den Zeitraum eines Tages im Zweischichtbetrieb. Die Silos sind mit 1 bis 16 und HZ für die Handzugabe nummeriert. Graue Silos sind für die Abfüllung von Feinmaterial, blaue für grobkörniges Material vorgesehen. Direkt unterhalb der Silos, abwechselnd in grün und weiß unterlegt, sind die Rohstoffe aufgeführt (bezeichnet mit RS 1 bis 36), die im Verlauf eines Produktionstages über dieses Silo abgefüllt wurden. Die Zahlen in den Handzugabe-Feldern geben an wie viele Rohstoffe je Halbprodukt per Hand beigefügt wurden. Die dicken Rahmenlinien umfassen jeweils ein Halbprodukt (bezeichnet mit HP 1 bis 7). PM gibt an, in welcher Menge das Erzeugnis hergestellt wurde, PZ ist die Produktionszeit und RZ die Rüstzeit. Die rot gekennzeichneten Felder zeigen an, welches Silo für das folgende Halbprodukt gereinigt werden musste. Wird das Silo vor der Verwendung eines Rohstoffes nicht gereinigt, war der Rohstoff bereits in dem Silo. Bei kurzfristigen Änderungen des Produktionsplans, weil zum Beispiel dringende Aufträge eingeschoben werden müssen, kann mitunter die Notwendigkeit der Reinigung aller Silos eintreten.

Silos																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	HZ	
							RS 3		RS 2	RS 29	RS 20	RS 7	RS 13	RS 12	RS 14	3	HP 1 PM: 12 t PZ: 116 min RZ: 21 min
			RS 10		RS 15			RS 21	RS 9		RS 20			RS 6	RS 16	1	HP 2 PM: 8 t PZ: 67 min RZ: 54 min
										RS 11			RS 24	RS 23	RS 25	0	HP 3 PM: 7 t PZ: 45 min RZ: 25 min
RS 32						RS 27	RS 26		RS 9		RS 28		RS 24	RS 23	RS 25	0	HP 4 PM: 3 t PZ: 23 min RZ: 23 min
RS 22		RS 31						RS 21		RS 11	RS 28		RS 17	RS 18	RS 19	2	HP 5 PM: 6 t PZ: 71 min RZ: 17 min
								RS 30	RS 1	RS 11		RS 7		RS 6	RS 8	2	HP 6 PM: 24 t PZ: 201 min RZ: 11 min
										RS 11	RS 20	RS 7	RS 5	RS 4	RS 8	3	HP 7 PM: 20 t PZ: 200 min

Abbildung 22: Skizze einer Produktionslinie der DOS mit 16 Silos plus einen Silo für die Handzugabe für einen Tag

An diesem Tag wurden sieben Produkte mit einer Gesamtmenge von 80 Tonnen hergestellt. Die Gesamtarbeitszeit beläuft sich auf 960 Minuten, wovon 723 Minuten auf den reinen Produktionsaufwand und 151 Minuten auf die Reinigung entfallen. Die Differenz von 86 Minuten ist auf gesetzliche Pausen und die Übergabe zwischen den Schichten zurückzuführen. Das erste Halbprodukt besteht aus elf Rohstoffen mit einer Produktionsmenge von zwölf Tonnen und einer Produktionszeit von 116 Minuten. Die Reinigung von fünf Silos nahm 21 Minuten in Anspruch. Vom zweiten Halbprodukt wurden acht Tonnen

aus acht Rohstoffen in 67 Minuten produziert und die anschließende Reinigung von vier Silos dauerte 54 Minuten. Beim siebten Halbprodukt wurde ein Teil der Gesamtmenge am folgenden Tag hergestellt, weshalb die Reinigung des Silos entfiel. Das vorliegende Beispiel zeichnet sich durch eine effektive Produktionsplanung aus, daran ersichtlich, dass durch die Reihung der Rezepturen und die Weiterverwendung einiger Rohstoffe die Rüstzeit minimiert wird.

Die folgenden Analysen wurden für den Zeitraum vom 01. Mai 2012 bis Ende April 2013 durchgeführt. In diesem Zeitraum wurden 365 unterschiedliche Halbprodukte in einer Gesamtmenge von 22.277 Tonnen hergestellt. Es wurden 206 Rohstoffe verwendet. In Abhängigkeit von der Nachfrage wurde im Zweischichtbetrieb und zum Teil an beiden Linien gearbeitet. Für dieses Jahr ergaben sich 245 Arbeitstage auf 584 Linien und somit im Schnitt 38,6 Tonnen Produktionsmenge je Linie und Schicht. Wird nur ein Produkt hergestellt, können fast 50 Tonnen produziert werden. Die Differenz lässt sich auf die Herstellung unterschiedlicher Produkte und der damit verbundenen Reinigungszeit zurückführen. Im Durchschnitt wurden pro Schicht und Linie 2,7 Rezepte hergestellt.

Abbildung 23 zeigt die durchschnittlich produzierte Menge je Schicht und Linie in Abhängigkeit von der Anzahl der Rezepte. Es zeigt sich, dass mit der Anzahl der Rezepte die durchschnittliche Produktionsmenge sinkt. Ausreißer, wie etwa bei 2,8 oder 5,5 Rezepten je Linie, wurden durch Probleme mit der Anlage bzw. besonders schnell oder langsam produzierte Massen verursacht.

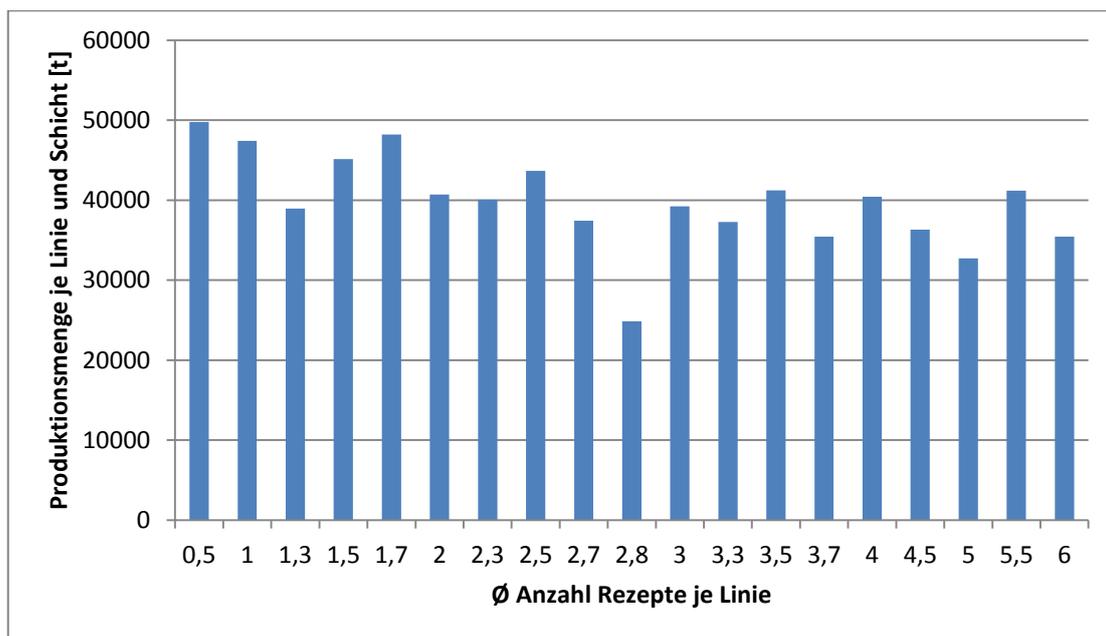


Abbildung 23: Durchschnittlich je Schicht und Linie produzierte Menge, abhängig von der Anzahl der Rezepte im Jahr 2012

Die in der DOS hergestellten Halbprodukte werden in den Mischanlagen weiterverarbeitet. In Tabelle 5 sind die Anzahl der Halbprodukte und deren Mengen aufgelistet, die von der DOS zu den unterschiedlichen Anlagen befördert werden. Es zeigt sich, dass die DOS hauptsächlich für die Mischanlage 5 produziert. Daraus folgt, dass es von Vorteil ist, wenn sich DOS und Mischanlage 5 in unmittelbarer Nähe befinden (Vgl. Kapitel 3.6), da man ansonsten mit erheblichen Staplerwegen rechnen muss.

Tabelle 5: Anzahl an Halbprodukten und -mengen, die von der DOS zu den Mischanlagen befördert werden

Anlage	Anzahl an Halbprodukten	Anzahl [%]	Menge [TO]	Menge [%]
Misch3	11	3,6	109	0,5
Misch4	12	3,9	217	1,0
Misch5	263	86,0	21666	97,1
ZMA/ZPA	20	6,5	321	1,4
Summe	306	100	22313	100

Es gibt zwei Dosieranlagen, die sich in der Kapazität, den technischen Gegebenheiten und ihrem Verwendungszweck unterscheiden. So werden in der manuell zu bedienenden, alten Dosieranlage nur dunkle Massen hergestellt, während mit der automatischen DOS hauptsächlich helle Massen produziert werden. Zwischen den Produkten ist ein Umrüsten der Anlagen erforderlich, wodurch zusätzlich zur Produktionszeit Zeit für Reinigung und Umfüllung der Silos benötigt wird. Nach der Abfüllung der Massen werden diese zu den Mischanlagen weitertransportiert, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

Mischanlagen

In diesem Kapitel wird der momentane Zustand der Abläufe bei den Mischanlagen und den Abpackanlagen veranschaulicht. Im südlichen Areal der Firma befinden sich die Mischanlagen 3-5, im nördlichen die Zentrale Mischanlage und die Zentrale Abpackanlage.

Mischanlage 5

In der Mischanlage 5 werden hochwertige Massen produziert. Sie verfügt über zwei Mischer, dem Eirich- und dem Wölleckemischer, und der Abpackanlage mit einer Absackanlage für Big-Bags und zwei für die Sackbefüllung sowie einem Sackpalettierer und einer Strema-Anlage. Von den Anlagen für die Sackbefüllung wird eine automatisch gesteuert und die andere ist manuell zu bedienen. Letztere wird nur im Notfall eingesetzt. Der Palettierer stapelt die erforderliche Anzahl an Säcken automatisch auf Paletten und diese werden dann in der Strema-Anlage, ebenso wie die Big-Bags, mit Folie verpackt. Die Verpackungsgröße der Big-Bags reicht von 250 bis 1500 Kilogramm, die der Säcke bis 25 Kilogramm.

Bedingt durch topografische Gegebenheiten gliedert sich die Anlage in zwei Ebenen. In der oberen Ebene der Anlage befinden sich die Mischer und in der unteren Absackanlage, Sackpalettierer und Strema-Anlage. Die Mischer sind über der Absackanlage angeordnet und durch das Öffnen einer Klappe nach dem Mischvorgang wird das Produkt in die Absackanlage abgelassen. Bei normaler Auftragslage werden die Mischer meist abwechselnd und nicht zeitgleich verwendet. Für die Bedienung eines Mixers werden zwei Personen benötigt und zwei bis drei Arbeiter je Absackanlage. Bei erhöhter Auftragslage wird im Zweischichtbetrieb und wenn erforderlich auch zeitgleich mit beiden Mixern gearbeitet. Somit sind je nach Auftragslage vier bis zehn Personen in der Mischanlage 5 beschäftigt.

Der Arbeitsablauf der beiden Mischer ist ähnlich. Unterschiede finden sich im Fassungsvermögen, der Produktionszeit und der Art der Halbproduktbefüllung. Ein Staplerfahrer transportiert die Big-Bags mit den Halbprodukten zum Mischer, dieser wird befüllt und anschließend wird der Mischvorgang gestartet. Um unnötigen Stillstand zu vermeiden, werden kleinere Rohstoffmengen während des Mischvorganges eingewogen, vorgerichtet und nach kurzer Mischdauer per Hand zugegeben. Für diesen Produktschritt muss der

Wöllechemischer dafür angehalten und wieder gestartet werden. Mit Ende des Mischvorgangs beginnt die Abfüllung der Masse durch die Absackanlage. Gleichzeitig werden Rückstellproben für die Qualitätssicherung aus dem Mischer gezogen, wobei eine zur Dokumentation des individuellen Mischvorganges genommen wird und die Andere für die Sammelprobe des ganzen Produktes. Ist die Herstellung des Produktes abgeschlossen, erfolgt die Reinigung der gesamten Anlage.

Die Befüllung des Eirichmischers erfolgt durch einen Kran, die des Wöllecke- über ein Förderband, wobei der Staplerfahrer hier für die Dauer der Befüllung gebunden ist. Der Eirichmischer fasst ca. 1,5 Tonnen, die reine Mischzeit beträgt ca. 70 Sekunden und die gesamte Produktionszeit, vom Start des Mischvorganges bis inklusive Absackung, variiert je nach Big-Bag Größe zwischen drei und zwölf Minuten pro Tonne. Näherungsweise gilt je größer der Big-Bag umso schneller geht die Entleerung des Mischers. 25 Kilosäcke werden nur selten befüllt, allerdings ist die Dauer der Abfüllung für einen 25 Kilogramm Sack geringer als für einen 250 Kilogramm Big-Bag. Der Wöllechemischer hat ein Fassungsvermögen von ca. einer Tonne, die Mischzeit liegt bei ca. 100 Sekunden und die gesamte Produktionszeit beträgt zwischen fünf und zwölf Minuten pro Tonne, wobei vorwiegend 25 Kilosäcke abgefüllt werden. Die Reinigungsdauer beträgt zwischen zehn und 45 Minuten, abhängig vor allem vom gemischten Material und ob sich das Material an der Mischerwand angesetzt hat oder nicht. Auch hier gibt es einen Unterschied zwischen Eirich- und Wöllechemischer: Ersterer unterstützt die Arbeiter durch eingebaute Luftdruckdüsen wodurch die Reinigungsdauer verkürzt wird.

Die folgenden Analysen wurden für den Zeitraum vom 01. Mai 2012 bis Ende April 2013 durchgeführt. Es wurde eine Gesamtmenge von 23.128 Tonnen hergestellt. Die meisten Produkte wurden in 25 Kilogramm Papiersäcken abgesetzt. Produktionsrelevante Daten von drei aufeinander folgenden Tagen sind in Tabelle 6 aufgelistet. Am ersten Tag wurden sechs Produkte und am zweiten Tag zwei Produkte mit dem Wöllechemischer in je zwei Schichten hergestellt. Am dritten Tag wurde in einer Schicht mit dem Wöllechemischer gearbeitet und in einer Schicht mit beiden Mixchern. Die Produktionszeit je Tonne zeigt Schwankungen auf, die sich auf die hergestellte Produktart zurückführen lassen. Beim Vergleich der Reinigungszeit und der Gesamtmenge ist ersichtlich, dass eine verringerte Produktanzahl in einer höheren Effektivität resultiert. So wurden am ersten Tag 80 Tonnen produziert und die Reinigungszeit betrug 153 Minuten, am Zweiten waren es 111 Tonnen und nur 55 Minuten und am Dritten wurden 159 Tonnen produziert und die Reinigungszeit für die Mischer betrug 190 Minuten.

Tabelle 6: Übersicht über die Abfüllmenge in Kilogramm, die Gesamtmenge in Tonnen, die Produktions- und Reinigungszeit sowie die Produktionszeit je Tonne in Minuten und die Verpackungsart je Mischer; die rot markierte Zeile zeigt das Ende eines Produktionstages mit zwei Schichten

Wöllecke Mischer						Eirichmischer					
Produkt	Verpackung	Gesamtmenge	Produktionszeit	Reinigungszeit	Produktionszeit je Tonne	Produkt	Verpackung	Gesamtmenge	Produktionszeit	Reinigungszeit	Produktionszeit je Tonne
		[t]	[min]	[min]	[min]			[t]	[min]	[min]	[min]
1	25kg Sack	31	296	32	10						
2	25kg Sack	8	69	20	9						
3	25kg Sack	3	30	30	10						
4	25kg Sack	36	320	25	9						
5	25kg Sack	1	10	21	10						
6	25kg Sack	1	10	25	10						
		80	735	153							
7	25kg Sack	69	500	25	7						
8	25kg Sack	42	318	30	8						
		111	818	55							
9	25kg Sack	78	544	10	7	10	500kg Big-Bag	46	228	20	5
13	25kg Sack	2	18	17	9	11	800kg Big-Bag	2	11	21	6
14	25kg Sack	2	18	26	9	12	250kg Big-Bag	6	58	19	10
15	25kg Sack	1	12	29	12						
16	25kg Sack	20	149	14	7						
17	25kg Sack	1	8	13	8						
18	25kg Sack	1	16	21	16						
		105	765	130				54	297	60	

Abbildung 24 zeigt die durchschnittlich produzierte Menge je Schicht in einfacher Besetzung, d.h. vier bis fünf Arbeitern, bezogen auf die Anzahl der Rezepte. Es wurde an 244 Arbeitstagen in 532 Schichten gearbeitet, womit im Schnitt 44 Tonnen und drei Rezepte pro Schicht hergestellt wurden. Es zeigt sich, dass mit der Anzahl der Rezepte die durchschnittliche Produktionsmenge sinkt. Ausreißer, wie etwa bei 1,7 oder 4,3 Rezepten, wurden z.B. durch Defekte der Anlage verursacht.

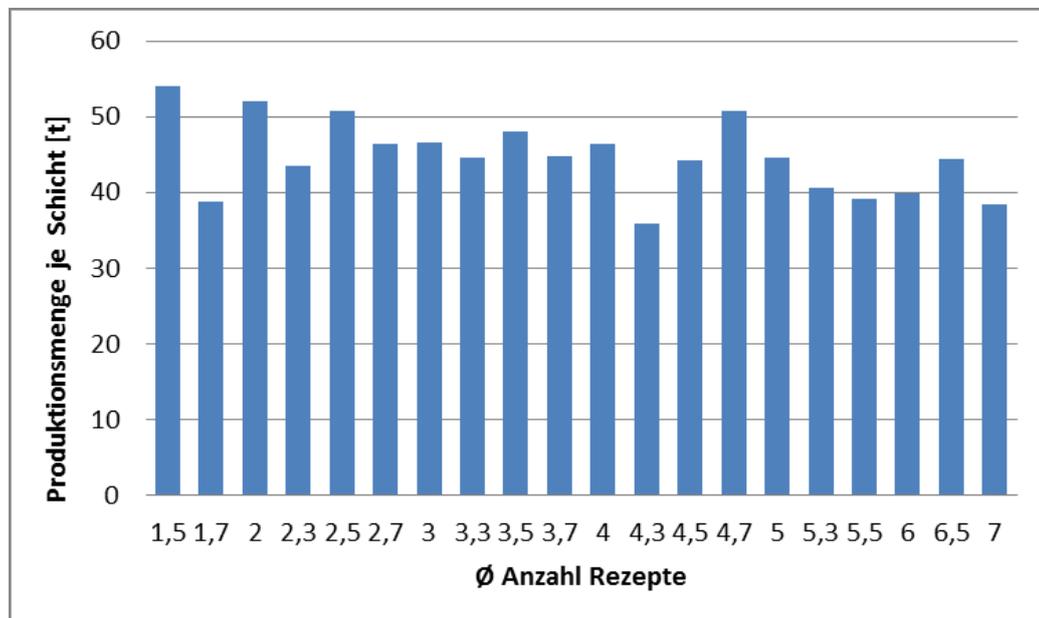


Abbildung 24: Durchschnittlich produzierte Menge je Schicht mit einfacher Besetzung bezogen auf die Anzahl der Rezepte im Jahr 2012

Beim Palettieren werden Einweg- und Europaletten mit unterschiedlichem Eigengewicht verwendet. Die Bestückung erfolgt bei beiden Arten mit 25 Kilosäcken oder diversen Big-Bag-Größen. Ein Problem stellt die Feuchtigkeitssättigung der Paletten dar, nicht bezogen auf die Art, sondern auf den Lagerort der Paletten. Das Normalgewicht einer Europalette liegt bei ca. zwölf Kilogramm. Durch Feuchtigkeitsaufnahme kann es auf bis zu 30 Kilogramm steigen. Bei der Verladung von zehn Paletten kann es im Extremfall dazu kommen, dass dem Kunden 180 Kilogramm zu viel verrechnet werden, ein Umstand der dem Ansehen des Unternehmens durchaus schaden kann.

Mischanlagen 3 und 4

Die Mischanlagen 3 und 4 werden bei Bedarf eingesetzt und nur der Vollständigkeit wegen erwähnt. Die Befüllung der Anlagen erfolgt manuell und somit ist ihr Betrieb aufwendiger. Des Weiteren gibt es keine Aufzeichnung des zeitlichen Ablaufs.

In der Mischanlage 3 werden vorwiegend feuchte Massen hergestellt und zum Großteil in 25 Kilogramm Plastikeimer abgefüllt. Vom 2. Mai 2012 bis 30. April 2013 wurden 818 Tonnen produziert. Im gleichen Zeitraum wurden 103 Tonnen in der Mischanlage 4 hergestellt und hauptsächlich in 25 Kilogramm Papiersäcken abgefüllt.

ZMA und ZPA

Die zentrale Mischanlage wird zur Produktion von einfachen Massen genutzt. Ca. 1973 erbaut, wird sie seitdem immer wieder auf den neuesten Stand gebracht und ihre Steuerung erfolgt derzeit durch die Programme MEGA[®] und MIC[®]. Die Anlage ist ca. 65 Meter hoch und umfasst mehr als 30 Silos für Rohstoffe, drei Klebsandboxen, einen Mischer und fünf Abfüllanlagen. Das Fassungsvermögen je Silo liegt zwischen 25 und 90 Tonnen, jenes der Klebsandboxen bei 45 und 90 Tonnen und das des Mixers bei fünf Tonnen. Die Abfüllanlagen werden als Puffer für die Zentrale Pack Anlage, kurz ZPA, genutzt, eine genauere Beschreibung findet sich weiter unten. Im Gegensatz zur DOS werden viele der insgesamt 85 hier eingesetzten Rohstoffe immer wieder über das gleiche Silo abgefüllt. Alle weiteren benötigten Rohstoffe werden als Handzugabe bezeichnet, auch wenn diese z.T. in Big-Bags angeliefert wird und über ein separates Silo eingefüllt werden.

In der Anlage sind im Einschichtbetrieb drei Arbeiter beschäftigt. Die ZMA produziert für die lose Verladung und für die zentrale Packanlage. Die lose Verladung hat immer Vorrang und wird so schnell wie möglich erledigt, da Stehzeiten der LKWs zusätzliche Kosten verursachen. Die Dauer der Abfertigung eines LKWs mit 24 Tonnen Fassungsvermögen beträgt ca. 25 bis 30 Minuten, aufgeteilt in Produktion und Beladung. Die Auftragserteilung erfolgt durch die Auftragsplanung, wobei der Zeitpunkt der Auslieferung sowie die Anzahl der LKW pro Tag angegeben werden. Der Bearbeitungszeitpunkt ist allerdings von der ZPA und der tatsächlichen Ankunft des LKWs abhängig. Kommen von neun LKW drei nicht am angekündigten Tag, sondern am Folgetag, können sich daraus Engpässe ergeben, da die Abfertigung von maximal zwölf LKW pro Tag möglich ist. Die eigentliche Auftragserteilung für lose Verladung erfolgt mit der Übergabe der Wiegekarte und Stückliste durch den LKW Fahrer. Der Auftrag wird in MEGA[®] eingegeben und nochmals mit der Bestellung verglichen, danach wird er an das Steuerprogramm MIC[®] gesendet, das Rezept ausgedruckt und außerdem an das Labor gesendet. MIC[®] teilt die Chargen pro Auftrag ein, z.B. werden für 24 Tonnen Produktionsmenge fünf mal 4,8 Tonnen hergestellt. Wie bei Mischanlage 5 werden auch hier Rückstellproben für die Qualitätssicherung genommen. Dieser Vorgang läuft automatisch während des Mischprozesses ab, ist allerdings oft fehleranfällig. Die Sicherung der Proben und deren Beschriftung ist nach wie vor Sache der Mitarbeiter.

Die Aufträge werden von der ZPA mittels Stückliste erteilt, indem ein ZPA-Mitarbeiter diese gemeinsam mit der Nummer der gewünschten Abfüllanlage in der ZMA abgibt. Die ZMA produziert schneller als die ZPA das Material weiterverarbeiten kann. Somit wird in den Abfüllanlagen der ZMA ein Vorrat geschaffen, um einem Stillstand der ZPA durch eingeschobene LKW-Befüllungen entgegen zu wirken. 2012 wurden in der ZMA 17.687 Tonnen lose Verladung und 32.061 Tonnen für die ZPA produziert.

Die Herstellung von dunklen Massen ist sehr zeitintensiv, weshalb sie, wenn möglich, nach vierzehn Uhr oder freitags durchgeführt wird, da zu diesen Zeitpunkten keine lose Verladung erfolgt und somit mehr Zeit zur Verfügung steht. Der hohe Zeitbedarf ergibt sich daraus, dass aus Gründen der Reinigung im Anschluss graue Massen produziert werden müssen.

In der ZPA arbeiten je nach Auftragslage vier bis sechs Leute. Die Abfüllung erfolgt direkt aus der ZMA in Big-Bags in den Größen von 500 Kilogramm bis 1500 Kilogramm sowie in 25 Kilosäcke aus Plastik oder Papier. Die Anlage verfügt über einen Sackpalettierer und eine Strema-Anlage. Die 25 Kilogramm Säcke werden mittels Förderband automatisch vom Palettierer zur Strema-Anlage transportiert, während die Big-Bags nach der Abfüllung mit dem Stapler zur Strema-Anlage gebracht werden müssen. Nach der Verpackung in Plastik wird die fertige Ware ins Lager gebracht.

Im Jahr 2012 wurden in der ZPA 29.602 Tonnen verpackt. Produziert wurde an 237 Tagen und im Durchschnitt wurden 124 Tonnen je Schicht hergestellt, wobei die Kapazität bei 190 Tonnen liegt. Somit zeigt sich, dass die Anlage nicht vollständig ausgelastet ist.

Tabelle 7: Tabellarische Übersicht der Anlagenspezifika

	neue DOS	Misch 5			ZMA	
		Eirich	Wöllecke	Absackanlage	loose	ZPA
Linien	2	1	1	1	1	1
Schichten	1-2	1-2	1-2	1-2	1	1
Arbeiter/Schicht und Linie	3	2	2	3	3	4-6
φ produziert je Schicht	40 t	44 t			94 t	124 t
Produziert Mai 2012 bis April 2013	22.277 t	23.128 t			17.686 t	32060 t
Anzahl an Produkten	325	215			315	
Produktionszeit je Tonne	4-12 min	3-4 min	5-8 min	1-5 min		
Reinigung	3-8 min je Silo	10-20 min	10-45 min			
	50 t	54 t			240 t möglich	190 t möglich

In diesem Kapitel wurden die Produktionsabläufe der unterschiedlichen Anlagen im Detail beschrieben. Eine Übersicht der Anlagenspezifika ist in Tabelle 7 dargestellt. Es zeigt sich, dass einige Anlagen nur wenig verwendet werden, wie z.B. die Mischanlage 3 und 4, und dass in anderen Potential für Verbesserungen vorhanden ist, wie z.B. eine effektive Reihung nacheinander herzustellender Produkte. Um Optimierungsmaßnahmen zu verifizieren, wurde die Produktpalette der EKW mit besonderem Augenmerk auf die Absatzmenge und -häufigkeit analysiert. Dies ist Inhalt des folgenden Kapitels.

3.4 Produktanalyse

Die abgesetzten Mengen der vergangenen Jahre werden in diesem Kapitel verglichen und im Detail das Jahr 2012 in Hinblick auf Absatzmenge und Absatzschwankungen analysiert. Durch eine XYZ-Analyse wurde die Häufigkeit der Herstellung der Produkte ermittelt. Ein

Ziel dieser Analyse ist es zu eruieren ob die Produktpalette in Haupt- und Nebenläufer eingeteilt werden kann. Sie wird exemplarisch an einem Produkt dargestellt.

In den letzten sieben Jahren wurden 521 unterschiedliche Produkte hergestellt. Abbildung 25 zeigt die jährliche Summe der abgesetzten Menge dieser Erzeugnisse. Besonders auffallend ist der Absatzeinbruch im Jahr 2009, der sich auf die Wirtschaftskrise zurückführen lässt.

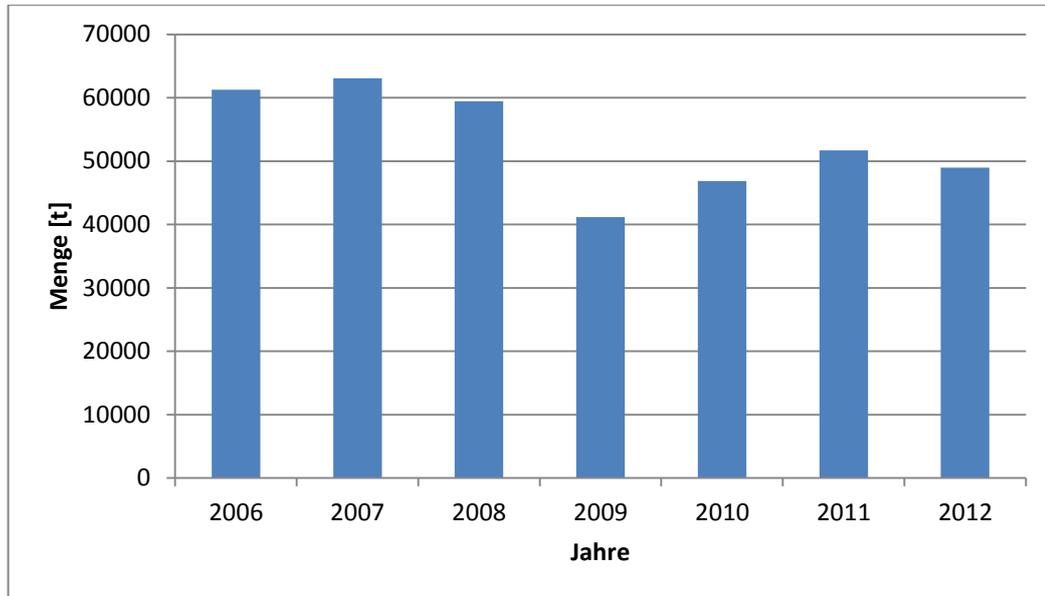


Abbildung 25: Pro Jahr abgesetzte Mengen in Tonnen

Monatlich abgesetzte Mengen der Jahre 2006-2012 werden in Abbildung 26 dargestellt. Im März und Juli treten Absatzspitzen auf. Diese können auf die in der Eisen- und Nichteisenbranche üblichen Ofenzustellzeiten, April/Mai und September/August, zurückgeführt werden. Zu den Zeiten der Absatzspitzen stößt die Produktion an ihre Kapazitätsgrenzen.

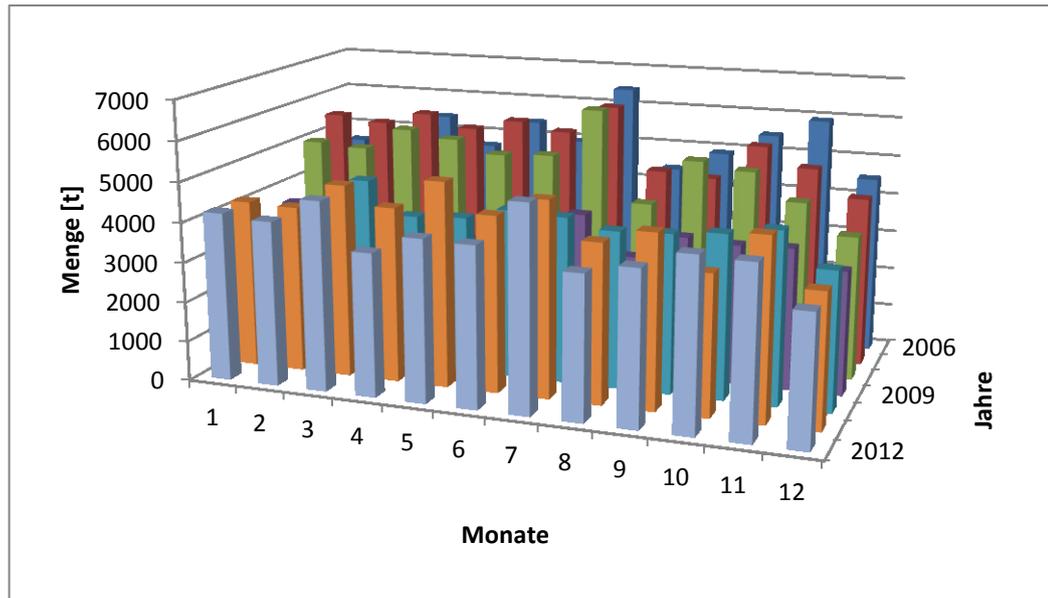


Abbildung 26: Darstellung der monatlich abgesetzten Menge in Tonnen der Jahre 2006-2012

Tabelle 8 zeigt die Gegenüberstellung der Anzahl der bestellten Produkte der Absatzmenge des Jahres 2012. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird die Absatzmenge in Bereiche eingeteilt. Im Jahr 2012 umfasste die Produktpalette der EKW über 400 Produkte mit einer Jahresabsatzmenge von über 48.000 Tonnen. Von 131 Produkten wurden weniger als zehn Tonnen produziert, bei 22 davon sogar weniger als eine Tonne. Von 119 Produkten wurden zwischen zehn und 100 Tonnen und von 79 Produkten über 100 Tonnen hergestellt. Einem Vergleich der abgesetzten Produkte des Jahres 2012 und der Produktpalette der Firma von 2013 zeigte, dass ca. 93 Produkte im Jahr 2012 überhaupt nicht verkauft wurden. Die prozentuale Absatzmenge veranschaulicht, dass weniger als ein Viertel der angebotenen Produkte den Großteil der Absatzmenge ausmachen.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Anzahl an bestellten Produkten gegenüber der Absatzmenge

Anzahl der Produkte	Absatzmengen Bereiche	Gesamte Absatzmenge [t]	Gesamte Absatzmenge [%]
93	0 t	0	0
131	von 0 bis 10 t	490	1
119	von 10 bis 100 t	4625	10
79	ab 100 t	43121	89
422	Summe	48236	100

Tabelle 9 zeigt die Anzahl der Firmen im Vergleich mit der gesamten Bestellmenge. Zur besseren Übersicht wurden die Bestellmengen in Bereiche eingeteilt. Im Jahr 2012 finden sich Aufträge von 377 Kunden, wobei 130 Firmen Bestellungen von unter zehn Tonnen, 151 Firmen zwischen zehn und 100 Tonnen und 96 Firmen über 100 Tonnen getätigt haben. Es zeigt sich, dass rund ein Viertel der Firmen 87 Prozent der Bestellungen in Auftrag gegeben haben. Der Großteil der Kunden erteilte Aufträge im Bereich bis 100 Tonnen, die in Summe nur 13 Prozent der gesamten Bestellmenge ausmachten. Im Bereich bis zehn Tonnen, vor allem bei Bestellungen unter einer Tonne, werden oft spezielle Produkte angefordert, die gesondert und im ganzen Jahr nur für diese eine Firma produziert werden. Wie in Kapitel 3.3 beschrieben ist es in Hinblick auf die Effizienz von Vorteil wenn größere Mengen des gleichen Produktes bestellt werden oder kleinere Bestellmengen nacheinander produziert werden können. Dennoch werden auch Aufträge für unter 800 Kilogramm angenommen. Dabei wird nicht unterschieden, ob der Kunde im Jahresschnitt auch Bestellungen im höheren Mengenbereich tätigt oder das geforderte Produkt das Einzige im ganzen Jahr durch den Kunden bestellte Erzeugnis ist. So wurden z.B. im Jahr 2012 durch die Firma Gienanth GmbH insgesamt 446 Tonnen an diversen Produkten bestellt, weshalb ein Auftrag von 50 Kilogramm eines fast ausschließlich für die Firma hergestellten Produktes, ebenfalls angenommen wurde. Die Gründe dafür liegen im Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit, des Kundenerhalts sowie der Gewährleistung der Flexibilität. Im Vergleich dazu wurde von der Firma Babock Borsig im ganzen Jahr nur ein Auftrag für 200 Kilogramm erteilt. Dieses Produkt wird nur für diese Firma produziert. Da die Produkte eine begrenzte Haltbarkeit haben, muss der Produktionsüberschuss als Verlust gewertet werden.

Tabelle 9: Gegenüberstellung von gesamter Bestellmenge in Tonnen und Anzahl der bestellenden Firmen

Anzahl der Firmen	Bestellmengen Bereiche	Gesamte Bestellmenge [t]	Gesamte Bestellmenge [%]
130	von 0 bis 10 t	456	1
151	von 10 bis 100 t	5750	12
96	ab 100 t	42771	87
377	Summe	48977	100

Im Folgenden wird anhand des Produktes „Eka-Cast 40/6“ die Produktanalyse erläutert. Je Produkt werden fünf Diagramme erstellt: abgesetzte Jahresmenge, abgesetzte Menge im Monats/Jahresvergleich, die abgesetzte Menge je Kunde, je Verpackungsart und nach Produktionsdatum. Abbildung 27 zeigt, dass die Produktion des Erzeugnisses mit 2007 aufgenommen wurde, der Absatz bis 2008 stark und weiter bis 2010 angestiegen ist und dass nach einem Absatzeinbruch im Jahr 2011 die Verkaufszahlen wieder stark zugenommen haben.

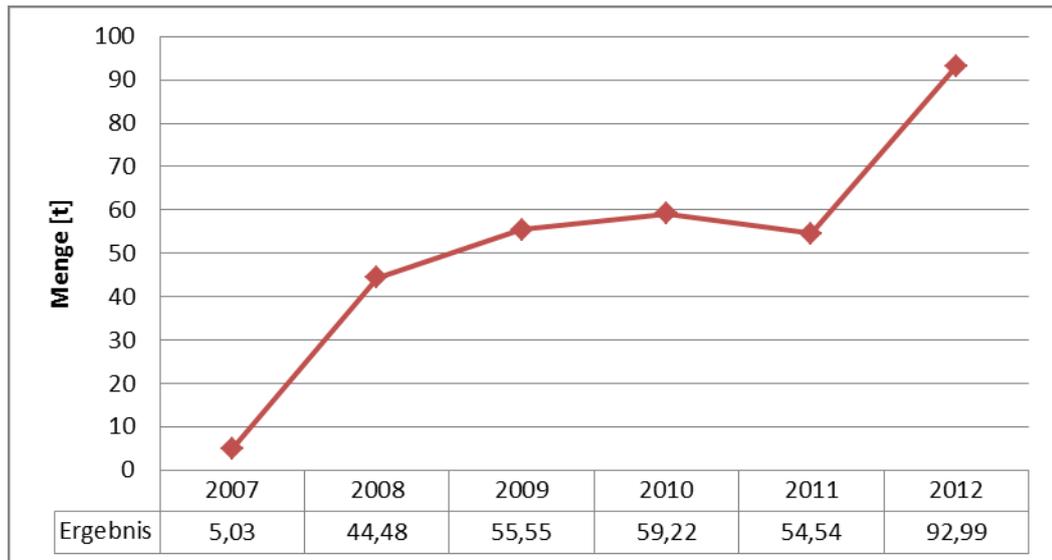


Abbildung 27: Jährliche Absatzmenge in Tonnen der vergangenen 7 Jahre

Aus Abbildung 28 ist ersichtlich, dass die Absatzsteigerung im Jahr 2012 von knapp 40 Tonnen zum Großteil einem Kunden zuzuschreiben ist. Mögliche Gründe können Neugründung der Firma, der Gewinn eines Neukunden und, wie in diesem speziellen Fall, der Bau eines neuen Ofens und der damit verbundenen Ofenzustellung sein.

Des Weiteren zeigt Abbildung 28, dass das Produkt nur von einem Kunden in großen Mengen, von anderen Firmen meist in kleinen Mengen gekauft wird.

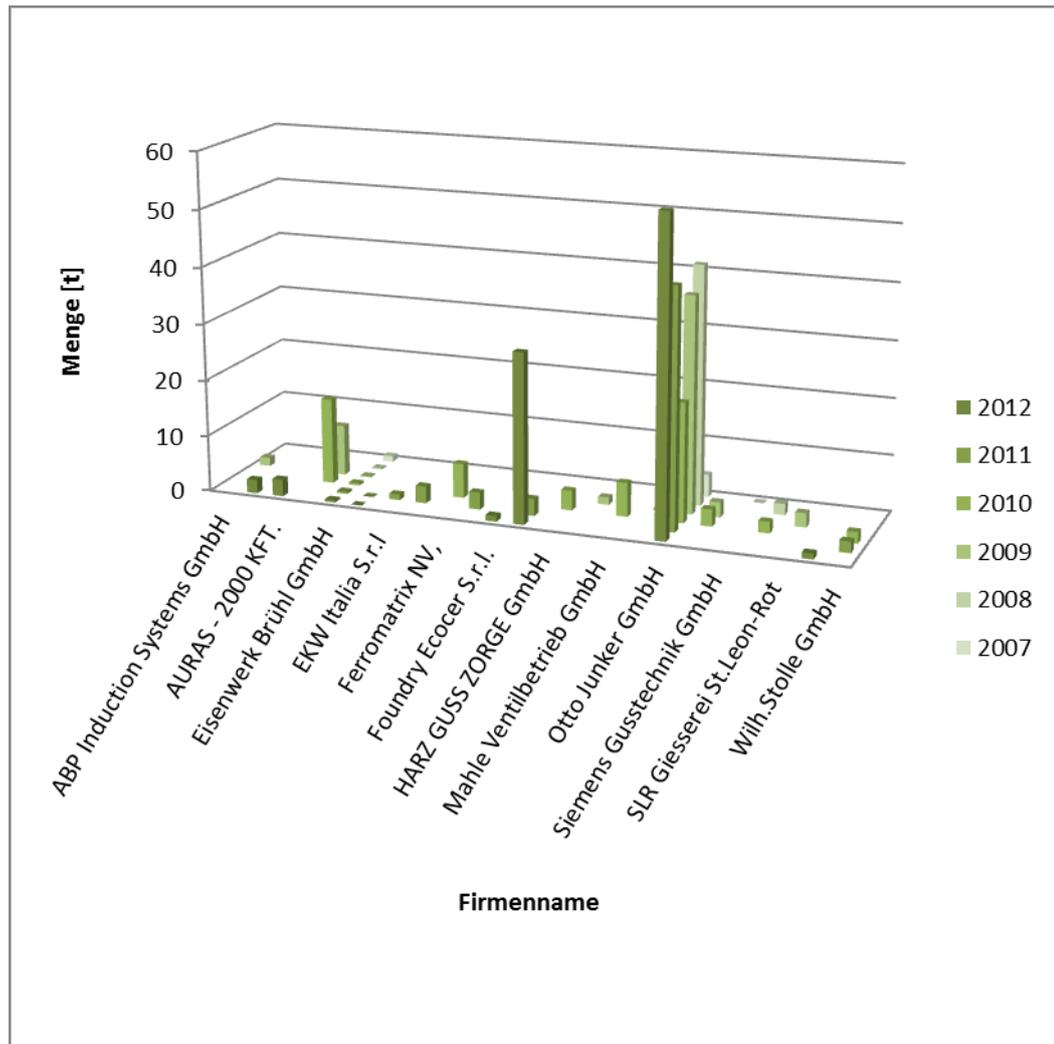


Abbildung 28: Darstellung der pro Kunde abgesetzten Mengen der vergangenen 7 Jahre

Abbildung 29 zeigt die abgesetzte Menge nach Monaten und Jahren. Das Produkt wird im gesamten Jahr verkauft. Im Jahr 2012 zeigen sich Absatzspitzen im August und November, der Höchstabsatz 2011 erfolgte im August und 2010 fanden sich die Absatzmaxima im April und August. Die Absatzspitzen im April und August korrelieren mit den in der Eisen- und Nichteisenindustrie üblichen Zeiten für Ofenzustellungen.

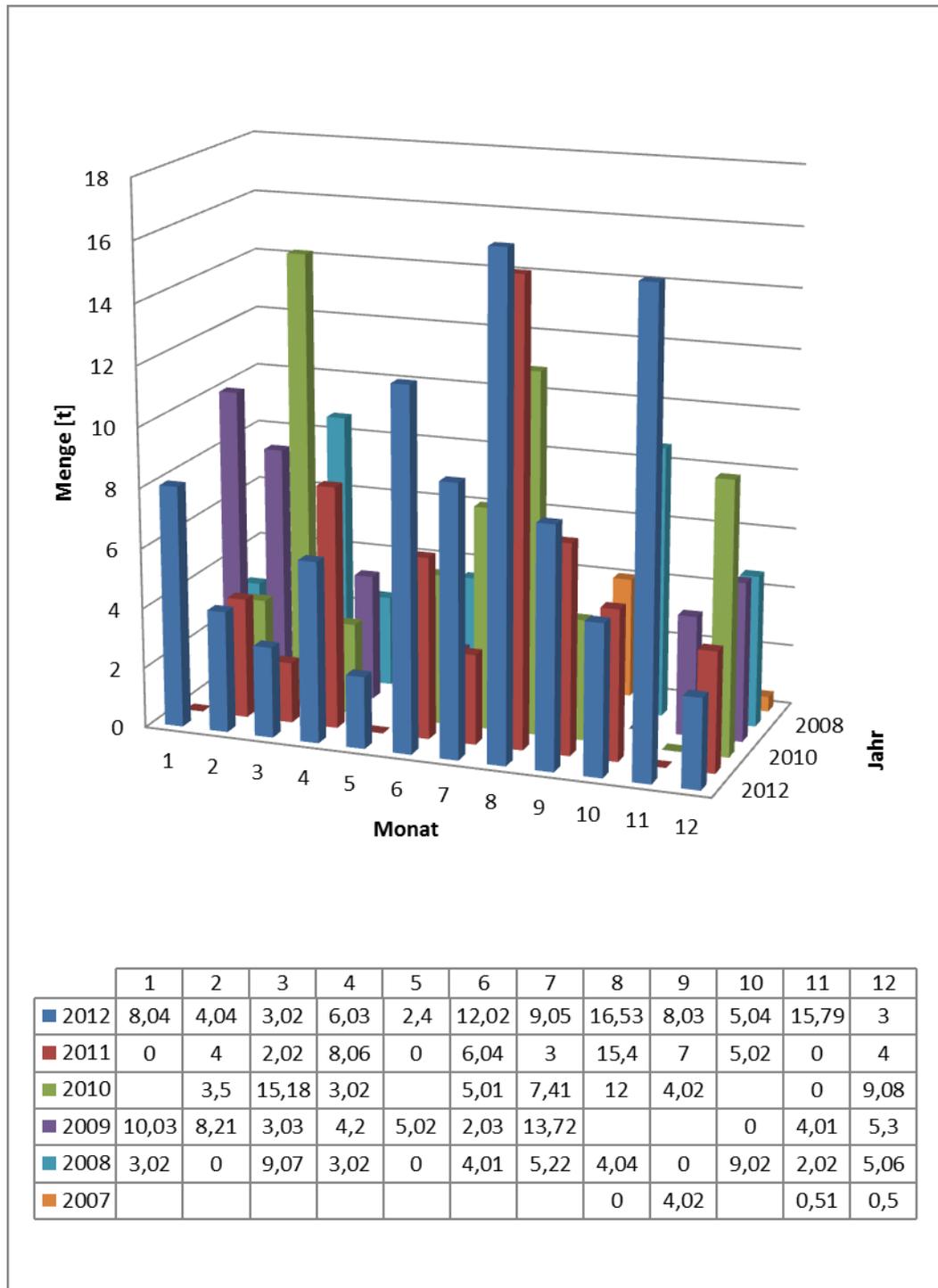


Abbildung 29: Darstellung von monatlichen Absatzzahlen im jährlichen Vergleich

Die abgesetzte Menge je Verpackungsart ist in Abbildung 30 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich. Die Firma bietet viele unterschiedliche Möglichkeiten der Verpackung an, wie Big-Bags mit einer Tonne Fassungsvermögen, 25 Kilosäcke oder auch Kübel, um nur die Gängigsten zu nennen. Unterschiedliche Verpackungsart bezieht sich auch darauf, dass Kunden verschiedene Aufdrucke wünschen wie z.B. den eigenen Firmennamen als Aufdruck auf den Big-Bag oder eine andere Produktbezeichnung. Es zeigt sich, dass dieses Produkt immer in der gleichen Verpackung abgesetzt wird.

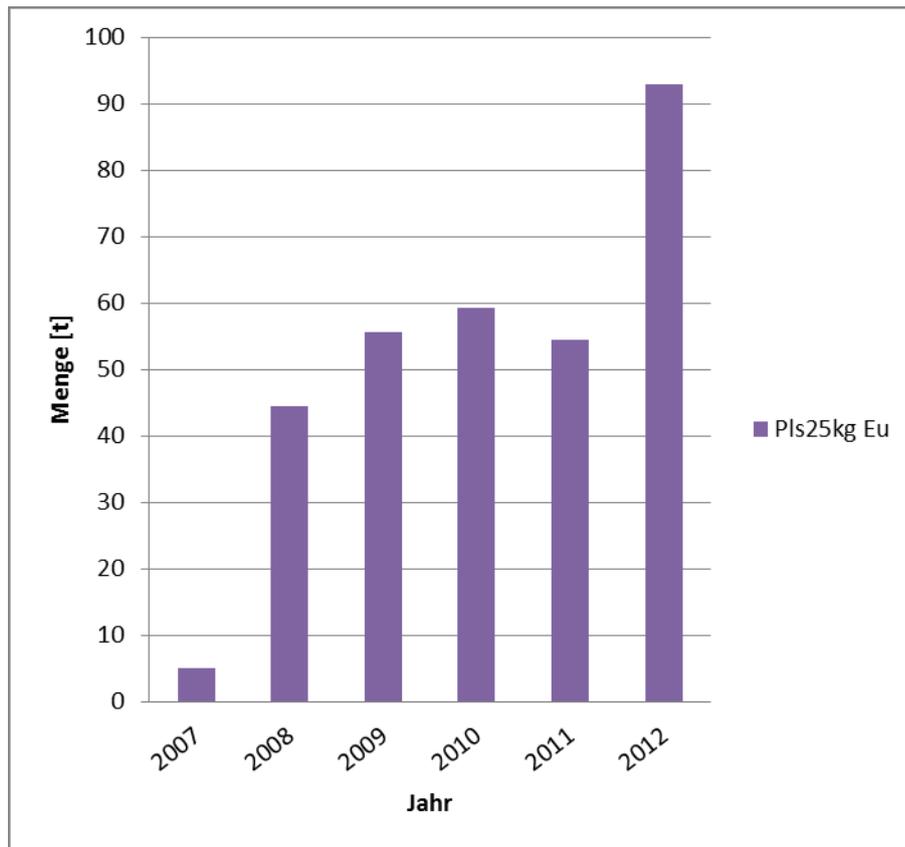


Abbildung 30: Abgesetzte Menge je Verpackungsart

In Abbildung 31 wird die Produktionsmenge dem Produktionsdatum gegenübergestellt. Das Produkt wurde 2011 in den Monaten Jänner, März bis Mai und September in ähnlichen Mengen hergestellt. Im August und Dezember wurden mehrmals geringere Mengen produziert. Im Jahr 2012 zeigen sich im Jänner, Februar und April drei Produktionsmaxima, welche den absoluten Minima im Jänner und März gegenüberstehen. Im Juni, August, Oktober, November und Dezember wurde das Produkt in ca. der gleichen Menge hergestellt.

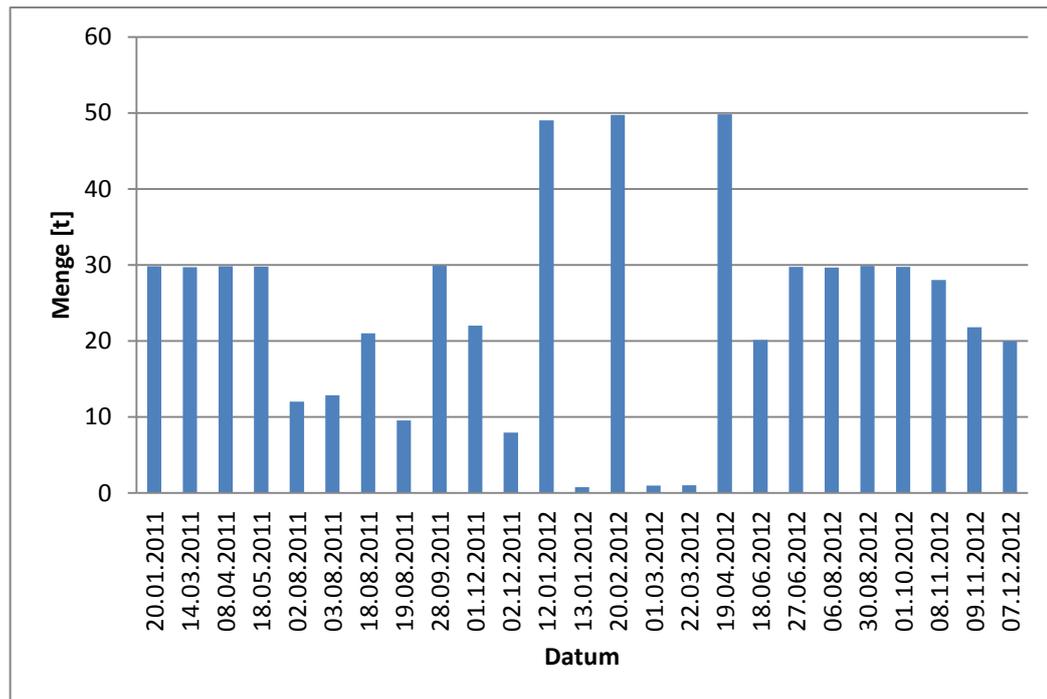


Abbildung 31: Aufschlüsselung der Absatzmenge nach Produktionsdatum für 2011 und 2012

Diese fünf Diagramme dienen als Grundlage für die produktspezifische Analyse von 521 unterschiedlichen Produkte, die in den letzten sieben Jahren hergestellt wurden.

Im Zuge der Produktanalyse wurde festgestellt, dass sowohl Wasser, als auch Klebsand, die beide in der Produktion von Massen eingesetzt werden, dem Kunden nur zu geringen Teilen weiterverrechnet werden. Klebsand wird am Standort Eisenberg abgebaut, woraus sich Kosten für den Abbau, die Aufbereitung und Lagerung ergeben. Die Einbeziehung des Klebsandes in die Produktkosten erfolgte erst vor ca. vier Jahren und entspricht mit fünf Euro pro Tonne den Produktionskosten des Klebsandes. Eine schrittweise, jährliche Angleichung mit dem Ziel der Gewinnerwirtschaftung ist in Planung, während Wasser, obwohl Kostenverursacher, weiterhin ein für den Kunden kostenloser Bestandteil der Produkte ist.

Bei genauer Betrachtung der Rohstoffe wurde festgestellt, dass im Jahr 2012 der Verbrauch von einigen Materialien gering war. Zudem wurden einige dieser Rohstoffe in Produkten eingesetzt, die nur in geringen Mengen und z.T. nur an eine Abnehmerfirma verkauft wurden, die ihrerseits im gesamten Jahr nur dieses Erzeugnis in Auftrag gegeben haben. Da viele Rohstoffe erst ab bestimmten Mindestbestellmengen angekauft werden können, entsteht ein Überschuss, der entweder Lagerkapazität beansprucht oder durch die Entsorgung der nicht verbrauchten Rohstoffe als Verlust verbucht werden muss. In Tabelle 10 ist ein Auszug der Rohstoffanalyse dargestellt. Die Rohstoffnamen wurden durch alternative Bezeichnungen ersetzt.

Tabelle 10: Auszug aus der Rohstoffanalyse für das Jahr 2012

Rohstoff	Verbrauchte Menge des Rohstoffes	In wievielen Produkten	Produzierte Menge	Verkaufte Menge vom Produkt	Welcher Kunde	Abgenommene Produkte vom Kunden	Abgenommene Menge vom Kunden
	[kg]		[t]	[t]			[t]
Rohstoff 1	5,25	1	1,05	1,01	Kunde 1	8	11,7
Rohstoff 2	1,1	1	1,1	0,97	Kunde 2	1	0,97
Rohstoff 3	19,25	1	1,1	1,02	Kunde 3	6	25,27
Rohstoff 4	86	1	8,6	2x2	Kunde 4	1	4

Die Analyse der Produktpalette zeigt auf, dass eine große Anzahl der angebotenen Erzeugnissen in den vergangenen Jahren gar keinen Absatz fanden, Produkte teilweise nur in geringen Mengen bestellt wurden und dass die Produktpalette ständig erweitert wird. Als Grund dafür ist der eigene Anspruch an Flexibilität dem Kunden gegenüber und die damit verbundene kundenspezifische Produktion anzuführen. Außerdem werden bereits verbesserte Produkte gleichzeitig mit den ursprünglichen angeboten weil die Neuerungen dem Kunden zu wenig kommuniziert werden. Damit Optimierungsmaßnahmen formuliert werden können ist es zudem notwendig das Bestellverhalten der Kunden zu analysieren. Diese Analyse wird im folgenden Kapitel erläutert.

3.5 Bestellverhalten der Kunden

Ziel der EKW ist es, Kundenbestellungen innerhalb von zehn Werktagen an den Kunden zu liefern, um somit gegen größere Firmen bestehen zu können. Diese können durch große Produktionsmengen ihre Waren zu niedrigeren Preisen anbieten, sind dafür aber weniger flexibel in Hinblick auf die Auslieferungszeit. In den einzelnen Abteilungen der Firma gibt es Kontroversen in Punkto Einhaltung der Auslieferungszeit. Ein Teil vertritt die Meinung, dass die vorgegebenen zehn Werktagen dem IST-Zustand bei Kundenbestellungen entspricht, die andere Seite befindet hingegen zwei Tage als zutreffender. Aus diesem Grund wurde eine Analyse des Bestellverhaltens der Kunden durchgeführt. Alle Bestellungen eines Monats wurden mit besonderem Augenmerk auf die Zeitspanne zwischen Bestellungseingang und gewünschtem Lieferdatum evaluiert.

Für die EKW besteht durch die Zeitspanne von zehn Werktagen ab Bestellung die Möglichkeit effizient zu produzieren, indem mehrere Bestellungen gleicher Rezeptur zusammen und ähnliche Produkte nacheinander hergestellt werden. So können die Rüstzeiten erheblich reduziert werden (vgl. Kapitel 3.2), wodurch sich die Zeit für die Produktion verkürzt und die Menge erhöht. In den Monaten besonders starker Auslastung ist es dennoch nicht immer möglich die vorgegebene Zeit einzuhalten.

Zur Ermittlung der zur Verfügung stehenden Zeit für die Produktion müssen folgende Punkte beachtet werden: Zeitpunkt des Bestellungseingangs und der Bestellsannahme/-bearbeitung sowie die Art der Lieferung. Wird die Bestellung vom Kunden am Abend oder vor Wochenenden eingereicht, erfolgt die Annahme erst am folgenden Werktag und somit verkürzt sich die durch das Auslieferungsdatum zur Verfügung stehende Durchlaufzeit um zumindest einen Tag. Für den Warenabgang gibt es zwei Möglichkeiten: die Auslieferung erfolgt durch die EKW oder die Ware wird durch den Kunden abgeholt, d.h. entweder über einen Spediteur oder eigenverantwortlich. Die Relevanz liegt darin, dass bei Ersterem die Ware erst bei der Ankunft beim Kunden als ausgeliefert gilt, während bei Kundenabholung bereits die Übergabe ab Werk als Auslieferung gilt. Wenn z.B. ein österreichischer Kunde an einem Freitag den 15. am Abend zehn Tonnen eines Produktes bestellt und als

Lieferart die Zustellung durch die EKW am Montagnachmittag den 25. angibt, erfolgt die Bestellungsbearbeitung am Montag den 18. und somit auch die Aufnahme in den Produktionsplan. Die Übergabe an das Transportunternehmen muss spätestens mit Donnerstag erfolgen, da die Transportdauer und Beschränkungen in den Fahrzeiten berücksichtigt werden müssen. Somit stehen für die Produktion vier Tage zur Verfügung.

Die Bestellanalyse wurde für den Monat Mai durchgeführt. 466 Kundenbestellungen inkludierten Aufträge für die Produktion, wobei ein oder mehrere Produkte je Bestellung geordert wurden. Daraus resultierten 584 Produktionsaufträge. Zusätzlich wurden Bestellungen für Handelsware und lose Verladung erteilt, wobei die Handelsware für die Produktion und die lose Verladung für die Auftragsplanung unerheblich ist.

In Abbildung 32 wird die Anzahl an Produktionsaufträgen der für die Herstellung zur Verfügung stehenden Zeit in Tagen gegenübergestellt. Die Kundenwünsche sind in blau dargestellt und die durch die Produktion tatsächlich mögliche Zeit ist in rot hervorgehoben. Um einen Vergleich anstellen zu können, wurden die Werte vom Zeitpunkt der Bestellungsbearbeitung ausgehend berechnet. Es zeigt sich, dass der Großteil der Kunden eine Durchlaufzeit von unter fünf Tagen bevorzugt, was sich deutlich von den angesetzten zehn Werktagen unterscheidet.

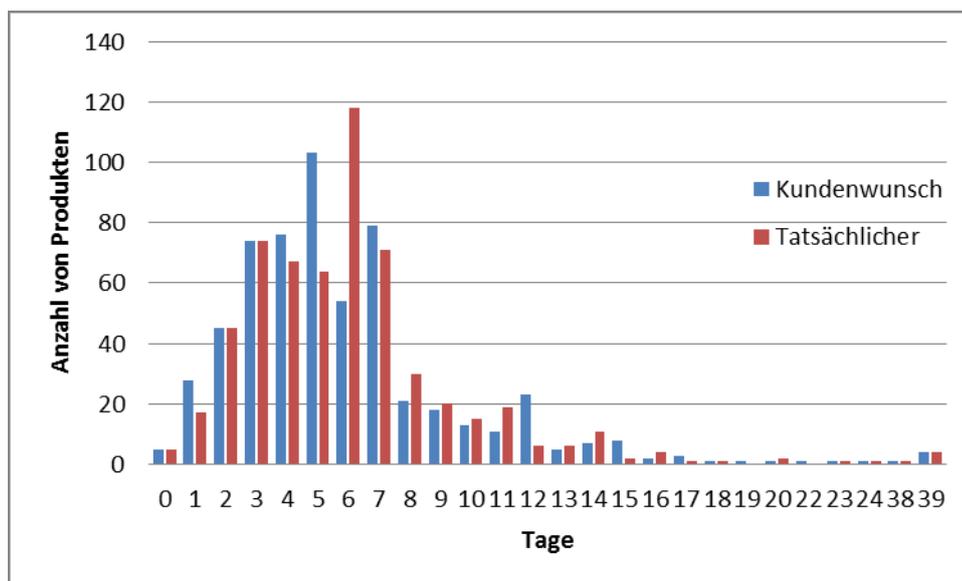


Abbildung 32: Gegenüberstellung von bestellten Produkten und der zur Verfügung stehenden Zeit für die Produktion in Tagen nach Kundenwunsch und tatsächlicher Zeit

Die Auftragsmenge wird der zur Verfügung stehenden Zeit für die Produktion in Abbildung 33 gegenübergestellt. In blau sind die Kundenwünsche, in rot die tatsächlich möglichen Zeiten hervorgehoben. 552 Tonnen wurden im Monat Mai mit einer Durchlaufzeit von fünf Tagen bestellt. Aus Abbildung 32 ist ersichtlich, dass die 552 Tonnen aus 103 Aufträgen für die Produktion resultierten.

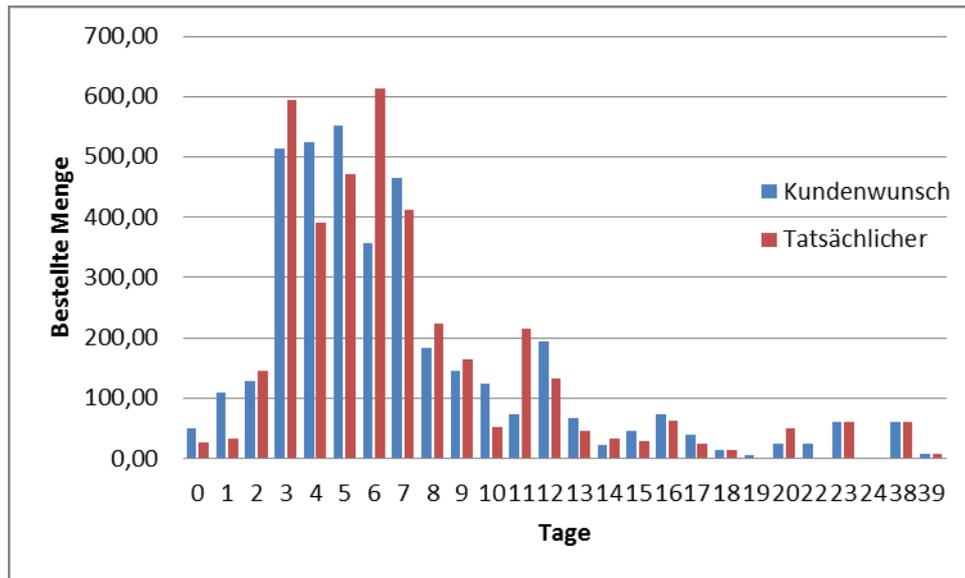


Abbildung 33: Gegenüberstellung von Auftragsmenge in Tonnen und zur Verfügung stehenden Zeit für die Produktion in Tagen nach Kundenwunsch und tatsächlicher Zeit

Tabelle 11 zeigt, wie oft ein Produkt im Monat Mai bestellt wurde. In Summe wurden 188 unterschiedliche Produkte 584 Mal bestellt. Diese Anzahl ist nicht zu verwechseln mit der abgesetzten Menge in dem Monat, weil Produktion und Verkauf nicht zwangsläufig im gleichen Monat erfolgen müssen. Von 188 verschiedenen Produkten wurden 78, also beinahe die Hälfte, nur einmal bestellt. In Hinblick auf die Produktionszeit ist diese Tatsache ungünstig, da bei der aufeinanderfolgenden Produktion von unterschiedlichen Erzeugnissen die Anlagen gereinigt werden müssen und sich somit die Rüstzeiten erhöhen. Aus Sicht der Produktion ist daher die mehrmalige Bestellung eines Produktes zu bevorzugen.

Tabelle 11: Häufigkeit der Bestellung von unterschiedlichen Produkten

Anzahl der Bestellungen je Produkt	Anzahl der Produkte	Menge [TO]
1	78	478
2	40	621
3	21	448
4	15	450
5	6	234
6	7	159
7	5	60
8	2	73
9	3	74
10	1	30
11	2	84
12	2	76
13	2	164
15	2	108
16	1	249
25	1	558
584	188	3864

Durch eine ABC-Analyse wurde ermittelt wie sich die Anzahl an Produkten zur bestellten Menge verhält, dargestellt in Tabelle 12. Eine grafische Darstellung findet sich in Abbildung 34. Die Bestellmenge wurde in Bereiche untergliedert. Ein Großteil der bestellten Produkte resultiert in nur zwölf Prozent der gesamten monatlichen Bestellmenge. 75 Produkte wurden im Bereich ab zehn Tonnen bestellt, woraus sich die Bestellmenge von 3390 Tonnen ergibt. Somit sind 88 Prozent der Bestellmenge weniger als der Hälfte der bestellten Produkte zuzurechnen.

Tabelle 12: ABC-Analyse der Anzahl der Produkte sowie der gesamten Bestellmenge

Produkte	Bestellmengen Bereiche	Gesamte Bestellmenge [t]	Gesamte Bestellmenge [%]
113	von 0 bis 10 t	474	12
70	von 10 bis 100 t	2282	59
5	ab 100 t	1108	29
188	Summe	3864	100

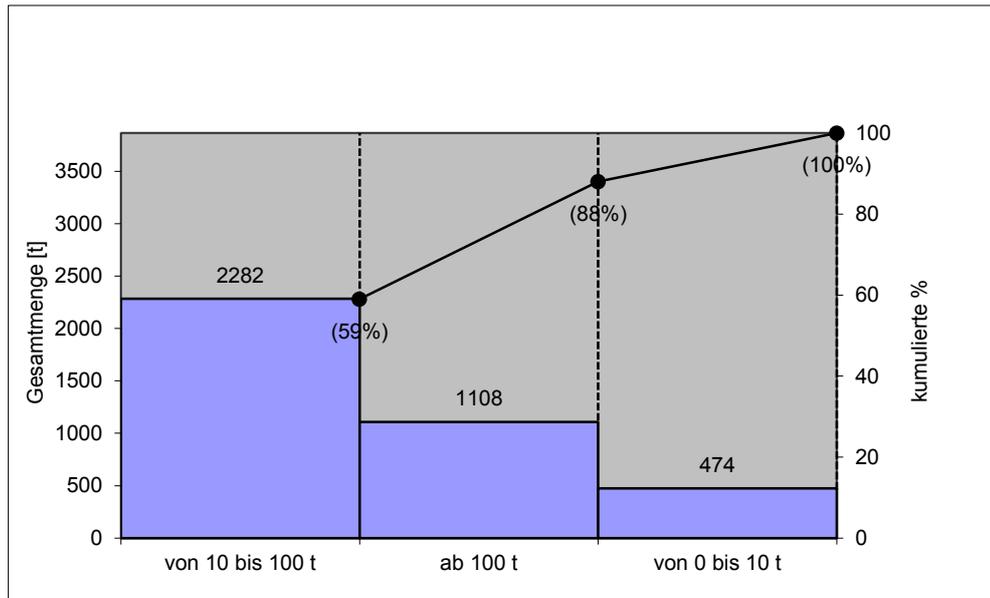


Abbildung 34: Grafische Darstellung der Daten aus Tabelle 12 in Form eines Paretodiagramms

Im Folgenden wird der Ablauf von der Bestellung bis zur Auslieferung exemplarisch an einem Erzeugnis dargestellt. Das Beispielprodukt mit der Bezeichnung „EKA Flow 70/5“ ist eines der am häufigsten hergestellten Produkte, mit einem Absatz von 481 Tonnen im Jahre 2012. Aufgrund der hohen Bestellquote und einer Lagerfähigkeit von sechs Monaten, kann es auch auf Lager produziert werden.

Tabelle 13 zeigt einen Überblick der produktionsrelevanten: das Datum des Auftragseingangs, der Auftragsbearbeitung und der gewünschten Lieferung, die Transportdauer in Tagen, die Herstellzeit, die Verpackungsart und die Auftragsmenge. Das Produkt wurde in 250 Kilogramm Big-Bags und in 25 Kilogramm Säcken bestellt. Abgesehen vom Monatsanfang ging beinahe täglich eine Bestellung dieses Erzeugnisses ein. Die Transportdauer ist abhängig davon, ob die EKW mit der Lieferung beauftragt wurde oder ob der Kunde die Ware ab Werk bezogen hat. Bei Letzterem sind null Tage für die Transportdauer eingetragen, während ein Wert anzeigt, dass Auslieferung durch die EKW erfolgte. Die zur Verfügung stehende Produktionszeit schwankt zwischen null und acht Tagen. Bei der Bestellung vom 15. wurde für die Produktion null Tage angesetzt. Dass die Auslieferung des Produkts mit 21. dennoch bewerkstelligt werden konnte, ist darauf zurückzuführen, dass im Vorfeld mit weiteren Bestellungen gerechnet und somit auf Lager produziert wurde. Am 15. und 16. des Monats gingen in der DOS ca. 71 Tonnen dieses Erzeugnisses in Produktion, der Großteil davon auf Lager, da bis zum 16. nur 25 Tonnen in Auftrag gegeben wurden.

3 Aufnahme der bestehenden Strukturen und des Produktionsablaufs innerhalb des Werks

Tabelle 13: Tabellarische Übersicht von diversen Daten von der Bestellung des Produktes EKA Flow 70/5 bis zur Produktion; Informationen wurden für Mai 2013 erhoben; die Liefertermine

Auftrags Eingang [Datum]	Auftrags Bearbeitung [Datum]	Möglicher Liefertermin [Datum]	Transport Dauer [Tage]	Zeit für Produktion [Tage]	Verpackungs- Art	Menge [t]
8.5.	8.5.	21.5.	1	6	250 kg Big-Bag	2
8.5.	8.5.	14.5.	1	2	250 kg Big-Bag	2
14.5.	14.5.	22.5.	1	5	250 kg Big-Bag	6
10.5.	13.5.	15.5.	0	3	25 kg Sack	1
13.5.	13.5.	17.5.	0	5	25 kg Sack	1
14.5.	15.5.	27.5.	0	8	25 kg Sack	5
15.5.	15.5.	21.5.	4	0	25 kg Sack	8
23.5.	23.5.	4.6.	0	6	25 kg Sack	4
23.5.	23.5.	29.5.	0	5	25 kg Sack	4
23.5.	23.5.	4.6.	0	6	25 kg Sack	4
23.5.	27.5.	4.6.	0	5	25 kg Sack	4
27.5.	28.5.	4.6.	0	4	25 kg Sack	2
27.5.	28.5.	6.6.	0	6	25 kg Sack	4
28.5.	29.5.	7.6.	0	6	25 kg Sack	3
29.5.	29.5.	11.6.	0	7	25 kg Sack	12

Aus der Produktionshistorie der Mischanlage 5, dargestellt in Tabelle 14, ist ersichtlich, dass „EKA Flow 70/5“ an 3 Tagen im Monat gemischt wurde. Die Bestellungen des Produktes wurden zusammengefasst hergestellt um Rüstzeiten einzusparen. Bei der Produktion am 22. Mai handelt es sich um einen durch das Labor getätigten firmeninternen Auftrag mit dem Vermerk „dringend“. Der Auftrag wurde in den Produktionsplan eingeschoben. Vorab in der DOS auf Lager produzierte Halbprodukte wurden für diesen Auftrag gemischt und in 25 Kilo Säcken verpackt wieder im Lager deponiert.

Tabelle 14: Produktionshistorie der Mischanlage 5; Datumsangabe der Produktion des Erzeugnisses EKA Flow 70/5 2013

Datum	Menge [t]	Verpackungsart
16.05.2013	15	250 kg Big-Bag
22.05.2013	2	25 kg Sack
28.05.2013	55	25 kg Sack

Des Weiteren wurde eine Analyse der Durchlaufzeit vorgenommen. Diese gibt jene Zeit an, die jedes Produkt durchschnittlich von der Bestellung bis hin zur Auslieferung benötigt. Die Durchlaufzeit umfasst Liege-, Transport-, Kontroll- und Bearbeitungszeiten. Durch die Analyse wird deutlich, welche Produkte auf Lager produziert werden müssen bzw. nach Kundenauftrag hergestellt werden können. Je länger die Durchlaufzeit, umso eher kann die Produktion Just-in-time erfolgen. Die einzelnen Produkte mit ihren Durchlaufzeiten, der Bestellhäufigkeit und der gesamten Bestellmenge ist im Anhang in Tabelle 23 dargestellt.

Eine Zusammenfassung der Durchlaufzeiten findet sich in Abbildung 35. Es zeigt sich, dass die Durchlaufzeit der meisten Produkte weniger als sieben Tage beträgt.

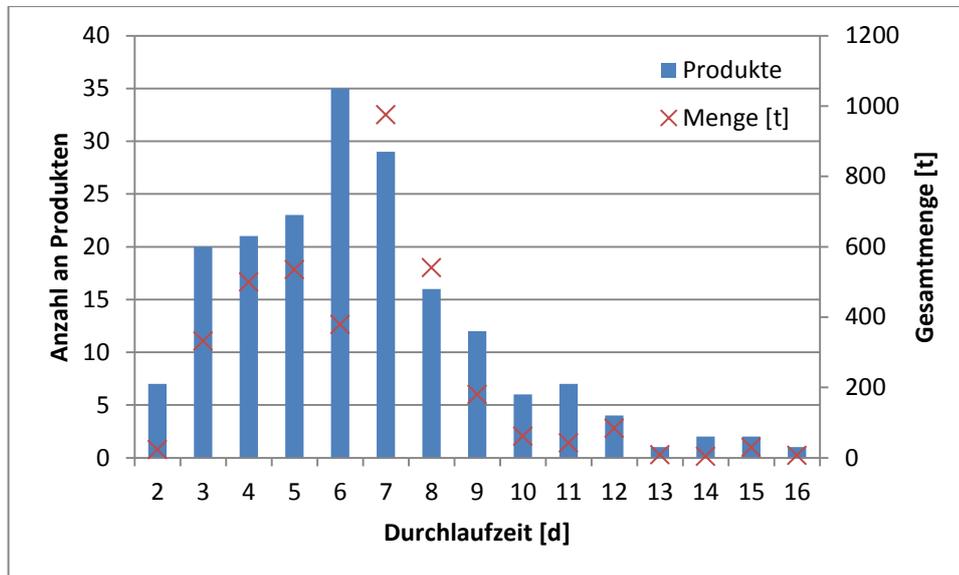


Abbildung 35: Durchlaufzeiten der Produkte für Mai 2012 mit der Gesamtmenge

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die meisten Kunden eine Durchlaufzeit von fünf Tagen, vom Bestelleingang bis zur Auslieferung, bevorzugen. Für eine effiziente Produktion hingegen sind zehn Werkzeuge unabdingbar. Des Weiteren wird deutlich, dass zum größten Teil Bestellmengen im Bereich von null bis zehn Tonnen erfolgen. Im nächsten Kapitel wird die Analyse des Lagerwesens dargestellt.

3.6 Lageranalyse

Die Produktions- und Lagerstrukturen der EKW sind historisch gewachsen. Dabei wurden vorhandene Flächen am Gelände genutzt um die Lagerkapazität zu steigern, die Stapler- und Lagerwege aber nicht angepasst bzw. optimiert. Des Weiteren gilt das Prinzip der wilden Lagerhaltung: Rohstoffe werden dort gelagert wo Kapazität vorhanden ist, unabhängig vom vorher dort gelagerten Rohstoff. Das folgende Kapitel beschreibt den IST-Zustand der Lagerstruktur und -kapazität, die Lage der Produktionsstätten innerhalb des Geländes sowie die Lager- und Staplerwege.

Der Produktkatalog der Firma bietet ca. 400 unterschiedliche Produkte an. Diese Vielzahl an Produkten bedingt einen Lagerbestand von ca. 300 Rohstoffen, die einen permanenten Lagerplatz beanspruchen.

Im Zuge der Diplomarbeit erfolgte eine Aufnahme der einzelnen Lager in Hinblick auf den dort gelagerten Rohstoff und in welchen Anlagen die Rohstoffe verarbeitet werden. Aus Vertraulichkeitsgründen sind hier die Rohstoffe nicht einzeln aufgelistet, sondern je Lager zusammengefasst dargestellt. Tabelle 15 zeigt die Anzahl der Rohstoffe je Lager und der dort gelagerten Gesamtmenge in Tonnen. Wie bereits erwähnt, werden die Rohstoffe nach dem Prinzip einer wilden Lagerhaltung gelagert, weshalb die unten gezeigte Tabelle die Momentaufnahme eines Tages darstellt.

Tabelle 15: Auflistung der Lager, der darin gelagerten Anzahl der Produkte und der gesamten Menge in Tonnen

Lager	Anzahl Produkte	Paletten	Menge [t]
1	62	440	446
2	35	500	553
3	22	310	346
5	5	20	15
6	17	168	310
7	15	196	353
13	7	98	103
20	60	718	877
21	2	13	14
50	3	41	44
51	43	423	463
57	2	20	20
64	17	224	302

Die Lagerbestände der Halb- und Fertigprodukte sind in der Tabelle nicht angegeben. Für Halbprodukte steht Lagerplatz von 200 bis 300 Tonnen, für Fertigprodukte ca. 700 Tonnen zur Verfügung. Die Nutzung der Lagerkapazität ist, bedingt durch die Art der Lagerereinteilung, Beschränkungen unterworfen. So beansprucht z.B. ein bestimmter Rohstoff mit 1 Tonne gleich viel Lagerplatz wie ein anderer mit 20 Tonnen, dargestellt in Abbildung 36. RS 1 bis 5 ist die Bezeichnung für den gelagerten Rohstoff und die Angabe der Tonnen ist die auf dieser Position gelagerte Menge. Der durch einen Stern gekennzeichnete Bereich wird nicht durch andere Rohstoffe belegt um Schlichtarbeiten zu vermeiden. Aufgrund der Erweiterung der Produktpalette und der damit verbundenen Zunahme der Rohstoffbandbreite, steht insgesamt weniger Lagerplatz zur Verfügung.

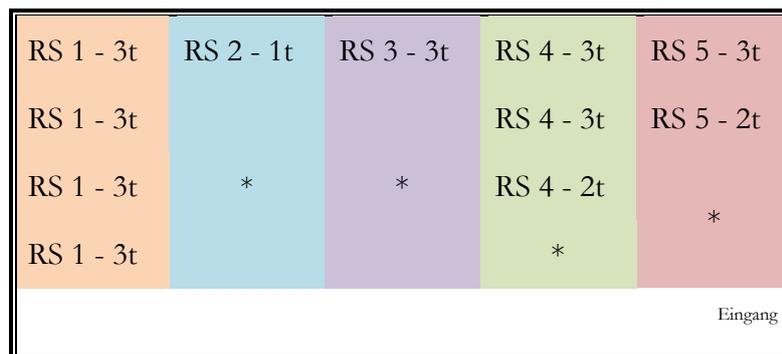


Abbildung 36: Skizzenhafte Darstellung der Einteilung eines beliebigen Lagers

Abbildung 37 zeigt eine Skizze des Firmengeländes. Lager-, Produktionshallen und überdachten Lagerplätze sind mit Nummern gekennzeichnet. Eine der wichtigsten Bestandsaufnahmen betrifft Halle 20. Sie ist eine von zwei Hallen am Gelände, in der Rohstoffe vor Feuchtigkeit, Frost und extremen Temperaturschwankungen geschützt gelagert werden können. Die Halle wurde errichtet nachdem Halle 1 die maximale Lagerkapazität erreicht hatte. Sie dient auch zur Lagerung von ZPA Fertigprodukten, die in Anlage 36 hergestellt werden. Viele der Rohstoffe in Halle 20 gelangen in die DOS-Anlage (Nr. 10) zur Verarbei-

tung. Wie auf dem Lageplan ersichtlich befindet sich die Anlage beinahe auf der gegenüberliegenden Seite des Geländes, wodurch sich lange Wege für den Transport der Rohstoffe ergeben. Die Lagerung aller in der DOS verarbeiteten Rohstoffe in Halle 1 ist durch die beschränkte Kapazität nicht gegeben. Halle 20 wird als Lagerplatz für 29 Rohstoffe genutzt die nur in der DOS und der Mischanlage 5 (Nr. 16) verwendet werden.



Abbildung 37: Übersicht des Firmengeländes; Lager und Produktionsanlagen (Legende im Anhang)⁷⁵

⁷⁵ Foto: Google Maps, Abfrage: 01.11.2013.

Die Staplerwege der DOS sind in Tabelle 16 aufgelistet und in Abbildung 38 graphisch dargestellt. Die Anzahl der Fahrten, der Wege in Meter, der monatlichen Kilometer, der benötigten Minuten pro Fahrt und im Monat sowie der dadurch entstehenden Kosten sind ebenso angeführt. Dadurch ergeben sich 583 Fahrten pro Monat für die Strecke zur DOS und Halle 20. Das entspricht 571 km monatlich. Die durchschnittlichen Kosten für einen Stapler inklusive aller Wartungsaufwendungen und Treibstoffkosten belaufen sich auf € 46,- pro Stunde. Bei umgerechnet 58,3 h im Monat ergeben sich monatliche Kosten von € 2.682,- für einen Stapler exklusive dem Lohn für den Staplerführer, der für den Zeitraum nirgendwo anders eingesetzt werden kann. Anders ausgedrückt ist ein Staplerführer über ein Viertel der monatlichen Arbeitszeit an die Strecke zwischen Halle 20 und Halle 10 gebunden.

Tabelle 16: Anzahl der Fahrten und Staplerwege der DOS-Anlage

La-ger	Anzahl an Fahr-ten Gesamt	Wege in Meter	Kilometer im Monat	Minuten je Fahrt	Minuten im Monat	Kosten im Monat
1	679	240	163	2	1358	1041
2	484	200	97	2	968	742
3	324	160	52	2	648	497
6	201	100	20	1	201	154
7	117	60	7	1	117	90
13	22	280	6	3	66	51
16	12	250	3	2	24	18
20	583	980	571	6	3498	2682
21	84	850	71	5	420	322
23	5	900	5	5	25	19
50	29	120	3	1	29	22
51	527	100	53	1	527	404
55	14	150	2	2	28	21
57	21	380	8	4	84	64
58	1	400	0	4	4	3
64	200	350	70	4	800	613



Abbildung 38: Graphische Aufbereitung der Staplerfahrten mit Hilfe des Sankey-Diagramms (Legende ist im Anhang)⁷⁶

Ein Beispiel für eine erfolgreich durchgeführte Umstrukturierung und Reduzierung der Staplerwege wird im Folgenden beschrieben.

Der Contra-Mischer wird für die Herstellung feuchter Massen verwendet. Abbildung 39 zeigt die Lage der Hallen zueinander sowie die dazwischen liegenden Staplerwege. Die Zulieferung der Halbprodukte erfolgt aus der DOS (Halle 10), die Lagerung der fertig gemischten Produkte im Lagerbereich 53. Der Mischer befand sich ursprünglich in einem überdachten Bereich (Nr. 17) in der Nähe der Fertigteilfertigung (Halle 19) und wurde durch Initiative des Geschäftsführers in die Halle 5 verlegt. Diese Veränderung wurde vorgenommen, da sie einerseits notwendig war und andererseits dadurch die Möglichkeit einer Prozessoptimierung bestand.

Durch die Umstrukturierung konnte die Strecke von der DOS zum Lager um 500 Meter reduziert werden. Umgerechnet auf das Jahr ist das eine Ersparnis von 300 Kilometern sowie 30 Arbeits- und 30 Staplerstunden. Ein weiterer Bonus des Standortwechsels ist, dass jetzt in einer Halle produziert wird und nicht wie zuvor in einem überdachten Bereich, was sich besonders im Winter, positiv auf die Arbeiter auswirkt. Als einziger negativer Punkt ist zu vermerken, dass durch die Umstrukturierung die Lagerkapazität etwas reduziert wurde. Halle 5 fungiert zum Teil immer noch als Lager, aber nicht in dem vorherigen Ausmaß, da der Mischer Platz benötigt.

⁷⁶ Foto: Google maps, Abfrage: 01.11.2013.



Abbildung 39: Wege für Zu- und Abtransport zum Contra-Mischer; blau gibt den Weg vom jetzigen Standort zum ursprünglichen wieder, orange markiert den Weg von der DOS-Anlage zum Mischer und grün zeigt den Weg vom Mischer zum Lagerplatz⁷⁷

Die Analyse des Lagerwesens verdeutlicht, dass die Lagerkapazität an ihre Grenzen stößt. Der Grund dafür ist die Vielzahl an unterschiedlichen Rohstoffen in teilweise geringen Lagermengen. Des Weiteren werden einige Rohstoffe weit entfernt vom eigentlichen Verbrauchsort gelagert (vgl. DOS und Halle 20). Eine Darstellung von Optimierungsvorschlägen findet sich in Kapitel 4.3.

⁷⁷ Foto: Google-Maps, Abfrage: 01.11.2013.

Im folgenden Kapitel werden unterschiedliche Abläufe des Produktionsprozesses, inklusive der Anlieferung von Rohstoffen, auf mögliche Quellen für Unterschiede bei Abbindevorgängen gleicher Produkte untersucht.

3.7 FMEA-Analyse

Die EKW hat bei Abbindevorgängen von bestimmten Produkten Unregelmäßigkeiten in der Abbindezeit festgestellt, was auf Verunreinigungen des Materials zurückzuführen ist. In Zusammenarbeit mit der Produktion und der Qualitätssicherung wurde eine Fehleranalyse durchgeführt um aufzuzeigen wie und wodurch die Verunreinigungen entstehen.

Zu Beginn wurde der Herstellungszyklus bestimmt, dargestellt in Abbildung 40. Sie gibt einen groben Überblick über die Herstellung von Produkten vom Rohstoff bis zur Lagerung. Anschließend wurden die Einflüsse auf das Fertigprodukt mittels Fischdiagramm erfasst und weiter mittels Fehleranalyse bewertet.

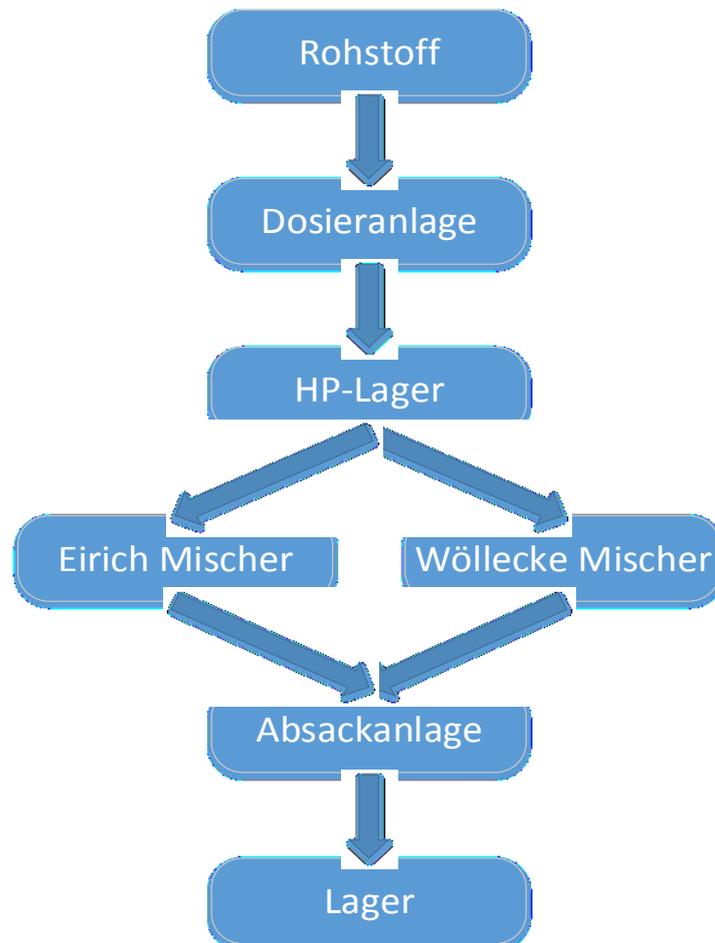


Abbildung 40: Skizze des Herstellungszyklus zur Produktherstellung

Eine detaillierte Darstellung der Einflüsse bei der Produktherstellung zeigt Abbildung 41 gezeigt. Die Einflüsse wurden gezielt auf die Fragestellung nach der Verunreinigungsmög-

lichkeit erfasst. Verunreinigungen können in nahezu jeder Station bei der Produktherstellung erfolgen. Wie im Diagramm ersichtlich, können bereits vor oder bei der Anlieferung der Rohstoffe Fehler auftreten, z.B. durch falsche Beschriftung, Verunreinigung beim Transport oder durch Beschädigung der Verpackung. In den Dosieranlagen können z.B. ungenügende Reinigung oder die Wiederverwendung gebrauchter Big-Bags die Gründe für Kontaminationen sein. Im Halbprodukt- und Fertigproduktlager kann die Art der Lagerung oder eine ungenügende Kontrolle der Produkthaltbarkeit zu Fehlern in der Abbinde-reaktion führen. Die meisten Einflussfaktoren finden sich bei der Mischanlage 5, aufgeteilt auf den Eirich und den Wöllecke Mischer sowie die Absackanlage.

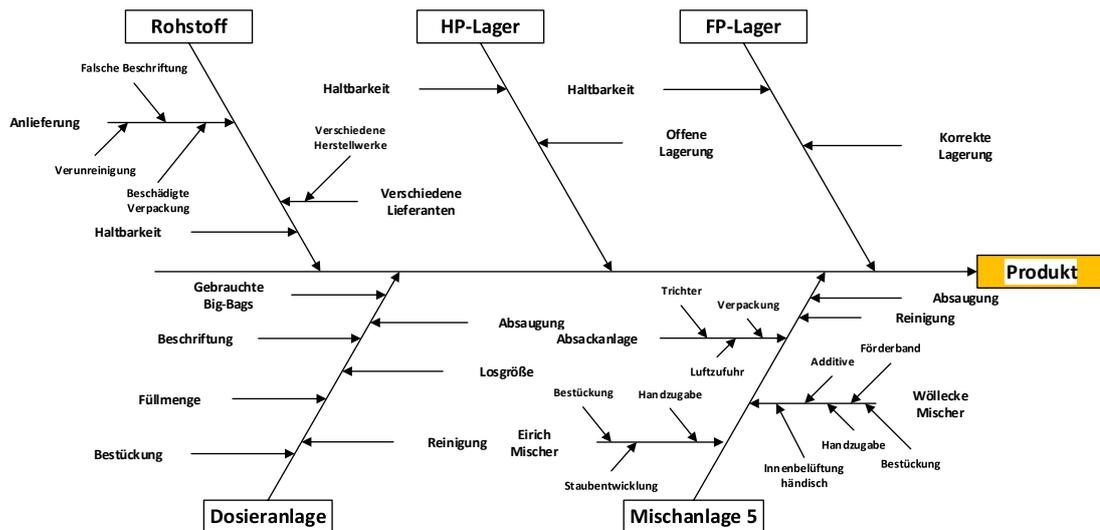


Abbildung 41: Einflüsse auf das Fertigprodukt dargestellt in einem Fischdiagramm

Mit dem Fischdiagramm als Grundlage wurde eine Fehleranalysetabelle erstellt. Die Bewertung erfolgte unabhängig voneinander durch die Produktion und die Qualitätssicherung. Die Fehlerbewertung ist in Tabelle 17 dargestellt. Aufgrund unterschiedlicher persönlicher Sichtweisen der bewertenden Personen variieren die Werte zwischen den beiden Abteilungen. Die RPZ-Werte der Qualitätssicherung sind deutlich höher angesetzt als die der Produktion.

3 Aufnahme der bestehenden Strukturen und des Produktionsablaufs innerhalb des Werks

Tabelle 17: Fehleranalyse in tabellarischer Form; die hellgrau unterlegten Werte wurden von der Produktion, die hellgrünen von der Qualitätssicherung angegeben; in Rot sind die Maximalen RPZ Werte für die jeweiligen Abteilungen hervorgehoben

FMEA												
Arbeitsplatz	Arbeitsvorgang	Fehlerquellen	Wirkung	A	B	E	RPZ	A	B	E	RPZ	Abhilfe
Rohstoff	Anlieferung	Rohstoffverunreinigung	Verunreinigung	3	10	8	240	3	8	10	240	
		Falsche Beschriftung	Falsche Zusammensetzung	1	10	8	80	4	10	10	400	
		Keine einheitliche Beschriftung	Verwechslungsgefahr	4	10	8	320	7	10	10	700	
		Beschädigte Verpackung	Verunreinigung	1	2	1	2	4	7	4	112	
		Rohstoffe von verschiedenen Lieferanten und Herstellwerke	Unterschiedliches Reaktionen	4	5	8	160	5	7	7	245	
	Lagerung	Haltbarkeit	Falsche Reaktion	1	2	2	4	5	10	4	200	
Dosieranlage	Produktion	Bestückung der Silos	Verwechslungsgefahr	1	10	1	10	2	10	10	200	
		Reinigung	Verunreinigung	2	10	2	40	4	7	8	224	
		Genauigkeit der Befüllung	Falsche Zusammensetzung	2	8	1	16	3	8	9	216	
		kleine Lose sind schwer richtig zu befüllen	Falsches Gewicht	3	8	1	24	5	8	9	360	
		Verwendung von gebrauchten Big-Bags	Verunreinigung	2	8	5	80	6	8	8	384	
		Absaugung	Verunreinigung	2	9	3	54	5	7	7	245	
		Säcke werden händisch beklebt	Verwechslungsgefahr	2	10	2	40	7	8	8	448	
Zwischenlager		Haltbarkeit	Falsche Reaktion	2	8	2	32	4	7	7	196	
		Offene Lagerung der HP	Verunreinigung	2	8	2	32	6	6	8	288	
Mischanlage 5	Mischer	Reinigung	Verunreinigung	2	10	1	20	7	6	7	294	
		Absaugung (Könnte etwas zurückkommen?)	Verunreinigung	2	10	3	60	4	5	5	100	
		Kein scannen der HP	Verwechslungsgefahr	2	10	1	20	7	10	9	630	
		Kein scannen der Handzugabe	Verwechslungsgefahr	2	10	3	60	7	10	9	630	
		Händische Verwiegung der Handzugaben	Falsches Gewicht	2	10	4	80	7	10	9	630	
		Haltbarkeit/Lagerung der Additive	Falsche Reaktion	3	8	3	72	7	10	10	700	
	Eirich Mischer	Staubentwicklung beim Befüllen	Gesundheit	4	8	3	96	8	10	2	160	
	Wöllecke Mischer	Transport über Förderband	Verunreinigung	1	10	9	90	3	5	9	135	
		Innenabsaugung ist händisch zu betätigen	Falsche Zusammensetzung	2	8	2	32	7	7	10	490	
	Absackanlage	Trichterbeschichtung wird porös	Verunreinigung				0				0	
		Genauigkeit der Befüllung	Falsches Gewicht	2	7	1	14	7	8	6	336	
		Druckluft	Verkleben				0	3	4	4	48	
		Korrekte Verpackung	Feuchtigkeit	1	10	8	80	6	6	7	252	
Lager		Haltbarkeit	Verunreinigung	2	10	2	40	7	7	6	294	
		Korrekte Lagerung	Verunreinigung/falsche Reaktion	1	8	3	24	3	4	4	48	

Es kann festgestellt werden, dass Produktion und Qualitätssicherung die Fehlerquellen unterschiedlich gewichten. So sind die Hauptverursacher aus Sichtweise der Produktion Rohstoffverunreinigungen bei der Anlieferung, uneinheitliche Beschriftung gleicher Rohstoffe durch unterschiedliche Lieferanten sowie Unterschiede durch die Herstellung in verschiedenen Werken zu nennen. Fehler bei der Herstellung von Produkten werden zwar eingeräumt, aber nicht als wirkliche Verursacher beziffert. Von Seiten der Qualitätssicherung gelten uneinheitliche Beschriftung gleicher Rohstoffe durch unterschiedliche Lieferanten, technische Defizite der Mischanlage 5, eine zu wenig genaue Verwiegung der Handzugabe und eine durch falsche Lagerung bedingte Veränderung der Haltbarkeit von Additiven als Hauptverursacher. Die für diese sechs möglichen Hauptverursacher erarbeiteten Optimierungsmaßnahmen werden in Kapitel 4.4 erläutert.

Die FMEA wurde aufgrund von Unregelmäßigkeiten im Abbindeverhalten einiger Produkte durchgeführt. Mögliche Fehlerquellen für eine Verunreinigung sollten aufgezeigt werden. Eine erste Analyse zeigt, dass mögliche Verursacher bei der Rohstoffanlieferung und bei der Lagerung der Additive zu finden sind.

In diesem Kapitel wurde der IST-Zustand der bestehenden Strukturen und des Produktionsablaufs innerhalb des Werkes dargestellt und für weiterführende Analysen aufbereitet. Auffallend sind die nicht wertschöpfenden Prozesse, wie lange Rüstzeiten und Staplerwege. Im folgenden Kapitel werden durch die hier gewonnen Erkenntnisse Optimierungsmaßnahmen abgeleitet.

4 Optimierungsmaßnahmen

In Kapitel 3 wurden Abläufe der unterschiedlichen Abteilungen der EKW erläutert. Diese bilden die Grundlage für die in diesem Kapitel aufgezeigten Optimierungsmaßnahmen.

4.1 Informationsfluss

In Kapitel 3.2 wird die momentane Verfahrensweise bei der Informationsbeschaffung und -weitergabe beschrieben. In einigen Anlagen und Abteilungen findet unterschiedliche Computersoftware Einsatz. Zusätzlich werden Excel[®] Listen geführt, wodurch es zu Medienbrüchen kommt und bei der Übertragung von Werten und Daten Fehler unterlaufen können. Im Zuge der Diplomarbeit zeigte sich, dass die Beschaffung speziell benötigter Informationen zeitintensiv ist. Vor allem aufgrund der Notwendigkeit viele unterschiedliche Abteilungen zu kontaktieren, um Daten und Werte zu verifizieren.

Durch das Fehlen einheitlicher Bestellformulare, muss in die Überprüfung von Aufträgen viel Zeit investiert werden, da die benötigten Daten auf den Bestellungen oft nicht korrekt angegeben, firmenintern schwer einzuholen sind oder generell fehlen. Somit ist es für die Auftragsannahme und -erfassung sowie das Factoring notwendig die Bestellmodalitäten zuerst innerhalb der Firma zu verifizieren um dann mit dem Kunden Rücksprache zu halten, bevor der Auftrag an die nächste Abteilung weitergeleitet werden kann. Ein Ansatz zur Optimierung liegt hier in der Vereinheitlichung der Bestellformulare, ein anderer in der Einführung und der Anwendung einer einheitlichen Computersoftware, welche es den einzelnen Abteilungen erlaubt, auftragsrelevante und aktuelle Daten abzurufen und mit der Bestellung abzugleichen.

Im Zuge der Datensammlung für die Diplomarbeit wurden des Weiteren folgende verbesserungswürdige Punkte für den Informationsfluss herausgearbeitet:

- Für Angestellte in der Auftragsannahme ist nicht ersichtlich, wie viele Lieferungen bzw. Warenausgaben an den Kunden zu einem bestimmten Datum vorgeesehen sind. Dadurch kann es zu einer Überbelegung kommen. So entstehen z.B. bei der ZMA bei losen Produkten bereits Probleme, wenn für einen Tag mehr als zehn Abholungen geplant sind. Auch hier würde der Informationsfluss durch die Verwendung einer einheitlichen Software optimiert werden. Eine zusätzliche Möglichkeit ist die Einführung eines Warnsystems, das bereits bei der Auftrags eingabe die Auftragslage in der ZMA abgleicht und erforderlichenfalls einen alternativen Abhol- bzw. Liefertermin ermittelt.
- Beim Erstellen einer Rechnung wird automatisch der deutsche Steuersatz kalkuliert. Da viele Kunden ihren Sitz im Ausland haben, muss dieser Satz manuell angepasst werden. Durch die Möglichkeit kundenrelevante Daten, wie z.B. einen standortspezifischen Steuersatz, abzuspeichern und diese abrufbar zu machen, kann zusätzliche Arbeit vermieden werden.
- In der Buchhaltung und dem Factoring wird mit zwei unterschiedlichen Versionen von MEGA[®] gearbeitet. Die Daten müssen zuerst in ein Portal zur Datenübertragung exportiert werden. Dieses kann erst nach Übernahme der Daten durch die Buchhaltung wieder geschlossen werden. Durch Vereinheitlichung der verwendeten Software könnten zusätzliche Arbeit und mögliche Fehlerquellen durch Übertragung vermieden werden.
- Wird in MEGA[®] eine neue Bestellung eingegeben, können Zusatzinformationen in die Kopf- und Fußzeile eingefügt werden, wie z.B. Abholtermin und EU-

Steuersatz. Diese können nur pauschal für eine Bestellung eingegeben werden und scheinen somit auf dem Auftrag, dem Lieferschein und der Rechnung auf. Die Information des Abholtermins ist für den Auftrag und den Lieferschein unerlässlich, auf der Rechnung ist sie allerdings nicht erwünscht. Somit ist es notwendig die Rechnung erneut zu bearbeiten und auszudrucken, wodurch unnötige Druck- und Papierkosten sowie zusätzliche Arbeit entstehen. Die Anpassung von Informationen auf den Ausdrucken sollte möglich sein.

- Zum Jahreswechsel 2011 auf 2012 wurde eine Preiserhöhung für alle Produkte um zwei Prozent umgesetzt. Die EKW vertreibt mehrere hundert unterschiedliche Produkte in verschiedenen Verpackungsarten und mit zum Teil kundenabhängigen Preisen für gleiche Produkte. Da in MEGA[®] ein entsprechendes Tool fehlt, musste die Preisanpassung für jeden Kunden und jedes Produkt extra kalkuliert und angepasst werden, woraus sich ein enormer Zeitaufwand ergab. Durch die Möglichkeit einer pauschalierten Eingabe und einer automatisierten Umstellung kann für derartige Vorgänge Zeit- und Personalaufwand eingespart werden.
- Wird in MEGA[®] ein Produkt oder ein Kunde aufgerufen, werden zuvor eingetragene wichtige Informationen in einem Meldungsfenster dargestellt. Diese Funktion des Programms ist sehr nützlich, allerdings steht für Notizen und zusätzliche Informationen relativ wenig Platz zur Verfügung.
- Wie in Kapitel 3.2 erläutert, ist es im Lagerwesen notwendig Produktanlieferungen in MEGA[®] und GIP[®] separat einzugeben. Mit einer einheitlichen Software könnte Zeit eingespart werden.
- Bedingt durch die wilde Warenlagerung und dadurch, dass einige Rohstoffe selten verwendet werden oder nur für die Herstellung eines speziellen Produktes zum Einsatz kommen, kann die Haltbarkeit von Produkten und Rohstoffen überschritten wird. Da die Rohstoffe zum Teil sehr teuer sind und abgelaufene Produkte nicht verkauft werden können, können enorme Kosten entstehen. Ein Programm das selbstständig eine Meldung generiert, die auf den baldigen Ablauf der Haltbarkeit eines Produktes hinweist, kann von Vorteil sein. Der Zeitpunkt einer ersten Warnung sollte bereits nach Ablauf eines Drittels der Haltbarkeit erfolgen.

Ein einheitliches Unternehmens-Ressourcen-Planungssystem, kurz ERP-System, würde den Informationsfluss vereinfachen und die zusätzlich angelegten Tabellen und handschriftlichen Vermerke verringern. Während der Datenaufnahme für diese Diplomarbeit, wurde bereits ein externer, unabhängiger Berater durch die EKW beauftragt, ein geeignetes System zu ermitteln. Dafür müssen die betreffenden Geschäfts- und Produktionsprozesse erfasst und die gewünschten Funktionen des Programmes abgeleitet werden. Mit diesen Informationen wird ein Lastenheft erstellt und für die möglichen ERP-Anbieter zugänglich gemacht. Aus den besten Angeboten wird eines herausgefiltert, das in der Firma implementiert wird.

4.2 Produktionsablauf

In den Kapiteln 3.3 bis 3.6 sind Produktionsabläufe, Informationen zu den Produkten und den Bestellungen sowie Abläufe im Lager dargestellt. Durch die Analyse der vorliegenden

Daten und des IST-Zustandes der Abläufe wurden optimierungsfähige Punkte herausgearbeitet. Sie werden im Folgenden veranschaulicht.

Produktionskalender

Ein Ansatz für Verbesserungen ist die Erstellung eines Produktionskalenders. Dazu wurde die Produktpalette mittels ABC-Analyse in Haupt- und Nebenläufer unterteilt. Hauptläufer sind Produkte, die über die Jahre hinweg in größeren Mengen abgesetzt wurden. Durch fünf Diagramme (vgl. Kapitel 3.4) wurde außerdem die Regelmäßigkeit der Bestellung der Hauptläufer evaluiert.

Der Kalender sollte eine effiziente Produktionsplanung ermöglichen. Die umsichtige Reihung nacheinander herzustellender Produkte ist Aufgabe der Produktionsleitung (Hr. Ott) und basiert derzeit auf jahrelanger Erfahrung und z.T. auf Intuition und resultiert in einer Mischung aus Auftrags- und Vorproduktion. Des Weiteren ist für einen effizienten Produktionsablauf eine Durchlaufzeit von zehn Werktagen unverzichtbar, um die Produktion von Erzeugnissen aufeinander abstimmen zu können und gleichzeitig flexibel zu bleiben, für den Fall, dass kurzfristig Aufträge eingeschoben werden müssen.

In der ZMA und ZPA wird zum größten Teil nach Aufträgen produziert. Hier ist eine Optimierung der Reinigungszeit nicht zwingend notwendig, da zum einen der Reinigungsaufwand geringer ist, weil viele der Silos immer mit den gleichen Rohstoffen befüllt sind und diese nicht nach jedem Produkt gereinigt werden müssen. Zum anderen sind diese Anlagen nicht zur Gänze ausgelastet. In der DOS und der Mischanlage 5 kann die Reinigungszeit durch eine effiziente Planung verringert werden. Im Fall einer reinen Auftragsproduktion erfolgt die Herstellung des Erzeugnisses mit Bestellungseingang, wodurch eine zusammengelegte Produktion gleicher Erzeugnisse nicht oder nur selten möglich ist. Ein zur Gänze auf Vorproduktion basierender Herstellungsprozess ist auch nicht möglich, da sehr viele unterschiedliche Produkte angeboten werden, die Menge der bestellten Produkte sowie die gewünschte Verpackungsart variiert und weil die Erzeugnisse nicht unbegrenzt haltbar sind (Vgl. Kapitel 3.4). Zudem verursacht eine Vorproduktion zum falschen Zeitpunkt Kosten. Durch den Kalender ist es möglich die Produkte zeitgerecht vorzuproduzieren, indem die Herstellung an Tagen mit geringer Auslastung eingeschoben oder als Überproduktion im Zuge der Herstellung eines anderen Auftrags durchgeführt wird. Die Überproduktion ist wirtschaftlich gesehen zu bevorzugen, da hier die Zeit zur Reinigung der Anlage eingespart wird. Der Produktionskalender sollte jährlich überarbeitet und aktualisiert werden.

Ein weiterer Ansatz ist, die Produktpalette zu verkleinern. Einige der angebotenen Erzeugnisse sind Nachfolge- bzw. verbesserte Produkte. Sie werden dennoch gleichzeitig mit den Ausgangsprodukten angeboten und dadurch auch weiterhin bestellt. Des Weiteren gibt es Produkte, die seit Jahren gar nicht mehr oder nur in geringen Mengen jährlich bestellt wurden. Durch eine Angebotsstraffung und eine lückenlose Kommunikation von Produktverbesserungen und -weiterentwicklungen über die Vertreter an den Kunden, verringert sich die Anzahl der benötigten unterschiedlichen Rohstoffe im Bestand. Damit erhöht sich die Lagerkapazität für gängige Rohstoffe, Halb- und Endprodukte. Die Vertreter sind demnach ständig über Produktneuerungen auf dem Laufenden zu halten und müssen auch angehalten werden, verbesserte Produkte vermehrt anzubieten. Ein weiterer Vertreter bezogener Punkt ist der Bestellrhythmus von Stammkunden. Oft werden Aufträge kurzfristig erteilt, obwohl der Kunde die gleiche Bestellung in regelmäßigen Abständen und in etwa konstant bleibenden Mengen in Auftrag gibt. Durch den Produktionskalender kann für diese Kunden vorproduziert werden. Dennoch sollten die Vertreter dazu angehalten werden schon ca. ein Monat im Voraus nachzufragen, ob wieder mit einer Bestellung zu rechnen ist, damit die Produktionsplanung besonders in Monaten mit starker Auftragslage in

der Lage ist, Engpässe zu vermeiden. Der Produktionskalender ist in Tabelle 18 exemplarisch an vier Produkten für den Zeitraum Mai 2012 bis April 2013 dargestellt.

Tabelle 18: Beispielhafte Darstellung des Produktionskalenders; gut planbare Produkte sind grün, nicht vorab produzierbare in blau unterlegt; rot unterlegt sind Produkte die eventuell aus dem Produktangebot gestrichen werden sollten;

	Einheit	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3	Produkt 4
Artikelnummer		1	2	3	4
Gesamtproduktion		1200	200	10	0,5
Haltbarkeit		6 Monate	6 Monate	3 Monate	3 Monate
Bemerkung		Größtenteils gut planbar, leichter Rückgang in den letzten beiden Jahren	Gut planbar, leichter Anstieg in den letzten Jahren	Nicht vorhersehbar, sehr unregelmäßig	Nicht rentabel, hat nur eine einzige Firma bestellt, die nur dieses Produkt bestellt
Verpackung		90% in 25 kg Säcke, Rest in 1000kg Big Bags	500kg Big Bags		
Anzahl an Firmen		5	1	4	1
Jänner	[t]	100	5		
Februar	[t]	75	10		
März	[t]	50	5		
April	[t]	200	20		
Mai	[t]	100	10		
Juni	[t]	100	10		
Juli	[t]	75	5		
August	[t]	50	10		
September	[t]	300	50		
Oktober	[t]	100	60		
November	[t]	100	5		
Dezember	[t]	50	10		
optimale Produktionshäufigkeit		6	6		
letztjährige Produktionshäufigkeit		17	13		
φ Reinigung Dos	[min]	17	22		
φ Reinigung Misch 5	[min]	22	31		
Theoretische Ersparnis im Zeitraum Mai 2012 - April 2013	[min]	429	371	0	0

Bei den gut planbaren Produkten 1 und 2 kann die Vorproduktion theoretisch alle zwei Monate erfolgen, womit diese Erzeugnisse nur sechsmal jährlich hergestellt werden müssten. Daraus resultiert für die Herstellung dieser zwei Produkte eine theoretische Ersparnis von sechs bis sieben Stunden jährlich, wodurch sich aufgerechnet auf alle Produkte eine reelle Möglichkeit ergibt, Überstunden bzw. Leiharbeiterstunden zu reduzieren. Rot unterlegt ist ein Produkt das nur für eine Firma und in einer sehr geringen Menge hergestellt wird. Die Produktpalette sollte einmal jährlich abteilungsübergreifend überarbeitet werden und die Streichung rot markierter Produkte aus dem Angebot diskutiert werden. Als Entscheidungsunterstützung kann dazu die Rohstoffanalyse (Kapitel 3.4) genutzt werden. Um einen Kunden nicht zu verlieren, sollte überprüft werden, ob ein alternatives Erzeugnis der Produktpalette seinen Anforderungen entspricht. Insbesondere dann, wenn dieser Kunde im Jahresschnitt größere Mengen anderer Produkte zusätzlich bestellt.

Da die Lagerkapazität limitiert ist, können nicht alle Produkte vorproduziert werden. Als zusätzliches Hilfsmittel zum Produktionskalender wurde deshalb eine Durchlaufzeitanalyse durchgeführt. Die so ermittelten Durchlaufzeiten je Produkt, dienen zur Definition von Grenzwerten für die Unterscheidung, ob ein Produkt auf Lager produzierbar ist oder ob eine kundenorientierte Produktion erfolgen soll. Die Werte sind durch Entscheidungsträger festzulegen und müssen mit der Produktion abgestimmt werden. Da der Analyse derzeit nur die Daten eines Monats vorliegen, ist ratsam, mindestens über die Dauer von einem Jahr gesammelte Informationen zu bewerten, um möglichst alle Produkte zu erfassen.

Optimierung des Lagers

Ein Punkt für die Optimierung des Lagers wurde bereits in Kapitel 4.1 erwähnt. Bei der Bestandsaufnahme des Lagerwesens wurden einige abgelaufene Produkte entdeckt. Der Grund dafür findet sich zum Teil in der wilden Lagerhaltung: ein Produkt wurde überproduziert, nicht sofort abgesetzt und deshalb im Lager deponiert, das Haltbarkeitsdatum notiert, aber vergessen. Durch ein Frühwarnsystem für das Haltbarkeitsdatum von Lagerware kann auf das Ablaufdatum hingewiesen werden und durch die Produktion dementsprechend darauf reagiert werden, womit sich finanzielle Einbußen in Grenzen halten würden.

Ein anderer Grund für abgelaufene Produkte kann die Herstellung von selten abgesetzten Produkten sein. Beim Einkauf von Rohstoffen ist zu beachten, dass diese erst ab gewissen Mengen verkauft werden, auch wenn für das zu produzierende Rezept eine geringere Menge ausreichen würde. Somit ergeben sich zwei Möglichkeiten: den speziell eingekauften überschüssigen Rohstoff im Lager zu deponieren oder das eigens bestellte Produkt in größerer Menge herzustellen und auf einen späteren Absatz zu spekulieren. Durch die Reduzierung der angebotenen Produkte wird die Lagerkapazität für gängigere Rohstoffe und Produkte erhöht. Des Weiteren kann somit die Notwendigkeit der Entsorgung teurer, spezieller, abgelaufener Produkte verringert werden.

Wie in Kapitel 3.3 unter ‚Mischanlage 5‘ beschrieben, stellen auch die unterschiedlichen Paletten, v.a. aber deren Lagerung ein Problem dar. Es werden Einweg- und Europaletten verwendet, die sich im Gewicht unterscheiden. Paletten werden teilweise in Unterständen, teilweise in Hallen gelagert, wodurch die Feuchtigkeitssättigung erheblich schwankt und somit auch das Eigengewicht der Paletten. Eine Möglichkeit dieses Problem zu umgehen, ist jedes abgefüllte Produkt einzuscannen und das Gewicht inklusive Verpackung, exklusive Palette im Computer der Produktionsnummer zugeordnet zu hinterlegen. Somit kann die Auslieferung nach diesem Gewicht erfolgen und eine Verwiegung des LKW bei der Waage ist nur noch aus Überladungstechnischen Gründen notwendig. Nachteile zeigen sich im erhöhten logistischen Aufwand und der Notwendigkeit eines geeigneten Computerprogrammes.

Bei der Aufnahme der Abläufe in der ZMA und ZPA wurde festgestellt, dass bei der Absackanlage ein Display, das die Auftragsnummer und den Auftraggeber anzeigt, von Vorteil wäre. Dadurch kann das soeben hergestellte Produkt eindeutig dem Auftrag zugeordnet werden, unabhängig davon ob der Arbeiter alle Informationen über den Produktionsplan besitzt. Besonders für den Fall, dass aufgrund von Krankenständen oder Mehrauslastung Teile des Stammpersonals durch Leiharbeiter ersetzt bzw. ergänzt werden, ist es möglich, Zeit einzusparen und eventuelle Fehlerquellen, für die Auslieferung eines falschen Produktes an einen Kunden, zu eliminieren. Da der Rücktransport und ein Austausch von Produkten zwischen zwei Kunden Sache der EKW ist, können somit unnötige Mehrkosten vermieden werden.

Optimierung der Transportwege

Drei weitere Analysen wurden im Zuge dieser Diplomarbeit durchgeführt. Eine Standortanalyse der Mischanlage 5, eine Bottle-Neckanalyse der DOS und Mischanlage 5 sowie eine Analyse mit der Fragestellung nach der besten Variante für die Optimierung der Staplerwege zur DOS.

Für die Ermittlung des Engpasses wurden die Produktionszeiten einzelner Produkte, in Abhängigkeit von der Anzahl der zugegebenen Rohstoffe je Anlage, erfasst und miteinander verglichen. Tabelle 19 zeigt die Gegenüberstellung der Produktionszeiten je Tonne für den Zeitraum eines Monats. Generell kann festgestellt werden, dass eine größere Anzahl von Rohstoffen die Produktionszeit verlängert, unabhängig von der Anlage. Der Bottle-Neck liegt mit Ausnahme des zuletzt angeführten Produktes in der Mischanlage 5, wobei sich anhand des Produktes „HP-Eka-Cast 53/8“ zeigt, dass die Abfüllung in Säcke (AB) mehr Zeit in Anspruch nimmt als die in Big-Bags (BB).

Tabelle 19: Bottle-Neck Analyse

Produkt	kürzeste Prod. Zeit DOS [min]	Handzugabe	Maschinenzugabe	Prod.zeiten Misch5 AB [min]	Prod.zeiten Misch5 BB [min]
HP-Lürocast D 71	4	0	4	7	
HP-Eka-Cast 20/4	5	0	5		10
HP Curucast 50-07	6	0	5	7	
EKW-ALGUN 50/8 AL	6	3	6	8	
HP-Eka-Cast 53/8	6	1	8	9	8
Eka-Cast 23/4	7	1	8	9	
Eka-Cast R 40/6	7	0	8	10	
AUFLOW 80 AL	8	1	8	9	
HP-Lürovib 711	12	1	9	10	

Bei der Produktionsanalyse weiterer Monate zeigte sich der Engpass auch vermehrt bei der DOS. Außerdem wurde festgestellt, dass die Befüllung von 250 Kilogramm Big-Bags mehr Zeit in Anspruch nimmt, als die Abfüllung von Säcken. Daraus kann geschlossen werden, dass der Bottle-Neck nicht eindeutig einer Anlage zugeordnet werden kann und somit als variabel gilt.

Der Evaluierung des Standortes der Mischanlage 5 liegt die Intension der Anschaffung eines neuen Mixers, als Ersatz für den Wöllecke-Mischer, zugrunde. Bei der Standortwahl sind vor allem die Transportwege entscheidend. Abbildung 42 zeigt die theoretisch optimale Lösung. Nach diesem Beispiel sind die Lager und Produktionsanlagen optimal zueinander ausgerichtet und somit die Transportwege kurz.

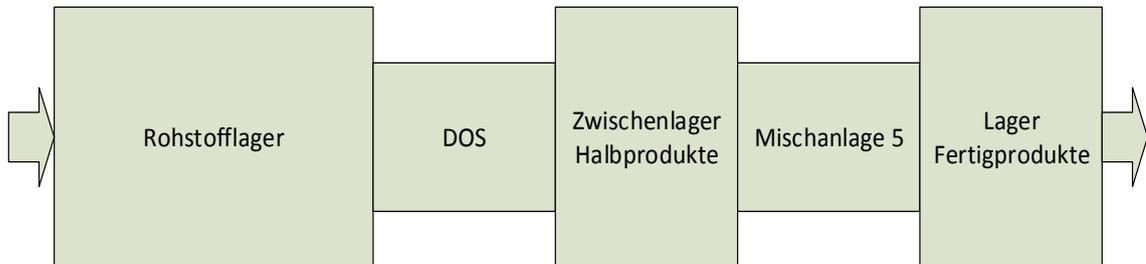


Abbildung 42: Skizze des theoretisch optimalen Standortes der Mischanlage 5

Für den Vergleich zwischen Theorie und IST-Zustand wurden die Transportwege untersucht. Dabei wurde vor allem die Anzahl der Fahrten berücksichtigt und somit die Anzahl der zugelieferten Halbprodukte. In Tabelle 20 sind Anzahl und Menge der Halbprodukte, deren Transport von der DOS zu den einzelnen Mischanlagen erfolgt, ersichtlich. Der Großteil der in dieser Anlage abgefüllten Erzeugnisse wird in der Mischanlage 5 weiterverarbeitet, woraus sich die Notwendigkeit der räumlichen Nähe ergibt.

Tabelle 20: Anzahl an Halbprodukten und -mengen die von der DOS zu den Mischanlagen befördert werden

Anlage	Anzahl an Halbprodukten	Anzahl [%]	Menge [TO]	Menge [%]
Misch3	11	3,6	109	0,5
Misch4	12	3,9	217	1,0
Misch5	263	86,0	21666	97,1
ZMA/ZPA	20	6,5	321	1,4
Summe	306	100	22313	100

Es zeigt sich, dass der Standort der Mischanlage 5 optimal ist: durch die Nähe zur DOS ergeben sich kurze Staplerwege und Möglichkeiten zur Zwischenlagerung sind ebenso vorhanden. Der Standort des neuen Mixers sollte, im Vergleich zu dem des Wöllecke-Mixers, verändert werden, indem man diesen in einen der Halle vorgelagerten Raum verlegt. Bedingt durch die topographischen Gegebenheiten der Mischanlage 5 muss die Befüllung nicht mehr mittels Förderband erfolgen. Somit wird Zeit eingespart. Die einzige notwendige bauliche Veränderung ist die Verlegung eines Rohres zur Abpackanlage für die Abfüllung der Produkte. Durch eine generelle Umstrukturierung und einen neuen Standort der Mischanlage sind, außer im Fall eines Neubaus nach theoretischem Optimum, keine wesentlichen Einsparungen erzielbar.

Wie in Kapitel 3.6 aufgezeigt, wird für Staplerfahrten von und zur DOS-Anlage viel Zeit und Geld aufgewendet. In der Analyse ist zu sehen, dass die häufigsten Strecken zur Halle 20 zurückzulegen sind, obwohl diese am weitesten entfernt ist. Die Halle verfügt über eine Lagerkapazität von ca. 3000 Tonnen. Etwa 1500 Tonnen an Material werden fast ausschließlich für die DOS gelagert. Sie ist derart gebaut, dass das Lagergut gegen Feuchtigkeit, Frost und starke Temperaturschwankungen geschützt wird. In unmittelbarer Nähe zur DOS liegt die Halle 1, vgl. Abbildung 43, welche die gleichen Lagereigenschaften wie Halle 20 aufweist, allerdings mit einer deutlich geringeren Lagerkapazität von 200 bis 300 Tonnen. Ein möglicher Lösungsansatz ist, die Hallen 6 und 7 umzubauen und zusätzlich für die momentan dort gelagerten temperatur- und feuchtigkeitsunempfindlicheren Rohstoffe ein neues Lager auf dem Warte- bzw. Umkehrplatz für LKW zu errichten (vgl. Abbildung 43, Standort bei A). Die zweite Lösung besteht in der Errichtung einer neuen Halle mit den benötigten Lagereigenschaften bei Standort B.

Die Vorteile von Lösung Eins sind, dass sie erstens relativ leicht und schnell umzusetzen ist und dass zweitens im Vergleich zu Lösung Zwei ein höherer Anteil an Kosten und Zeit im täglichen Betrieb eingespart werden können, da die Strecke etwas kürzer ist (vgl. Tabelle 21). Die Errichtung einer weiteren Lagermöglichkeit ist unumgänglich, da die momentan in Halle 6 und 7 gelagerten Rohstoffe anderweitig untergebracht werden müssen. Der LKW Umkehrplatz befindet sich direkt über einem stillgelegten Bergwerk. Aus diesem Grund dürfen dort keine Gebäude errichtet werden, weshalb als einzige Möglichkeit die Aufstellung eines Zeltes bleibt. Zudem gilt es abzuklären, ob die Last der Rohstoffe getragen werden kann, da dort ca. 800 Tonnen gelagert werden müssen. Des Weiteren muss beachtet werden, dass die aus Halle 20 ausgelagerten Rohstoffe ca. 1500 Tonnen schwer sind, Halle 6 und 7 gesamt nur über ca. 800 Tonnen Lagerkapazität verfügen. Durch Verlegung der in der Halle 7 befindlichen alten Dosieranlage können weitere 200 bis 300 Tonnen an Lagerplatz geschaffen werden.



Abbildung 43: Mögliche Standorte für eine neue Lagerhalle gekennzeichnet mit A und B⁷⁸

⁷⁸ Foto: Google Maps, Abfrage: 01.11.2013.

Für den Standort B muss ein Unterstand (Abbildung 43, Nr. 13) mit einer Lagerkapazität von 250 Tonnen abgerissen und ein Hügel abgetragen werden. Des Weiteren ist die im Vergleich zu Standort A etwas längere Strecke zur DOS zu berücksichtigen. Die Vorteile dieser Variante liegen in der zentralen Lage des Standorts und darin, dass die Halle den Bedürfnissen entsprechend dimensioniert werden kann, womit zusätzlicher und dringend benötigter Lagerplatz geschaffen wird.

Tabelle 21 zeigt den Vergleich der Standorte A, B und Halle 20 für den Zeitraum eines Monats. Eine Reduzierung sowohl der zurückgelegten Strecke als auch der Kosten pro Monat um mehr als die Hälfte ist ersichtlich. Bei Standort A kann ein Staplerfahrer 39 Stunden pro Monat anderweitig eingesetzt werden, bei Standort B 29 Stunden. Auf ein Jahr bezogen können so zwischen 16.000 und 21.000 Euro eingespart werden.

Tabelle 21: Auswertung der verschiedenen Standorte für ein Monat

Lager	20	Platz 1	Platz 2
Anzahl an Fahrten im Monat	583		
Wege [m]	980	220	300
Kilometer im Monat [km]	571	128	175
Minuten je Fahrt [min]	6	2	3
Minuten im Monat [min]	3498	1166	1749
Kosten pro Monat für Stapler [€]	2681	894	1341

Generell kann gefolgert werden, dass alleine durch die Einführung des Produktkalenders in Kombination mit der Reduzierung der Produktpalette einige der aufgezeigten Probleme zukünftig vermindert bzw. verhindert werden können. Verbesserte Produkte sollten die alten ersetzen, nicht ergänzen und für Produkte mit geringer Bestellmenge und -häufigkeit muss evaluiert werden, ob eine Streichung aus dem Angebot sinnvoll ist. Die Kommunikation mit dem Kunden über die Vertreter muss verbessert werden, um Informationen über die Ansprüche der Kunden zu erhalten und um verbesserte Produkte in den Fokus zu setzen. Folgend werden die Resultate der Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse aus Kapitel 3.7 veranschaulicht.

4.3 FMEA

In Kapitel 3.7 wurde eine Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse, die mit Hilfe der Produktion und der Qualitätssicherung durchgeführt wurde, beschrieben. Aufgrund unterschiedlicher Sichtweisen der beiden Abteilungen kristallisierten sich sechs mögliche Verursacher für veränderte Abbinde-Reaktionen von Produkten heraus. Diese sind: Rohstoffverunreinigungen bei der Anlieferung, uneinheitliche Beschriftung gleicher Rohstoffe durch unterschiedliche Lieferanten, Unterschiede durch die Herstellung in verschiedenen Werken sowie die technischen Defizite der Mischanlage 5, eine zu wenig genaue Verwiegung der Handzugabe und eine durch falsche Lagerung und Handhabung bedingte Veränderung der Haltbarkeit von Additiven.

Probleme der Rohstofflieferung

Zieht man eine kurzzeitige, dafür aber intensive Beprobung aller Rohstoffe direkt bei Anlieferung in Betracht, verursacht die Maßnahme in diesem Zeitraum einen erheblichen Mehraufwand für die Qualitätssicherung. Dahingegen erfolgt eine genaue Dokumentation der angelieferten Rohstoffe. Durch die Auswertung der so gewonnenen Daten lassen sich etwaige Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Rohstoffe, bedingt durch den Abbau in verschiedenen Werken, feststellen und es zeigt sich, ob ein Zulieferer bereits verunreinigte Ware anliefert. Somit können Folgefehler ausgeschlossen oder behoben werden. Werden produktbeeinflussende Qualitätsunterschiede festgestellt, sollte vielleicht in Erwägung gezogen werden den gleichen Rohstoff bei maximal ein oder zwei unterschiedlichen Herstellern zu beziehen bzw. eine Rezeptanpassung vorzunehmen.

Durch die oben erläuterte Maßnahme kann aufgeschlüsselt werden, ob ein Rohstoff mit anderer Beschriftung, als der in der EKW üblichen, chemisch gesehen den benötigten Rohstoffen entspricht. Sind die Rohstoffe ident oder so ähnlich wie notwendig, können Verhandlungen mit dem Vertreter angestrebt werden, damit der Rohstoff bereits mit der EKW Beschriftung geliefert wird.

Defizite der Mischanlage 5

In Kapitel 3.3 werden die technischen Gegebenheiten der Mischanlage 5 geschildert. Im Gegensatz zu anderen Anlagen auf dem Gelände verfügt sie über kein zusätzliches Kontrollsystem wie z.B. das Scannen bei der DOS-Anlage, womit menschliche Fehler als Verursacher der Verunreinigungen nicht ausgeschlossen werden können. Ein möglicher Schritt zur Behebung dieser Fehlerquelle ist, die Anlage technisch auf- und umzurüsten. Da diese Variante mit erheblichen Kosten verbunden ist, sollte im Vorfeld erhoben werden, wie oft hier Fehler auftreten und ob eine Umrüstung eventuell auch zeitliches Einsparpotential birgt oder den Produktionsprozess verlangsamt, da das einscannen der Halbprodukte und Handzugaben Zeit in Anspruch nimmt, die eigentlich für die Vorbereitung der Handzugabe gebraucht wird.

Weitere mögliche Fehlerquellen bei der Mischanlage 5 sind die Genauigkeit bei der Verwiegung der Handzugabe sowie das Haltbarkeitsdatum von Additiven. Eine mehrtägige Aufnahme der Verwiegung im Zuge der Diplomarbeit ergab, dass die Einwaage in diesem Zeitraum auf das Gramm genau durchgeführt wurde. Eine technische Möglichkeit der Überprüfung ist, eine Waage mit dem Computer zu verbinden, um so jede Einwaage digital zu dokumentieren.

Die Handhabung der Additive bei der Mischanlage 5 birgt große Fehlerquellen. Sie werden in kleineren Behältnissen vor Ort auf Vorrat gelagert und aus größeren Behältern am eigentlichen Lagerort wieder aufgefüllt. Teilweise wird der Vorrat aufgefüllt bevor das Material komplett aufgebraucht ist, wodurch es sein kann, dass Material unterschiedlicher Haltbarkeit gemischt wird und sich so das wirkliche Ablaufdatum nicht bestimmen lässt. Auch ein fehlerhafter Übertrag der Haltbarkeit ist nicht auszuschließen. Dadurch kann es vorkommen, dass so Additive über Haltbarkeit in die Produktion gelangen. Die Feststellung der Auswirkungen von abgelaufenen Additiven in Produkten, sowie eine Bestandsaufnahme und Beprobung der vorhandenen Behälter in Hinblick auf die chemischen Eigenschaften und Haltbarkeit würde die Handhabung als Fehlerquelle bestätigen oder ausschließen. Bei Bestätigung kann durch eine genaue Arbeitsanweisung die Lagerung und Auffüllung der Additive vorgegeben werden.

Verunreinigung durch Wiederverwendung der Big-Bags

Ein weiterer, möglicher Verursacher für Verunreinigungen ist die Verwendung von gebrauchten Big-Bags in der DOS-Anlage. In der Anlage erfolgt die Abfüllung der Halbprodukte in Big-Bags für den Weitertransport, um dann bei den Mixern weiterverarbeitet zu werden. Nach der Entleerung werden die Säcke zurück zur DOS-Anlage gebracht und erneut mit Halbprodukten befüllt, teilweise unabhängig vom vorhergehenden Inhalt. Die Big-Bags werden bei der Entleerung ausgeschüttelt, allerdings nicht rückstandsfrei gereinigt. Die permanente Verwendung neuer Säcke würde einen erheblichen finanziellen Mehraufwand bedeuten, eine intensive Reinigung der Big-Bags kostet Zeit und Geld und ist zudem nicht rückstandsfrei möglich. Außerdem darf keine Restfeuchte in den Säcken zurückbleiben, womit zusätzliche Zeit und Kosten für die Trocknung anfallen. Ein Lösungsansatz ist, die Big-Bags bei der DOS nach der Big-Bag Größe des Fertigproduktes auszuwählen. Nach der Befüllung des Mixers wird der Big-Bag durch eine Luke im Boden zur Absackanlage weitergereicht und dort für die Verpackung des Fertigproduktes verwendet. Allerdings ist diese Vorgehensweise auf Big-Bags von 800 Kilogramm aufwärts beschränkt. Da auch dieser Lösungsweg mit Kosten für geringfügige Umbauten verbunden ist, da die Bodenluke nicht vorhanden ist, muss vorab erhoben werden, ob die prozentuale Menge der Verunreinigung überhaupt für die Änderungen in den Abbinde-Reaktionen verantwortlich gemacht werden kann.

Die folgenden Schritte sind die Durchführung einer umfassenden Beprobung von verwendeten Rohstoffen bei der Anlieferung und eine Untersuchung der Arbeitsschritte und Sorgfalt im Umgang mit den Rohstoffen bei der Mischanlage 5. Des Weiteren muss erhoben werden inwiefern sich die Verunreinigungen der Big-Bags auf die produzierte Masse auswirken. Nachdem diese Punkte überprüft wurden, sollte bei einer weiteren Besprechung festgestellt werden, inwieweit und in welchem finanziellen Rahmen sich verbessernde Maßnahmen umsetzen lassen und ob eventuell die nächst höheren Punktwertungen der FMEA ebenfalls in Betracht zu ziehen sind.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Diplomarbeit war, die Strukturen und Prozessabläufe eines Feuerfestunternehmens aufzunehmen, zu analysieren und daraus Optimierungskonzepte zu erstellen. Durch Vorabrecherche in der Fachliteratur kristallisierte sich heraus, dass die üblicherweise angewendeten Management- und Optimierungsmethoden nicht ohne weiteres auf die Feuerfest-Industrie übertragen werden können. Zudem wurde in diesem Industriezweig mehr auf produktspezifische und produktionstechnische Innovationen gesetzt, als auf die Verbesserung von Produktionsabläufen und -strukturen. In anderen Branchen hat sich gezeigt, dass sich Investitionen im produktionswirtschaftlichen Bereich der Produktion durchaus positiv auf die zeitliche und damit finanzielle Bilanz eines Unternehmens auswirken können. Im Zuge der Analysen wurde festgestellt, dass viel Optimierungspotential vorhanden ist. Dabei sind besonders die nicht wertschöpfenden Prozesse, wie z.B. Umrüstvorgänge oder Transportwege, zu erwähnen. Eine optimierte Produktionsplanung mit entsprechender Vorbereitungszeit hilft Rüst- und Produktionszeiten zu verringern, wodurch die Durchlaufzeit verringert und die Liefertreue erhöht wird. Weiteres Potential findet sich in der teilweise hohen Komplexität von Informationsflussstrukturen. Durch Vereinfachung der Informationswege und Vereinheitlichung des Informationsflusses, werden Zeit und Kosten eingespart und Fehlerquellen vermieden.

Die Feuerfest-, sowie die Prozessindustrie, ist durchaus für die Anwendung von Managementmethoden, wie z.B. dem Wertstrom- und Lean Management geeignet. Dabei sind die jeweiligen Prozessabläufe und Produktionssysteme zu beachten. Vor allem in der Feuerfest-Industrie sind einige Produktionsstrukturen nicht geeignet für Verbesserungen, da aufgrund der hohen Anlagenintensität und ihrer Ortsgebundenheit Restriktionen bestehen und eine Umstrukturierung nicht immer möglich ist. Für die Anschaffung neuer Anlagen ist es sinnvoll, vorab Analysen durchzuführen um die Anlage optimal in bestehende zu integrieren und diesen nicht einen weiteren Komplexitätstreiber hinzuzufügen.

Literaturverzeichnis

- Arnold, Dieter/ Furmans, Kai, (5. Auflage), Materialfluss in Logistiksystemen, Berlin/Heidelberg/New York, 2007.
- Baccini, P, Regionaler Stoffhaushalt, Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag, 1996.
- Biedermann, Hubert/ Gram, Markus, Flexibilität von Produktionssystemen, Anlageneffizienz als wesentlicher Baustein von wandlungsfähigen Produktionssystemen, In: Industrie Management 27, 2011, 3, S. 16-20
- Dyckhoff, Harald, Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft, (5. Auflage), Berlin/Heidelberg/New-York, Springer, 2006.
- Dyckhoff, Harald/ Spengler, Thomas, Produktionswirtschaft. Eine Einführung für Wirtschaftsingenieure, (2. Auflage), Berlin/Heidelberg/New-York, Springer, 2007.
- Erlach, Klaus, Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik, Berlin/Heidelberg, Springer, 2007.
- Geiger, Walter/Kotte Willi, Handbuch Qualität, Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagement: Systeme – Perspektiven, (5. Auflage), Wiesbaden, GWV Fachverlage GmbH, 2008.
- Gram, Markus, Wandlungsfähigkeit und Flexibilität in der Grundstoffindustrie. Neue Einflüsse am Beginn der Wertschöpfungskette, Montanuniversität Leoben, In: Tagungsband "Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb - TBI11 - 14. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, Sonderheft 17, 2011a,
- Gram, Markus, Wertstromanalyse als Potentialanalyse in der Prozessindustrie, In: WING-business, 2011b, 2, S. 41
- Grote, K.-H./Feldhusen J., (22. Auflage), Dubbel. Taschenbuch für den Maschinenbau, Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 2007.
- Gruber Dietmar, Laborpraktikum Baustoffe und Keramik, Montanuniversität Leoben/ Institut für Feuerfeste Werkstoffe, 2013.
- Hompel, Michael ten/ Schmidt, Thorsten/ Nagel, Lars, Materialflusssysteme. Förder- und Lagertechnik, (3. Auflage), Berlin/Heidelberg/New-York, Springer, 2007.
- Jodlbauer, Herbert, Produktionsoptimierung. Wertschaffende sowie kundenorientierte Planung und Steuerung, (2. Auflage), Wien, Springer-Verlag, 2008.
- Krenn, Barbara, Bewertung von Komplexität in Materialflusssystemen der Prozessindustrie am Beispiel der Stahl- und Feuerfestindustrie, Dissertation Montanuniversität, 2008.
- Mähle, H/ Pankus, G, Herausforderung Lean Production, (2. Auflage), Düsseldorf, 1995.
- Routschka, Gerald/ Wuthnow, Hartmut (Hrsg.): Taschenbuch Feuerfeste Werkstoffe. Aufbau Eigenschaft Prüfung, (4. Auflage), Essen, Vulkan-Verlag GmbH, 2007.
- Schönsleben, Paul, Integrales Logistikmanagement. Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken, (5. Auflage), Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 2007.
- Schuh, Günther, Produktionsplanung und –steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, (3. Auflage), Berlin/Heidelberg/New-York, Springer, 2006.

Syska, Andreas, Produktionsmanagement. Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, (1. Auflage), Wiesbaden, GWV Fachverlag GmbH, 2006.

Tempelmeier, Horst/Günther, Hans-Otto, Produktion und Logistik, (6. Auflage), Berlin/Heidelberg/New-York, Springer, 2005.

Tempelmeier, Horst/Günther, Hans-Otto, Produktion und Logistik, (9. Auflage), Heidelberg/Dordrecht/London/New-York, Springer, 2012.

Wannenwetsch, Helmut, Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, (3. Auflage), Berlin/Heidelberg/New York, Springer, 2007.

Westkämper, Engelbert, Einführung in die Organisation der Produktion, Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 2006.

Anhang

Tabelle 22: Anwendungsspezifische Eigenschaftswerte von feuerfesten Grundstoffen¹⁾⁷⁹

Formel	Kurzzeichen	Name	Schmelzpunkt °C	Dichte g/cm ³	Wärme- dehnung bis 1000 °C %	Wärmeleitfähigkeit bei		mittlere spez Wärme. kJ/kgK
						20 °C	1000 °C	
SiO ₂	S	β-Quarz	–	2,65	–	8	–	1,15
		Cristobalit	1725	2,29–2,32	1–1,4 ⁴⁾	–	–	–
		Kieselglas	–	2,20	0,06	1,4	4,5	–
Al ₂ O ₃	A	Korund	2050	3,99	0,8	53	9	1,1
MgO	M	Periklas	2840	3,58	1,4	61	10	1,2
CaO	C		2580	3,32	1,3	25	9	0,95
ZrO ₂	Z	Baddeleyit	2680	5,56	0,8 ⁴⁾	19	21	0,7
Cr ₂ O ₃	Cr	Eskolait	2275	5,22	0,75			0,75
3Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ (Al ₆ Si ₄ O ₁₃)	A ₃ S ₂	Mullit	1840 ²⁾	3,16	0,45	9	5	1,1
2MgO · SiO ₂ (Mg ₂ SiO ₄)	M ₂ S	Forsterit	1890	3,21	1,1	9	3	1,05
ZrO ₂ · SiO ₂ (ZrSiO ₄)	ZS	Zirkon	1775 ²⁾	4,60	0,45	6	4	0,75
MgO · Al ₂ O ₃ (MgAl ₂ O ₄)	MA	Spinell	2135	3,58	0,85	21	7	1,1
MgO · Cr ₂ O ₃ (MgCr ₂ O ₄)	MCr	Picrochromit	2350	4,42	0,7	–	–	0,9
CaO · Al ₂ O ₃ (CaAl ₂ O ₄)	CA		1600 ²⁾	2,98	0,76	–	–	1,0
CaO · 2Al ₂ O ₃ (CaAl ₄ O ₇)	CA ₂		1750 ²⁾	2,91	0,62	–	–	1,05
C	(α-C)	Graphit	3600 ³⁾	2,26	0,3/0,5 ⁵⁾	> 400		1,5
	(amorph)	Ruß	3600 ³⁾	1,7–1,8	0,4	–		2
SiC			2300 ²⁾	3,21	0,5	130	26	1,1
Si ₃ N ₄			1900 ³⁾	3,18	0,27	35	20	0,7
B ₄ C			2450 ³⁾	2,51	0,44	35	16	0,94
BN			3000 ³⁾	2,25	0,37	50	20	0,8

1) die Wärmewerte beziehen sich auf porenfreies Material

2) inkongruenter Schmelzpunkt

3) reduzierende Atmosphäre, Sublimation oder Zersetzung

4) Ausdehnungsanomalien

5) starke Anisotropie

⁷⁹ Routschka, 2007, S.4+5.

Tabelle 23: Durchlaufzeiten verschiedener Produkte im Mai 2013

Produkt	Bestellungen	Menge [t]	Durchlaufzeit [d]	Produkt	Bestellungen	Menge [t]	Durchlaufzeit [d]
Produkt 50	3	144,0	24,7	Produkt 151	1	5,0	6,0
Produkt 51	3	3,9	16,7	Produkt 152	1	10,0	6,0
Produkt 52	3	6,5	16,0	Produkt 153	1	7,0	6,0
Produkt 111	1	1,0	15,0	Produkt 154	1	3,0	6,0
Produkt 112	1	28,0	15,0	Produkt 155	1	0,2	6,0
Produkt 113	1	2,0	14,0	Produkt 156	1	2,0	6,0
Produkt 114	1	2,0	14,0	Produkt 157	1	2,0	6,0
Produkt 115	1	8,4	13,0	Produkt 158	1	6,0	6,0
Produkt 116	1	7,0	12,0	Produkt 159	1	4,0	6,0
Produkt 117	1	5,6	12,0	Produkt 160	1	1,0	6,0
Produkt 118	1	48,0	12,0	Produkt 161	1	2,0	6,0
Produkt 22	6	22,5	11,8	Produkt 162	1	2,0	6,0
Produkt 119	1	2,0	11,0	Produkt 163	1	6,0	6,0
Produkt 120	1	3,0	11,0	Produkt 16	8	46,0	5,9
Produkt 121	1	25,0	11,0	Produkt 19	7	6,2	5,9
Produkt 122	1	0,1	11,0	Produkt 5	13	6,5	5,8
Produkt 123	1	3,0	11,0	Produkt 64	3	10,0	5,7
Produkt 124	1	1,0	11,0	Produkt 65	3	4,0	5,7
Produkt 71	2	8,0	10,5	Produkt 8	12	40,0	5,6
Produkt 17	7	11,4	10,4	Produkt 94	2	6,0	5,5
Produkt 72	2	3,0	10,0	Produkt 95	2	6,0	5,5
Produkt 125	1	5,0	10,0	Produkt 96	2	36,0	5,5
Produkt 18	7	9,8	9,6	Produkt 97	2	24,3	5,5
Produkt 35	4	6,5	9,5	Produkt 29	5	17,4	5,4
Produkt 36	4	25,5	9,5	Produkt 12	9	33,3	5,3
Produkt 23	6	73,0	9,2	Produkt 25	6	22,0	5,3
Produkt 53	3	1,4	9,0	Produkt 66	3	43,0	5,3
Produkt 54	3	13,0	9,0	Produkt 3	15	45,8	5,3
Produkt 55	3	8,0	9,0	Produkt 43	4	1,4	5,3
Produkt 73	2	5,0	9,0	Produkt 20	7	10,7	5,1
Produkt 74	2	9,0	9,0	Produkt 30	5	17,0	5,0
Produkt 75	2	2,5	9,0	Produkt 44	4	70,0	5,0
Produkt 76	2	25,0	9,0	Produkt 67	3	4,2	5,0
Produkt 77	2	12,0	9,0	Produkt 98	2	16,0	5,0
Produkt 126	1	0,2	9,0	Produkt 99	2	50,0	5,0
Produkt 127	1	25,2	9,0	Produkt 100	2	6,4	5,0
Produkt 128	1	5,0	9,0	Produkt 101	2	0,2	5,0
Produkt 56	3	13,0	8,3	Produkt 164	1	4,0	5,0
Produkt 37	4	47,0	8,3	Produkt 165	1	3,0	5,0
Produkt 38	4	13,0	8,3	Produkt 166	1	0,6	5,0
Produkt 78	2	79,0	8,0	Produkt 4	15	62,0	4,9
Produkt 79	2	7,0	8,0	Produkt 21	7	22,0	4,9
Produkt 129	1	4,0	8,0	Produkt 68	3	10,0	4,7
Produkt 130	1	6,0	8,0	Produkt 11	10	29,9	4,5
Produkt 131	1	10,0	8,0	Produkt 45	4	46,0	4,5
Produkt 132	1	2,0	8,0	Produkt 102	2	20,0	4,5
Produkt 133	1	29,0	8,0	Produkt 31	5	79,0	4,4
Produkt 134	1	5,0	8,0	Produkt 6	13	157,5	4,4
Produkt 15	8	27,0	7,8	Produkt 13	9	36,0	4,3
Produkt 57	3	8,0	7,7	Produkt 14	9	4,4	4,3
Produkt 2	16	249,0	7,6	Produkt 46	4	62,0	4,3
Produkt 80	2	5,0	7,5	Produkt 9	11	25,1	4,2
Produkt 81	2	36,0	7,5	Produkt 26	6	0,0	4,0
Produkt 24	6	22,0	7,3	Produkt 103	2	10,0	4,0
Produkt 58	3	42,5	7,3	Produkt 104	2	20,0	4,0
Produkt 59	3	28,2	7,3	Produkt 105	2	6,0	4,0
Produkt 60	3	30,0	7,3	Produkt 167	1	2,0	4,0
Produkt 39	4	28,0	7,3	Produkt 168	1	23,0	4,0
Produkt 1	25	557,0	7,1	Produkt 169	1	2,0	4,0
Produkt 82	2	10,4	7,0	Produkt 170	1	2,0	4,0
Produkt 135	1	17,0	7,0	Produkt 171	1	0,5	4,0
Produkt 136	1	6,0	7,0	Produkt 172	1	0,5	4,0
Produkt 137	1	3,5	7,0	Produkt 173	1	1,8	4,0
Produkt 138	1	10,0	7,0	Produkt 32	5	6,0	3,8
Produkt 139	1	5,0	7,0	Produkt 47	4	4,5	3,8
Produkt 140	1	3,0	7,0	Produkt 33	5	15,6	3,6
Produkt 141	1	13,0	7,0	Produkt 48	4	41,0	3,5
Produkt 142	1	1,0	7,0	Produkt 34	5	99,0	3,4
Produkt 143	1	5,0	7,0	Produkt 10	11	59,0	3,4
Produkt 144	1	3,0	7,0	Produkt 69	3	8,0	3,3
Produkt 145	1	5,0	7,0	Produkt 49	4	0,3	3,3
Produkt 146	1	1,0	7,0	Produkt 27	6	0,9	3,2
Produkt 147	1	1,0	7,0	Produkt 28	6	19,0	3,2
Produkt 40	4	16,0	6,8	Produkt 106	2	7,0	3,0
Produkt 41	4	16,0	6,5	Produkt 107	2	26,0	3,0
Produkt 42	4	73,0	6,5	Produkt 108	2	50,0	3,0
Produkt 83	2	24,0	6,5	Produkt 174	1	3,0	3,0
Produkt 84	2	30,0	6,5	Produkt 175	1	4,0	3,0
Produkt 85	2	8,0	6,5	Produkt 176	1	5,0	3,0
Produkt 86	2	9,0	6,5	Produkt 177	1	0,8	3,0
Produkt 87	2	1,5	6,5	Produkt 178	1	3,0	3,0
Produkt 88	2	6,0	6,5	Produkt 179	1	21,0	3,0
Produkt 61	3	44,0	6,3	Produkt 180	1	2,5	3,0
Produkt 7	12	35,5	6,1	Produkt 181	1	0,5	3,0
Produkt 62	3	7,0	6,0	Produkt 182	1	2,0	3,0
Produkt 63	3	3,5	6,0	Produkt 70	3	16,0	2,7
Produkt 89	2	2,0	6,0	Produkt 109	2	4,8	2,5
Produkt 90	2	6,0	6,0	Produkt 110	2	21,0	2,0
Produkt 91	2	4,5	6,0	Produkt 183	1	5,0	2,0
Produkt 92	2	2,0	6,0	Produkt 184	1	10,0	2,0
Produkt 93	2	16,0	6,0	Produkt 185	1	4,0	2,0
Produkt 148	1	2,0	6,0	Produkt 186	1	0,4	2,0
Produkt 149	1	20,0	6,0	Produkt 187	1	1,0	2,0
Produkt 150	1	1,0	6,0	Produkt 188	1	2,0	2,0

Tabelle 24: Legende Für Google-Fotos

Legende für Google Fotos			
1	Isolierte Lagerhalle	21	Trocknungsanlage Klebesand
2	Lagerhalle	23	ZMA
3	Lagerhalle	25	Lagerhalle Klebsand
4	Lagerhalle	26	ZPA
5	Misch 3	31	Warenlager + Instandhaltung
6	Lagerhalle	32	Waschanlage
7	Lagerhalle + DOS alt	33	Zechenhaus
8	Abpackanlage	38	Trafo
9	Isolierte Lagerhalle	39	Werkstatt
10	DOS	40	Büro
11	Lagerhalle und Misch1	50	Lagerhalle
12	Lagerhalle und Förderband zu Wöllecke	51	Lagerhalle
13	Unterstand	52	Unterstand
14	FTF	53	Lagerhalle
15	Lagerhalle	54	Unterstand
16	Misch5	55	Lagerhalle
17	FTF	57	Lagerhalle
18	FTF	58	Lagerhalle
19	FTF	62	Lagerhalle
20	Isolierte Lagerhalle	64	Zelt