

# Verbesserung der Logistikleistung der Böhler Edelstahl GmbH durch Optimie- rung der Walzzyklen der Walzbetriebe

Masterarbeit  
von  
BSc Stefanie Volland



eingereicht am  
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
der  
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 5. Oktober 2009

## **Eidesstattliche Erklärung**

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

Stefanie Volland

Leoben, am 5. Oktober 2009

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei Herrn o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Hubert Biedermann für die Möglichkeit der Verfassung meiner Masterarbeit am Lehrstuhl der Wirtschafts- und Betriebswissenschaften bedanken.

Ein weiterer Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Dr.mont. Eva Schiefer, welche meine Arbeit seitens der Universität betreute und mir wertvolle Inputs geben konnte.

Besonderer Dank gilt der Herrn Dipl.-Ing. Gerhard Firlinger, welcher meine Arbeit seitens der Böhler Edelstahl GmbH betreute, stets ein offenes Ohr für meine Anliegen hatte und mir in dieser Zeit als wertvoller Mentor und Projektbetreuer zur Verfügung stand.

Dankend zu erwähnen gilt es auch Herrn Gerhard Weber und Herrn Robert Auer, die mir bei der Erstellung dieser Masterarbeit wertvolles Wissen vermitteln konnten.

Ebenso möchte ich Herrn Dipl.-Ing. Walter Gröblinger für die Möglichkeit der Verfassung meiner Masterarbeit in Zusammenarbeit mit der Böhler Edelstahl GmbH danken.

Besonderer Dank gilt auch meiner Familie, insbesondere meinen Eltern und meinen Freunden, welche mich bei meiner Ausbildung an der Montanuniversität Leoben liebevoll unterstützten und mir stets eine wichtige mentale Stütze waren.

## Kurzfassung

Um wirtschaftlich und flexibel über die gesamte Wertschöpfungskette eines Unternehmens agieren zu können bedarf es beherrschter Prozesse. Dies stellt eine wesentliche Basis für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens dar, denn nur so ist eine rasche Anpassung der Produktion an die gegebenen Marktveränderungen und damit verbundenen flexiblen Kundenwünsche realisierbar. Die Böhler Edelstahl GmbH verfügt über eine Vielzahl an komplexen Fertigungsprozessen, welche oftmals nur schwer aufeinander abstimmbare bzw. planbar sind.

Ein Ziel der Böhler Edelstahl GmbH ist die ständige Verbesserung der Logistikleistung und die Reduktion der Komplexität im Unternehmen. Dies stellt ein wesentliches Unternehmensziel dar, um den in der Praxis auftretenden, sich ständig verändernden Rahmenbedingungen und Unsicherheiten entgegenwirken zu können. Einen Beitrag dazu soll die Optimierung und Abstimmung der Walzzyklen vom Block- und Mehrlinienwalzwerk auf die in der Wertschöpfungskette anschließenden Prüf- und Adjustagelinien am Standort Kapfenberg in Anlehnung an die 4 - Schritte Methode des Prozessmanagements liefern.

Im Rahmen dieser Masterarbeit werden die Walzzyklen daher genauer analysiert, um etwaige Schwachstellen zu ermitteln und anschließend Optimierungsvorschläge aufzuzeigen. Abschließend sollen auch die Auswirkungen der Optimierungsmöglichkeiten auf die betroffenen Unternehmensbereiche näher beleuchtet werden.

In einem ersten Schritt erfolgt die Ermittlung und Bewertung des Ist - Zustandes, um darauf aufbauend eine Analyse der Schwachstellen durchführen zu können und jene Einflussfaktoren zu ermitteln, welche eine kontinuierliche Materialanlieferung an die Adjustagebetriebe verhindern. Davon ausgehend sollen nun jene Walzgruppen genauer analysiert werden, welche für die maßgebenden Auslastungsschwankungen an den Prüf- und Adjustagelinien verantwortlich sind.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist schlussendlich das Aufzeigen jener Optimierungsvorschläge in der Walzzyklusplanung bzw. die Ableitung einer Vorgehensweise bei der Walzzyklusplanung, deren Realisierung eine kontinuierliche Auslastung der Prüf- und Adjustagelinien und somit eine eindeutige Verbesserung der bestehenden Wertschöpfungskette sicherstellen.

## Abstract

One necessary requirement for an economically and flexibly performance through the whole supply chain of a company are controlled processes. It represents an essential basis for the competitiveness of an enterprise and is a necessary prerequisite for the rapid adjustment of a production to the current market changes and the realization of flexible customer requirements. Böhler Edelstahl GmbH has a wide variety of complex processes which are often difficult to match and plan.

One of the most important goals of the company Böhler Edelstahl located in Kapfenberg, Austria is the continuous improvement of the logistics performance and the reduction of the complexity of all parts of production. This represents a major business objective and is needed to counteract uncertainties in production and the constant changing of the general framework of the company. Therefore a contribution is the optimization and coordination of the existing roll cycle of the block and multiline rolling mill to the following work places.

Content of this thesis is the detailed analysis of the existing roll cycles for identifying those factors and weaknesses which are responsible for the capacity fluctuations. Finally, the consequences of the optimization opportunities of the affected business areas are shown.

The first step is the identification and assessment of the current state in order to analyse the weaknesses and to identify the most important key indicators which are relevant for the continuous material delivery to the different labour units in the company. Based on the analyzed units the focus should be set on the roll cycles which influence the delivery to the following work stations the most.

The aim of this work is to show proposals for the optimization of the roll cycle planning and a way how roll cycle planning should be done, that guarantees a continuous utilization of the work places.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	ii
Danksagung .....	iii
Kurzfassung .....	iv
Abstract .....	v
Inhaltsverzeichnis .....	vi
Abbildungsverzeichnis .....	viii
Tabellenverzeichnis .....	xi
Abkürzungsverzeichnis.....	xii
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation, Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit.....	1
1.2 Aufbau der Arbeit .....	2
<b>2 Systemtheorie, Kybernetik und Komplexitätstheorie .....</b>	<b>5</b>
2.1 Grundbegriffe zur Systemtheorie und Prinzipien des Systemdenkens .....	5
2.1.1 Definitionen zum Systemdenken .....	6
2.1.2 Grundprinzipien des Systemdenkes.....	8
2.2 Grundlagen der Kybernetik .....	10
2.2.1 Ursprung und Entwicklung der Kybernetik.....	11
2.2.2 Anwendung kybernetischer Grundprinzipien in Produktionssystemen .....	12
2.3 Management komplexer Systeme.....	15
2.3.1 Definition der Komplexität.....	15
2.3.2 Das Gesetz der erforderlichen Varietät.....	16
2.3.3 Handhabung der Komplexität.....	18
<b>3 Grundlagen zur Optimierung der Logistikleistung.....</b>	<b>20</b>
3.1 Definition der Logistikleistung.....	20
3.1.1 Interne Logistikleistung .....	22
3.1.2 Externe Logistikleistung.....	23
3.1.3 Logistikleistung als Teil der Logistikziele.....	24
3.2 Messung der Logistikleistung.....	30
3.3 Planung im Produktionsbetrieb.....	33
3.3.1 Grundlagen zur Planung.....	33
3.3.2 Teilgebiete der Planung .....	41

---

<b>4</b>	<b>Prozessmanagement</b> .....	<b>52</b>
4.1	Grundlagen des Prozessmanagement .....	52
4.1.1	Der Begriff Prozess .....	52
4.1.2	Grundbegriffe des Prozessmanagement .....	54
4.2	Prozessidentifikation .....	56
4.3	Prozessbewertung, Optimierung und prozessbasierte Potenzialableitung .....	57
4.3.1	Messung und Bewertung von Prozessen .....	57
4.3.2	Optimierung und prozessbasierte Potenzialableitung.....	59
<b>5</b>	<b>Systemabgrenzung und Ist - Analyse der BEG Kapfenberg</b> .....	<b>63</b>
5.1	Unternehmensprofil der Böhler Edelstahl .....	63
5.1.1	Aufgabenstellung der Praxisarbeit.....	64
5.1.2	Herausforderungen in der Aufgabenstellung .....	64
5.2	Systemabgrenzung und Identifikation der wesentlichen Materialflüsse im Unternehmen .....	64
5.3	Die Produktionsplanung der BEG .....	70
5.4	Ermittlung der Datenstruktur für Analysetätigkeiten .....	72
5.5	EDV – Auswertung .....	74
5.6	Darstellung der Ist - Situation der Produktionsplanung.....	75
5.6.1	Auslastungen der Walzwerke und der Prüf- und Adjustagelinien.....	75
5.6.2	Termintreue der BEG.....	80
5.7	Wesentliche Erkenntnisse der Ist - Analyse .....	83
<b>6</b>	<b>Schwachstellenanalyse und Verbesserungsansätze</b> .....	<b>85</b>
6.1	Interpretation der Ist - Situation der BEG .....	85
6.2	Verbesserungsansätze .....	89
6.2.1	Adjustageorientierter Ansatz.....	89
6.2.2	Kundenorientierter Ansatz.....	89
6.2.3	Walzwerkorientierter Ansatz .....	90
<b>7</b>	<b>Optimierungsmöglichkeiten und deren Auswirkungen</b> .....	<b>92</b>
7.1	Erarbeitung der Optimierungsmöglichkeiten auf Basis der Schwachstellenanalyse.	92
7.2	Auswirkung der Optimierungen auf die einzelnen Fertigungsbereiche .....	98
7.2.1	Begutachtung der Walzwerke BGW und MLW .....	98
7.2.2	Auswirkungen auf die Adjustagebetriebe.....	99
7.2.3	Betrachtung der Folgen für die Wertschöpfungskette.....	100
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>101</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>103</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: lineare Kausalität.....	5
Abbildung 2: Zirkularität.....	5
Abbildung 3: Grundbegriffe zur Systemdefinition.....	6
Abbildung 4: Systemuntersuchung "vom Groben zum Detail".....	9
Abbildung 5: Kreieren und Evaluieren von Varianten auf jeder Ebene des Systems.....	10
Abbildung 6: Wirkungsprinzip der Steuerung.....	13
Abbildung 7: Funktionsschema des Regelkreises.....	14
Abbildung 8: Komplexität reduzieren, beherrschen oder vermeiden.....	19
Abbildung 9: Logistiksystem.....	20
Abbildung 10: Logistikzielsystem nach Wiendahl.....	22
Abbildung 11: Überblick der Innenlogistikleistungen im Unternehmen.....	23
Abbildung 12: Überblick der Außenlogistikleistungen eines Unternehmens.....	23
Abbildung 13: Stellenwert der Logistikleistung aus Sicht des Kunden.....	24
Abbildung 14: Logistikziele.....	25
Abbildung 15: Trichtermodell und Durchlaufdiagramm.....	26
Abbildung 16: Betriebszustände in Produktionskennlinien.....	27
Abbildung 17: Logistische Produktionskennlinien.....	28
Abbildung 18: Abhängigkeit fixer Kosten vom Beschäftigungsgrad.....	29
Abbildung 19: Fixkostendegression.....	29
Abbildung 20: Kennzahlenarten.....	31
Abbildung 21: Phasen der Planung.....	34
Abbildung 22: Zeitliche Interdependenzen von Planungsprozessen.....	36
Abbildung 23: Horizontale Interdependenzen von Planungsprozessen.....	36
Abbildung 24: Vertikale Interdependenzen.....	37
Abbildung 25: Ressourcen- bzw. verwendungsbezogene Interdependenzen von Planungsprozessen.....	37
Abbildung 26: Produktionsprogrammplanung.....	39
Abbildung 27: Anschlussplanung bzw. serielle Planung.....	39

---

Abbildung 28: rollierende Planung.....	40
Abbildung 29: Sukzessive und simultane Planung.....	40
Abbildung 30: Vertikale Koordinationsverfahren .....	41
Abbildung 31: Teilaufgaben der strategischen Führung.....	42
Abbildung 32: Grundfragen und Ebenen der strategischen Planung.....	43
Abbildung 33: Aufbau von Erfolgspotenzialen als Zweck der strategischen Planung .....	45
Abbildung 34: Teilbereiche der operativen Planung.....	46
Abbildung 35: Zusammenhang Beschäftigungsglättung - Hauptproduktionsprogrammplanung .....	50
Abbildung 36: Prozessdefinition nach Hagen.....	53
Abbildung 37: Prozessmanagementzyklus nach Delfmann .....	54
Abbildung 38: Vertikale Prozessstrukturierung .....	55
Abbildung 39: SCOR - Modell .....	57
Abbildung 40: Bewertungsdimensionen .....	58
Abbildung 41: Bewertung der Prozessqualität anhand der Liefertreue.....	59
Abbildung 42: PDCA - Zyklus .....	61
Abbildung 43: 4 - Schritt Methode für Prozessmanagement.....	62
Abbildung 44: vereinfachte Materialflussdarstellung der BEG Kapfenberg .....	65
Abbildung 45: relevante Betriebe, Materialflüsse und Arbeitsschritte für Masterarbeit.....	66
Abbildung 46: Durchlaufzeiten zyklisches Walzen - Anlieferung PAL.....	67
Abbildung 47: Zuordnung der Walzgruppen zu den Prüf- und Adjustagelinien.....	69
Abbildung 48: Zuordnung mit Berücksichtigung der Wärmebehandlungsarten .....	69
Abbildung 49: Auszug aus EDV - Auswertung.....	74
Abbildung 50: geplanter Durchsatz Blockwalzwerk 2008.....	75
Abbildung 51: geplanter Durchsatz Mehrlinienwalzwerk .....	75
Abbildung 52: geplanter Durchsatz PAL 1 – 2008 .....	76
Abbildung 53: Gegenüberstellung Soll- und Iststarttermin der Walzungen im BGW 2008 ...	78
Abbildung 54: Gegenüberstellung Soll- und Iststarttermin der Walzungen im MLW 2008 ...	78
Abbildung 55: Gegenüberstellung Soll- und Iststarttermin PAL 1 - 2008.....	79
Abbildung 56: geplante Walzmengen je Walzgruppe BGW 2008.....	79

---

Abbildung 57: geplante Walzmengen je Walzgruppen MLW 2008 .....	80
Abbildung 58: Termintreue (innerhalb einer Woche) BGW - 2008 .....	81
Abbildung 59: Termintreue (innerhalb einer Woche) MLW - 2008 .....	81
Abbildung 60: Termintreue (innerhalb einer Woche) PAL 1 - 2008 .....	82
Abbildung 61: Termintreue (innerhalb 5 Kalendertagen) BGW – 2008.....	82
Abbildung 62: Termintreue (innerhalb 5 Kalendertagen) MLW - 2008.....	83
Abbildung 63: Termintreue (innerhalb 5 Kalendertagen) PAL 1 - 2008.....	83
Abbildung 64: Mengen je Walzgruppe BGW - 2008 .....	87
Abbildung 65: Mengen je Walzgruppe MLW - 2008 .....	87
Abbildung 66: Mengen je Walzgruppe PAL 1 - 2008 .....	88
Abbildung 67: mengenmäßige Betrachtung je Walzgruppe - PAL 1 .....	93
Abbildung 68: Walzgruppe 4 - PAL 1 .....	94
Abbildung 69: Walzgruppe 3 - PAL 1 .....	95
Abbildung 70: Walzgruppe 5 - PAL 1 .....	95
Abbildung 71: Walzgruppe 2 - PAL 1 .....	95
Abbildung 72: schematische Darstellung des Zielbereiches .....	97
Abbildung 73: Gegenüberstellung Walzintervall - gewalzte Menge pro Jahr - PAL 1.....	97
Abbildung 74: Gegenüberstellung Walzintervalle - gewalzte Mengen .....	98
Abbildung 75: Gegenüberstellung Walzintervalle - gewalzte Mengen .....	99

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der wichtigsten Leistungsziele der Logistik.....	21
Tabelle 2: Zuordnung Rundabmessungen zu Prüf- und Adjustagelinien .....	67
Tabelle 3: Zuordnung Walzgruppen zu Prüf- und Adjustagelinien .....	68
Tabelle 4: Kosten- bzw. Arbeitsplatzzuordnung .....	74
Tabelle 5: maximale Kapazität der PAL 1 .....	76
Tabelle 6: maximale Ausbringung [t] pro Kalenderwoche 2008 - PAL 1 .....	77
Tabelle 7: Anlieferungsmenge aus BGW bzw. MLW an Prüf- und Adjustagelinien .....	86
Tabelle 8: gewalzte Mengen PAL 1 - 2008 .....	88
Tabelle 9: Walzgruppenübersicht - PAL 1.....	94
Tabelle 10: Walzintervalländerungen betreffend PAL 1.....	96

## Abkürzungsverzeichnis

BEG	Böhler Edelstahl GmbH
BGW	Blockwalzwerk
et al.	et alteri oder et alii = und andere
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
Hrsg.	Herausgeber
HZ	Halbzeug
MLW	Mehrlinienwalzwerk
PAL	Prüf- und Adjustagelinie
PFP	Produktionsfeinplanungssystem
PPS	Produktionsplanungssystem
PVS	Produktionsverfolgungssystem
s.	siehe
S.	Seite
STS	Stabstahl
u.a.	und andere
Vgl.	vergleiche
WBH	Wärmebehandlung
z.B.	zum Beispiel
Zit. nach	zitiert nach

# 1 Einleitung

Die Thematik der vorliegenden Masterarbeit, welche in Zusammenarbeit mit der Böhler Edelstahl GmbH (BEG) entstanden ist, beinhaltet die Verbesserung bzw. Optimierung der Logistikleistung des Unternehmens. „In der Betriebswirtschaftslehre versteht man unter Logistik eine ganzheitliche, die einzelnen Funktionsbereiche der Unternehmung übergreifende Betrachtungsweise, die die Optimierung des Material- und Erzeugnisflusses unter Berücksichtigung der damit zusammenhängenden Informationsströme zum Ziel hat.“<sup>1</sup> Man spricht daher von einer Querschnittsfunktion der Logistik, welche zu einer untrennbar miteinander verbundenen Betrachtungsweise der Aufgaben zwischen Produktion und Logistik führt. Den Maßstab für die Definition der Logistikleistung bilden der externe bzw. interne Kunde und dessen Anforderungen an die Ergebnisse des Logistiksystems. Die wesentlichen Leistungsziele der Logistik sind die Liefertreue, Lieferfähigkeit, Lieferzeit, Lieferqualität, Lieferflexibilität und die Informationsbereitschaft. Um diese Kennzahlen zu optimieren bedarf es einer ganzheitlichen Prozesskettenbetrachtung. Insbesondere die Fähigkeit logistischer Prozesse auf die Veränderungen im wirtschaftlichen Umfeld zu reagieren und Prozessketten an neue wirtschaftliche Chancen und Risiken anzupassen, sichern das langfristige Überleben und die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens.<sup>2</sup>

## 1.1 Ausgangssituation, Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Die BEG mit Stammsitz in Kapfenberg, Österreich ist eines der weltweit führenden, Stahl erzeugenden Unternehmen, welches sich durch die besonders hohe Qualität ihrer Produkte in der Prozessindustrie als fixe Größe und wertvoller Partner bzw. Zulieferer in vielen Branchen etabliert hat. Um auch den zukünftigen Anforderungen der Kunden bzw. des Marktes gerecht zu werden, ist insbesondere die ständige Verbesserung der Logistikleistungen und das Verfolgen des KVP - Ansatzes ein fixer Bestandteil der Unternehmensphilosophie.

Aus besagtem Grund hat sich die BEG entschlossen, die momentane Prozessperformance, d.h. die Anlieferung von Halberzeugnissen aus dem Blockwalzwerk (BGW) und Mehrli-

---

<sup>1</sup> Zit. nach Tempelmeier, Horst et al. (2005), S. 9.

<sup>2</sup> Vgl. Heß, Gerhard (2006), S. 379 f.

nienwalzwerk (MLW) und der externen Lohnarbeiten an die Prüf- und Adjustagelinien genauer zu analysieren, um die derzeit herrschenden hohen Auslastungsschwankungen der Prüf- und Adjustagelinien zu minimieren und die Kontinuität des Materialflusses entlang der gesamten Supply Chain zu erhöhen.

Der Material- bzw. Fertigungsfluss bei der Stahlherstellung zeichnet sich durch eine Vielzahl an Bearbeitungsstationen aus, was als Folge eine hohe Komplexität der gesamten Wertschöpfungskette des Unternehmens mit sich bringt, welche es zu beherrschen gilt. Die gegenseitige Abstimmung der einzelnen Bearbeitungsstationen ist dementsprechend schwer realisierbar, da notwendige wertschöpfende Liegezeiten kaum Flexibilität in der Auftragsabarbeitung zulassen, was wiederum als typisches Kennzeichen für die Prozessindustrie verstanden werden kann und den Mitarbeitern ein dementsprechend hohes Maß an Wissen und planerischem Können abverlangt. Dennoch sollte es aufgrund der Optimierung der Abstimmung der Walzzyklen möglich sein, eine kontinuierliche Auslastung der Prüf- und Adjustagelinien zu verwirklichen.

Daraus ergeben sich die nachfolgenden Forschungsfragen, welche im Rahmen dieser Masterarbeit beantwortet werden:

- Welche Prüf- und Adjustagelinien müssen untersucht und analysiert werden, um eine kontinuierliche Auslastung und damit eine Verbesserung der Logistikleistung der BEG zu erzielen?
- Welche Möglichkeiten der Optimierung bzw. der Abstimmung der Walzzyklen und der Weiterverarbeitung an den Prüf- und Adjustagelinien hinsichtlich eines kontinuierlichen Fertigungsflusses gibt es?

und

- Welche theoretischen Grundlagen, Instrumente und Konzepte werden zur Lösung der praktischen Aufgabenstellung benötigt?

## **1.2 Aufbau der Arbeit**

Zunächst wird in der vorliegenden Arbeit auf die Systemtheorie und die Grundprinzipien des Systemdenkens eingegangen, da diese die grundlegende Ansätze zur Vorgehensweise bei der Ermittlung des Ist - Zustandes der BEG Kapfenberg liefert. Weiters werden die Grundlagen der Kybernetik näher beleuchtet, um im Anschluss daran die Thematik der Komplexität von Systemen zu fokussieren, da die Grundlagen dieser beiden Themengebiete

te zur Erläuterung der bei der BEG auftretenden Problemstellungen herangezogen werden. Den Abschluss des ersten Theoriekapitels bilden mögliche Ansätze zur Komplexitätsbeherrschung im Unternehmen, da dies ein wesentliches Ziel seitens der BEG darstellt.

Im Anschluss daran werden die theoretischen Grundlagen zur Optimierung der Logistikleistung ausgearbeitet, welche zur Abarbeitung des Praxisteils benötigt werden. Hierbei erfolgt zunächst die Beleuchtung der Definition und Messung der Logistikleistung sowie eine Beschreibung der Wirkungszusammenhänge der einzelnen Kenngrößen der Logistikleistung. In weiterer Folge wird der Fokus auf die Planung im Produktionsbetrieb gesetzt, in welchem Aufgaben und Charakteristika sowohl der strategischen als auch der operativen Produktionsplanung untersucht werden. Ein Exkurs in die Produktionsprogrammplanung, welcher Nachfrageprognosen, Beschäftigungsglättung und Hauptproduktionsprogrammplanung zum Inhalt hat, rundet diese Thematik ab.

Den letzten theoretischen Themenkreis stellt das Prozessmanagement dar; denn nur beherrschte Prozesse können einen dementsprechenden Produktionserfolg garantieren und einen Mehrwert für das Unternehmen schaffen. Daher wird im Anschluss daran auf die Notwendigkeit einer gut funktionierenden Prozessidentifikation und -bewertung eingegangen. Schlussendlich soll eine Vorgehensweise, auf Basis dessen der praktische Teil dieser Arbeit aufgebaut ist, aufgezeigt werden, welche Optimierungs- und prozessbasierte Potenzialableitungen ermöglicht.

Nach der Erörterung der theoretischen Grundlagen folgt die Beschreibung des in Zusammenarbeit mit der BEG durchgeführten Praxisteils der Masterarbeit. Zunächst werden im Zuge der Ermittlung der Ist - Situation die Systemabgrenzung und die Identifikation der relevanten Materialflüsse erläutert. Im Anschluss daran erfolgt ein Exkurs in die Produktionsprogrammplanung der BEG Kapfenberg. Auf die Erkenntnisse der Ist - Situation aufbauend, wird die Identifikation der wesentlichen Einflussfaktoren und die Darstellung der Schwachstellenanalyse beschrieben, sowie die Ermittlung etwaiger Verbesserungsansätze. Abschließend kommt es zur Begutachtung und kritischen Bewertung möglicher Optimierungspotenziale, wobei hier der Fokus auf die Auswirkungen der vorgeschlagenen Lösungsansätze auf die Walzwerke, die Prüf- und Adjustagelinien sowie die gesamte Wertschöpfungskette gelegt wird.

Den Abschluss dieser Masterarbeit bilden die Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse aus der Praxis, die festgestellten Übereinstimmungen bzw. Abweichungen zwischen den in der Theorie vorgeschlagenen und in der Praxis tatsächlich verwirklichtbaren

Lösungsansätzen, sowie ein Ausblick auf die durch diese Arbeit festgestellten Maßnahmen und daraus ableitbaren zukünftigen Handlungsbedarfe.

## 2 Systemtheorie, Kybernetik und Komplexitätstheorie

Zu Beginn dieses Kapitels erfolgt eine Einführung in die Systemtheorie, in welcher die Grundlagen dieser erörtert werden. Hierzu werden die Definitionen der Grundbegriffe beschrieben und die wesentlichen Prinzipien des Systemdenkens vorgestellt. Im Anschluss daran wird auf die Kybernetik verwiesen, welche für die betriebliche Fertigungssteuerung von großer Relevanz ist. Abschließend erfolgt die Betrachtung des Managements komplexer Systeme und der sich daraus ergebenden Thematik der Komplexität in Unternehmen.

### 2.1 Grundbegriffe zur Systemtheorie und Prinzipien des Systemdenkens

In diesem Abschnitt wird auf die Grundbegriffe und wichtigsten Definitionen der Systemtheorie eingegangen und es erfolgt die Vorstellung der wesentlichen Prinzipien des Systemdenkens.

Thomas Kuhn bezeichnete 1962 den nach dem Zweiten Weltkrieg in den verschiedenen wissenschaftlichen Gebieten stattfindenden Paradigmenwechsel als „wissenschaftliche Revolution“.<sup>3</sup> Ereignisse wurden nun nicht mehr durch die lineare Kausalität (Ursache - Wirkungs - Kette) erklärt, sondern das Denken in Systemen wurde angestrebt. Grund für diesen Wandel war die Tatsache, dass einige auftretende Phänomene nicht mehr anhand der linearen Kausalität (siehe dazu Abbildung 1) erklärbar waren. Das „systemische Denken“ hingegen, welches durch Zirkularität (siehe Abbildung 2) und das Berücksichtigen von Beziehungen, welche im System herrschen, bestimmt ist, konnte eine Antwort auf diese Ereignisse liefern.<sup>4</sup>

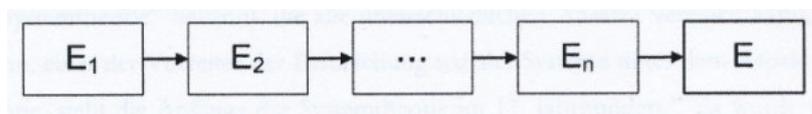


Abbildung 1: lineare Kausalität<sup>5</sup>

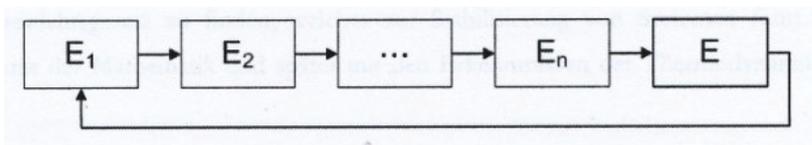


Abbildung 2: Zirkularität<sup>6</sup>

<sup>3</sup> Vgl. Simon, Fritz (2007), S. 12 zitiert nach Kuhn, Thomas (1962).

<sup>4</sup> Vgl. Simon, Fritz (2007), S. 12 f.

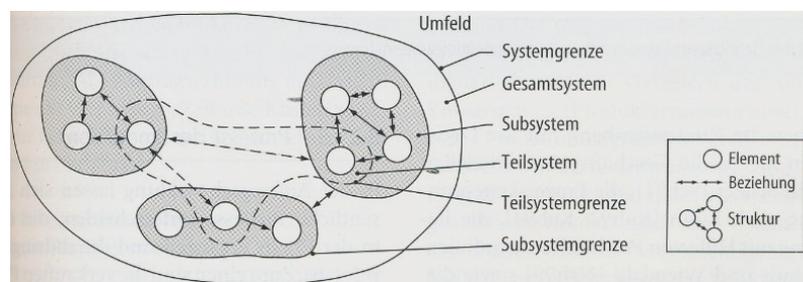
<sup>5</sup> Quelle: Simon, Fritz (2007), S.14.

Die ersten Ansätze einer Verallgemeinerung der Systemtheorie entstanden in den 1950er Jahren, doch bis heute ist keine allgemeine Systemtheorie bekannt, unter welcher sich all die unterschiedlichen Ansätze vereinbaren lassen. Ein Versuch von Ludwig von Bertalanffy eine „allgemeine Systemtheorie“ zu entwickeln, welche die verschiedenen Sichtweisen der Systemtheorie unter einen Nenner zusammenzufassen konnte, scheiterte.<sup>7</sup> Niklas Luhmann, der sich mit der Erforschung sozialer Systeme unter dem Aspekt der Systemtheorie beschäftigt, sieht die Anfänge der Systemtheorie bereits im 17. Jahrhundert. So wurden bereits dort schon erste Versuche unternommen, Gleichgewichtsgesetze zur Stabilisierung von Systemen zu entwickeln.<sup>8</sup>

### 2.1.1 Definitionen zum Systemdenken

Zur Darstellung komplexer Gebilde, wie es die meisten Produktionsunternehmen sind, hat sich die Systemtheorie bewährt. „Unter Systemtheorie versteht man allgemein die Theorie der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems, der Beziehung zwischen Struktur und Funktion von Systemen und der Beziehungen zwischen Teilsystemen und Gesamtsystemen.“<sup>9</sup>

Abbildung 3 stellt die grundlegenden Begriffe in einem allgemeingültigen Zusammenhang dar:



**Abbildung 3: Grundbegriffe zur Systemdefinition<sup>10</sup>**

Vereinfacht ausgedrückt arbeitet die Systemtechnik mit abstrakten Modellen, die nach folgenden Regeln aufgebaut sind:<sup>11</sup>

- Ein System besteht aus einer Menge von Elementen (kleinste Einheit eines Systems, welche nicht weiter zerlegt werden kann) und einer Menge von Beziehungen

<sup>6</sup> Quelle: Simon, Fritz (2007), S.15.

<sup>7</sup> Vgl. Bertalanffy, Ludwig von (1973).

<sup>8</sup> Vgl. Luhmann, Niklas (2004), S. 42 ff.

<sup>9</sup> Zit. nach Arnold, Dieter et al. (2004), S. B 3 - 5.

<sup>10</sup> Quelle: Arnold, Dieter et al. (2004), S. B 3 - 5.

<sup>11</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. B 3 - 5.

(Relationen), die zwischen diesen Elementen herrschen. Eine Gruppe von Elementen, die über Beziehungen verknüpft sind, bildet eine Struktur.

- Jedes System kann in Subsysteme niedriger Ordnung (d.h. in Untersysteme des Gesamtsystems) zerlegt werden. Elemente, die nach einer anderen Beziehung zusammengefasst werden, heißen Teilsysteme.
- Jedes Element, jedes Subsystem und das gesamte System können durch eine Systemgrenze abgegrenzt und durch Input (Eingang), Output (Ausgang) und einer Funktion beschrieben werden (sog. Black - Box - Darstellung). Wenn das System als Ganzes keine Eingangs- und Ausgangsgrößen hat, spricht man von einem geschlossenen System. Ansonsten handelt es sich um ein offenes System.
- Alles außerhalb der Systemgrenzen Liegende wird als Umfeld bezeichnet. Auch findet man in der Literatur den Ansatz, wonach es nur bei offenen Systemen ein zugehöriges Umfeld gibt und bei (ab)geschlossenen Systemen keine Unterscheidung zwischen System und Umwelt existiert. „Die Umgebung [U] Umwelt eines Systems S ist die Gesamtheit aller Systeme  $U_1, U_2, \dots$ , die mindestens ein Element besitzen, dessen Ausgang zugleich Eingang eines Elements von S ist, oder die mindestens ein Element enthalten, dessen Eingang zugleich Ausgang eines Elements von S ist. [...] Ein System kann also nur dann als Umgebung eines anderen Systems betrachtet werden, wenn zwischen beiden Systemen irgendeine Koppelung besteht. Das bedeutet zugleich, dass eine Umgebung nur bei offenen Systemen vorhanden ist. Für geschlossene Systeme hat der Begriff der Umgebung keine Bedeutung.“<sup>12</sup> Die vorliegende Arbeit distanziert sich aber von dieser Sichtweise und es erfolgt auch bei geschlossenen Systemen die Abgrenzung zwischen System und Umfeld.
- Die Makroebene wird durch die System - Umfeld - Beziehung repräsentiert, während die Subeinheiten des Systems, also die Elemente, die Mikroebene darstellen.<sup>13</sup>

Ein (ab)geschlossenes System hat keine Wechselwirkungen mit seinem Umfeld, hingegen ein offenes System lässt Wechselwirkungen jeder Art zwischen System und Umfeld zu. Die in einem System enthaltenen Elemente beeinflussen sich gegenseitig. Wird nun der Zeitbezug in die Systemgestaltung eingebracht, so entsteht eine Dynamik, welche als das Verhalten des Systems bezeichnet werden kann und das Untersuchungsgebiet der Systemtheorie

---

<sup>12</sup> Zit. nach Bossel, Hartmut (2004), S. 13.

<sup>13</sup> Vgl. Klaus, Georg et al. (1976), S. 200.

darstellt. Die Dynamik für das System Unternehmen entsteht durch die ständige Änderung seines Umfeldes (des Marktes). Um als System am Markt überleben zu können, ist eine ständige Anpassung des Systems an sein Umfeld unabdingbar.

Ein System verhält sich nach dem Zitat von Günther Ossimitz und Christian Lapp „Das (dynamische) Verhalten eines Systems wird in erster Linie durch seine (statische) Struktur determiniert“<sup>14</sup> abhängig von seinem Aufbau. Die Systemtheorie beschäftigt sich daher mit dem Verhalten und den Strukturen von Systemen, um daraus Gemeinsamkeiten und Rückschlüsse über diese Beziehung ableiten zu können. Im Speziellen werden dabei die Beziehungen der einzelnen Elemente untersucht.<sup>15</sup>

Wendet man die Systemtechnik auf ein Produktionsunternehmen an, bilden die Elemente die einzelnen Funktionen, die zur Erzeugung der Produkte erforderlich sind. Die Beziehungen zwischen diesen Elementen werden durch die Grundgrößen (Elementarfaktoren) Material, Energie und Information hergestellt. Energiebeziehungen können nur dann vernachlässigt werden, wenn keine technischen Prozesse untersucht werden.<sup>16</sup>

### **2.1.2 Grundprinzipien des Systemdenkes**

„Im Systemdenken oder systembezogenen Denken geht es darum, den zu lösenden Problembereich als ein System mit seinen Elementen und Interaktionen sowohl innerhalb des Systems, als auch mit den Umgebungen, d.h. der Außenwelt des Systems zu verstehen.“<sup>17</sup> Im Folgenden wird im Detail auf die Grundprinzipien des Systemdenkens eingegangen:

Die Anwendung des systemhierarchischen Denkens bzw. des Black - Box - Prinzips ist vorherrschend. Auch die Minimierung von Schnittstellen soll durch die adäquate Systemzerlegung erreicht werden. Ebenso wird das sogenannte „Piecemeal Engineering“ nach Popper verfolgt, was soviel wie die Veränderung in kleinen Schritten bedeutet, und eine minimale Präjudizierung soll angestrebt werden, d.h. im Zweifel sollte jene Lösung verwendet werden, welche die meisten Freiräume für zukünftige Entwicklungen offen lässt.<sup>18</sup>

Das Vorgehensprinzip des systemhierarchischen Denkens verlangt, das System auf verschiedenen Ebenen zu betrachten. Sei dies auf dem obersten Niveau, d.h. dem Niveau des ganzen Systems, aber auch in den Untersystemen, d.h. den Systemen auf den unteren Ni-

---

<sup>14</sup> Zit. nach Ossimitz, Günther; Lapp, Christian (2006), S. 18.

<sup>15</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 228.

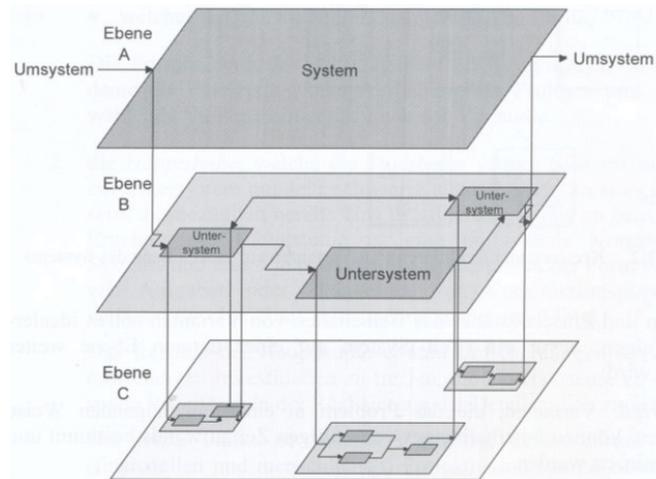
<sup>16</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. 3 - 5.

<sup>17</sup> Zit. nach Schönsleben, Paul (2007), S. 943.

<sup>18</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna (2006), S. 143.

veaus.<sup>19</sup> Die Untersuchung eines Systems soll nach dem Grundsatz „vom Groben zum Detail“ erfolgen.

Zur Begriffserklärung „vom Groben zum Detail“ wird Abbildung 4 herangezogen:



**Abbildung 4: Systemuntersuchung "vom Groben zum Detail"<sup>20</sup>**

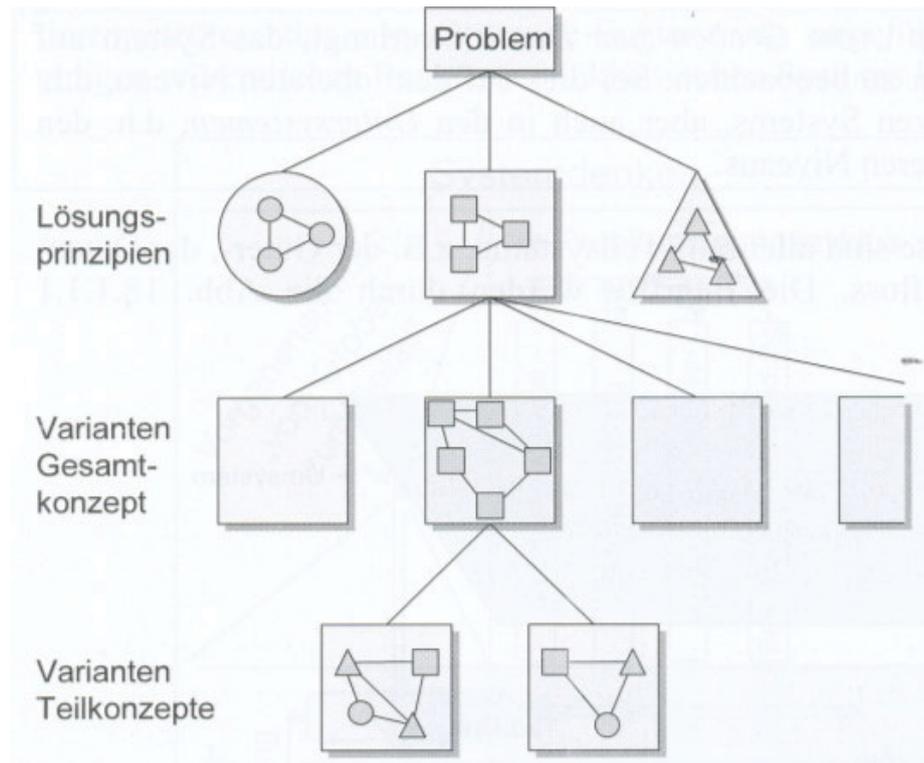
Man versucht hierbei, zuerst das ganze System auf dem obersten Niveau in seiner Wechselwirkung mit den Umsystemen zu formulieren, wobei die Untersysteme als sogenannte Black Boxes verstanden werden, d.h. man betrachtet den Input, den Output sowie die Funktionen der Black Box, aber nicht die Art und Weise, wie die Funktion realisiert werden soll. In einer darauf folgenden Phase wird man jedes Untersystem, d.h. in der gleichen Art als System behandeln. Das oberste Niveau oder die oberen Ebenen beschreiben im Allgemeinen den Standpunkt eines Generalisten zur Lösung des Problems, die unteren Ebenen sind dagegen mehr auf die Struktur des Problems bezogen und gleichen damit dem Standpunkt eines Spezialisten. Je nach zu betrachtendem Aspekt muss man die Diskussion auf der richtigen Systemebene führen.<sup>21</sup>

Meistens gibt es mehrere Wege zum Entwurf eines Systems auf jeder Ebene, besonders zur Definition der Untersysteme. Diese Möglichkeiten führen auf jeder Ebene zu einer Vielzahl von Varianten, wie dies in Abbildung 5 aufgezeigt wird.

<sup>19</sup> Vgl. Schönsleben, Paul (2007), S. 943.

<sup>20</sup> Quelle: Schönsleben, Paul (2007), S. 943.

<sup>21</sup> Vgl. Schönsleben, Paul (2007), S. 943.



**Abbildung 5: Kreieren und Evaluieren von Varianten auf jeder Ebene des Systems<sup>22</sup>**

„Evaluation und Entscheidung über das Beibehalten von Varianten sollen idealerweise erfolgen, bevor ein (Teil-)System auf einer unteren Ebene weiter behandelt wird. Dies hat den Vorteil, dass Varianten, die das Problem in einer ungenügenden Weise lösen innerhalb eines vernünftigen Zeitaufwands bestimmt und eliminiert werden können. Der Nachteil liegt darin, dass sich manchmal erst durch ein detailliertes Studium auf der untersten Systemebene zeigt, ob die postulierte Funktionsweise einer Black Box auf einer unteren Ebene auch wirklich realisiert werden kann. Damit steht der Aufwand für die Ausarbeitung einer Variante auf einer tieferen Ebene dem Risiko einer falschen Entscheidung auf einer höheren Ebene gegenüber.“<sup>23</sup>

## 2.2 Grundlagen der Kybernetik

Der Begriff der Kybernetik leitet sich aus dem griechischen Wort „kybernetes“ ab, was zu Deutsch als Steuermann oder Lotse eines Schiffes übersetzt werden kann.<sup>24</sup> Darunter versteht man die Idee, dass ein Steuermann die durch Einwirkung von Wellen und Wind entstehenden Abweichungen durch überlegte Gegenmaßnahmen ausgleicht, um das Schiff auf

<sup>22</sup> Quelle: Schönsleben, Paul (2007), S. 944.

<sup>23</sup> Zit. nach Schönsleben, Paul (2007), S. 944.

<sup>24</sup> Vgl. Simon, Fritz (2007), S. 13.

Kurs zu halten.<sup>25</sup> Die Kybernetik ist die Wissenschaft der Steuerungskunst (technischer) Systeme und wurde im Wesentlichen vom Amerikaner Norbert Wiener in den 1950er geprägt.<sup>26</sup>

Das Ziel der Fertigungssteuerung ist das effiziente Durchführen produktionsrelevanter Entscheidungen. Aktionen sollen möglichst fertigungsnahe und rasch vollzogen werden, jedoch ebenfalls auf das Gesamtziel (nicht bereichsorientiert) ausgerichtet sein. Diese Theorie der Steuerung beziehungsweise Regelung hat die Kybernetik zum Inhalt.

### 2.2.1 Ursprung und Entwicklung der Kybernetik

Bei der Kybernetik handelt es sich um die Kontrolle und Abweichungsanalyse von Systemen. Die ursprüngliche Definition stammt von Gregory Bateson und wurde von Heinz von Foerster in seinem Buch folgendermaßen zitiert: „Kybernetik ist ein Zweig der Mathematik, der sich mit den Problemen der Kontrolle, der Rekursivität und der Information beschäftigt.“<sup>27</sup> Die Theorie hatte ihren Ursprung in den 1940er Jahren im Bereich der Regelungstechnik und fand dort auch in der Produktion ihren erstmaligen Einsatz. Jedoch waren die Begriffe der Regulierung auch schon in anderen Fachbereichen wie z.B. der Nachrichtentechnik bekannt, wo versucht wurde Optimierungen in den Informationsflüssen zu erreichen.<sup>28</sup>

Durch die steigende Spezialisierung in den wissenschaftlichen Einzelbereichen ist das enge und gut funktionierende Zusammenarbeiten von Fachspezialisten bei übergreifenden Problemstellungen notwendig, um ein dementsprechendes Ergebnis zu erzielen. Dazu ist eine gemeinsame Basis notwendig. Das Zusammenführen der einzelnen Wissenschaften wird daher als Aufgabe der Kybernetik angesehen, d.h. die Kybernetik stellt eine Art Grenzwissenschaft dar.<sup>29</sup> Da der Abstraktionsgrad in der Begriffsbildung der Kybernetik sehr hoch ist, kann dieser von den verschiedensten Fachbereichen genutzt werden. Überall dort, wo ein stabiler Zustand erwünscht und durch dynamische Rückkoppelung erhalten werden soll, fand die Kybernetik ihren Einsatz.<sup>30</sup>

Da zum Unterschied zur Systemtheorie kybernetische Systemmodelle nicht nur rein theoretischer Natur sind und auch auf die Realität übertragbar sein müssen, ist eine durchgängi-

---

<sup>25</sup> Vgl. Luhmann, Niklas (2004), S. 54.

<sup>26</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 8.

<sup>27</sup> Zit. nach Foerster, Heinz von (1993), S. 62.

<sup>28</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 6.

<sup>29</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 4 ff.

<sup>30</sup> Vgl. Klaus, Georg et al. (1976), S. 324.

ge Verallgemeinerung der Definition der Kybernetik, wie sie von Bertalanffy unter dem Schlagwort „Allgemeine Systemtheorie“ oder „General System Theory“ getätigt wurde, vor allem bei Joachim Foerster auf Widerspruch gestoßen, da dies nach Foerster etwas zu verallgemeinernd ist.<sup>31</sup> Georg Klaus definiert die Kybernetik wie folgt unter einem eher generischen Blickwinkel: „Kybernetik ist die allgemeine, formale Wissenschaft von Struktur, den Relationen und dem Verhalten dynamischer Systeme“<sup>32</sup> und Alexej Ljapunows Definition ist von der regelungstechnischen Sichtweise aus abgeleitet und wird von Bertalanffy folgendermaßen zitiert: „Das Grundverfahren der Kybernetik ist die algorithmische Beschreibung des Funktionslaufs von Steuerungssystemen. Der mathematische Gegenstand der Kybernetik ist das Studium der steuernden Algorithmen.“<sup>33</sup>

Es lässt sich aufgrund der verschiedenen Definitionen erkennen, dass die Abgrenzung der Kybernetik in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Standpunkt des Betrachters steht. Dennoch sind Gemeinsamkeiten wie Relation, Systembetrachtung, Steuerung und Regelung erkennbar.

Abgesehen von der Entwicklung der Regelungstechnik, lag der Ursprung der „eigentlichen“ Kybernetik in den Erfordernissen der Kriegstechnik des Zweiten Weltkrieges, wo insbesondere im Bereich der Fliegerabwehr eine Optimierung der Waffenpräzision notwendig war.<sup>34</sup> Hierbei gilt es vor allem Norbert Wiener zu nennen, der sich bei der Entwicklung dynamischer Anpassungsprogramme für Fliegerabwehrkanonen einen Namen gemacht hat.<sup>35</sup>

### **2.2.2 Anwendung kybernetischer Grundprinzipien in Produktionssystemen**

Da es in einer Produktion eine Vielzahl von Einzelkomponenten gibt, welche alle durch Wechselwirkungen miteinander verknüpft sind und ein nichtdeterministisches Systemverhalten vorherrscht, beschreibt Günther Pallawek den Zusammenhang zwischen den Produktionsprozessen und der Systemtheorie bzw. der Kybernetik als Vergleich der Fertigung mit einem offenen dynamischen System.<sup>36</sup>

---

<sup>31</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 229.

<sup>32</sup> Zit. nach Flechtner, Joachim (1970), S. 10.

<sup>33</sup> Zit. nach Flechtner, Joachim (1970), S. 9.

<sup>34</sup> Vgl. Klaus, Georg et al. (1976), S. 326.

<sup>35</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 7.

<sup>36</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 24.

Bevor nun auf die Relevanz der Kybernetik bei der Anwendung dieser in Produktionssystemen eingegangen wird, erfolgt eine Erläuterung der kybernetischen Grundprinzipien Regelung und Steuerung.

Die Steuerung ist laut DIN 19226 definiert als Vorgang „bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen (siehe Abbildung 6).“<sup>37</sup> Die Steuerung ist darauf ausgelegt, Prozesse auf vorgegebene Ziele mittels Anweisungen auszurichten, wodurch dem System ein Verhalten und kein Ziel vorgegeben wird.<sup>38</sup> Es wird versucht durch gezielte Steuerung einen Zustand A in einen, mit bestimmten Methoden herbeigeführten, gewünschten Zustand B überzuführen. Um vom Zustand A zum Zustand B zu gelangen, ist ein bestimmter Weg zu finden. Ein solcher Wirkungsweg wird auch als Steuerkette bezeichnet. Jede Steuerkette enthält für jede gesteuerte Größe (betrachtetes System) eine Steuerstrecke und eine Steuereinrichtung. Die Eingangsgrößen werden als Stellgrößen oder Störgrößen bezeichnet und das Ausgangssignal wird gesteuerte Größe genannt. Die Einflussnahme durch die Steuerung geschieht von „außen“, d.h. diese wird außerhalb der Systemgrenzen durchgeführt. Somit kann das Eingreifen in den normalen Ablauf des Systems auch als Störung durch den Steuerer bezeichnet werden.<sup>39</sup>



**Abbildung 6: Wirkungsprinzip der Steuerung**<sup>40</sup>

Da die Steuerung vorwärtsgerichtet wirkt, kann nicht auf unvorhergesehene Störungen reagiert werden.<sup>41</sup> Im Gegensatz dazu beruht die Regelung auf der Einführung eines Rückkopplungsprozesses und stellt eine besondere Form des Steuerns dar, da es sich hierbei um eine „Selbststeuerung des Systems“ handelt.<sup>42</sup>

Die Regelung ist definiert als Vorgang, bei dem „die zu regelnde Größe fortlaufend erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen, und abhängig vom Ergebnis die-

<sup>37</sup> Zit. nach DIN 19226.

<sup>38</sup> Vgl. Ulrich, Hans (1970), S. 120.

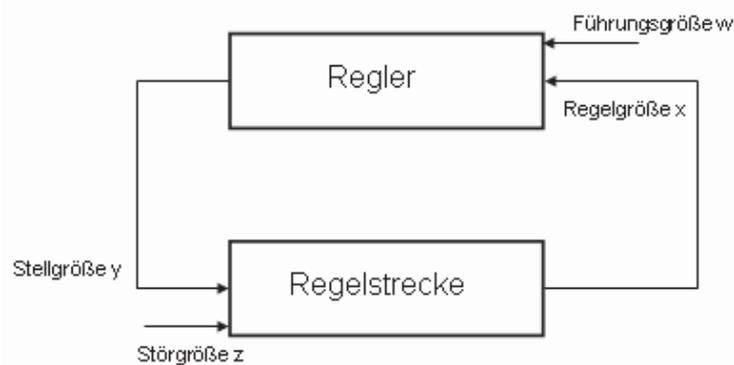
<sup>39</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 35.

<sup>40</sup> In Anlehnung an Flechtner, Joachim (1970), S. 651.

<sup>41</sup> Vgl. Westphal, Jan (2001), S. 71 f.

<sup>42</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 34.

ses Vergleichs im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird“.<sup>43</sup> Bei der Regelung wird, wie auch bei der Steuerung, ein Ziel von außen gesetzt. Doch das Verhalten wird zum Unterschied zur Steuerung nicht von außen gesteuert, sondern das System ist so geschaltet, dass es sich selbst steuert.<sup>44</sup> Die Regelung erfolgt über eine Regelkreisstruktur, welche wie bereits vorher erwähnt eine Rückkoppelung bewirkt. Diese Rückkoppelung ist eine spezielle Art der Wechselwirkung, welche darauf beruht, dass sich zwei oder mehrere (System-)Elemente in einer geschlossenen Kausalkette gegenseitig beeinflussen. Der Regelkreis besteht aus einer Regelstrecke und einer Regeleinrichtung (Regeleinheit oder Regler). Dabei ist es die Aufgabe des Reglers, die veränderliche Regelgröße  $x$  mit der Führungsgröße  $w$  zu vergleichen und bei einer festgestellten Abweichung mittels Stellgröße  $y$  auf die Regelstrecke einzuwirken. Ziel ist es dabei, die Differenz zwischen der Regelgröße  $x$  und der Führungsgröße  $w$  so gering als möglich werden zu lassen und somit die Auswirkung der Störgröße  $z$  auf die Regelstrecke auszugleichen (siehe Abbildung 7).<sup>45</sup>



**Abbildung 7: Funktionsschema des Regelkreises<sup>46</sup>**

Der Vorteil von Regelkreisen gegenüber Steuerketten liegt darin, dass eine Systemstabilisierung auch dann erreicht werden kann, wenn mehrere Störgrößen einwirken oder der Einfluss der Störungen auf die gesteuerten Größen im Vorhinein nicht bekannt ist.<sup>47</sup>

Bei der prozessorientierten Definition eines offenen Regelkreises nimmt der Mensch als Regler eine zentrale Rolle ein, indem er basierend auf einer vorliegenden Zielabweichung im Rahmen eines Problemlösungsprozesses Maßnahmen zur Prozessstabilisierung festlegt.<sup>48</sup> Auch hier besteht ein Regelkreis aus einer Regelstrecke (dem Prozess) und dem Reg-

<sup>43</sup> Zit. nach DIN 19226.

<sup>44</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 34.

<sup>45</sup> Vgl. Flechtner, Joachim (1970), S. 42 und Klaus, Georg et al. (1976), S. 651.

<sup>46</sup> In Anlehnung an Flechtner, Joachim (1970), S. 651.

<sup>47</sup> Vgl. Lerner, Alexander (1970), S. 99.

<sup>48</sup> Vgl. Westpahl, Jan (2001), S. 72 f.

ler (dem Controller). Der Controller überwacht ständig die Differenz zwischen dem vorgegeben Plan- bzw. Sollwert und dem Istwert. Treten dabei Abweichungen zwischen Soll und Ist auf, da eine Störgröße auf die Regelstrecke einwirkt und dementsprechende Abweichungen verursacht, muss der Regler (der Controller) eingreifen, um dementsprechende Maßnahmen einzuleiten, damit die Abweichungen ausgeglichen werden können. Ulrich<sup>49</sup> bezeichnet diesen Prozess des Festlegens, des Auslösens und des Kontrollierens von zielgerichteten Aktivitäten als „Lenkung“. Allgemein bedeutet Lenkung daher einen Prozess unter Kontrolle zu halten. Ziel der Produktionslenkung ist es, die Prozesse der Produktionsbereiche eines Systems aufeinander abzustimmen und die einzelnen Produktionsstufen im Sinne eines kontinuierlichen Flusses zeit- und mengenmäßig zu synchronisieren.<sup>50</sup>

Es ist zu erkennen, dass es durchaus Gemeinsamkeiten zwischen den Grundsätzen der Kybernetik und der Produktion eines Unternehmens gibt. Die Bedeutung der Kybernetik für die Anwendung in Produktionssystemen besteht vor allem darin, dass diese die Komplexität der Produktionsprozesse akzeptiert, auf welche nun im Anschluss im Detail eingegangen wird.

## **2.3 Management komplexer Systeme**

In diesem Abschnitt wird das Thema der Komplexität von Systemen, welche durch die Wechselwirkungen und Beziehungen der Elemente eines Systems entstehen, beleuchtet um anschließend auf das Gesetz der erforderlichen Varietät zu verweisen, welches notwendig ist, um Komplexität zu beherrschen. Den Abschluss dieser Thematik stellt ein kurzer Exkurs in die richtige Handhabung der Komplexität in Unternehmen dar.

### **2.3.1 Definition der Komplexität**

Unternehmen können, wie alle anderen soziotechnischen Systeme auch, aus einer Vielzahl von verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Je nachdem, welche Aspekte, Funktionen, Eigenschaften usw. als relevant angesehen werden, gelangt man zu unterschiedlichen, sich teils ergänzenden, teils widersprechenden Theorien über Struktur und Verhalten der betrachteten Systeme. Neben den aus jeweils verschiedenen Perspektiven konstruierten Ansätzen zur Erklärung technischer Systeme gibt es auch immer wieder Versuche, zu einer einheitlichen, die verschiedenen Ansätze umfassenden und integrierenden Betrachtungsweise zu gelangen. Kybernetik und Systemtheorie stellen Versuche einer Vereinheitlichung

---

<sup>49</sup> Vgl. Ulrich, Hans (1984), S. 99 f.

<sup>50</sup> Vgl. Westpahl, Jan (2001), S. 201 f.

und Integration unterschiedlicher Perspektiven dar. Das zentrale Problem und hiermit die Komplexität ist die Frage nach den Gemeinsamkeiten in Strukturen, Funktionen, Aufgaben, zu lösenden Problemen, Zielen usw. unterschiedlicher Systeme. Umgangssprachlich wird Komplexität oftmals mit Unverständlichkeit oder Unübersichtlichkeit gleichgesetzt, was auch der ursprünglichen Bedeutung dieses Wortes entspricht.<sup>51</sup> In der Wissenschaft gibt es je nach Fachgebiet verschiedenste Definitionen, die sich nicht zu einem einheitlichen Begriff zusammenfassen lassen. So definieren Ulrich und Probst<sup>52</sup> die Komplexität, als „Die Fähigkeit eines Systems, in einer gegebenen Zeitspanne eine große Zahl von verschiedenen Zuständen einnehmen zu können.“ Schuh<sup>53</sup> definiert die Komplexität folgendermaßen: „Komplexität besagt eigentlich zweierlei: Zum einen bezeichnet man damit ein System, in dem nicht mehr alle Elemente miteinander verknüpft werden können, und zum anderen meint man damit Unbestimmtheit und Unvorhersehbarkeit.“ Bronner<sup>54</sup> hingegen definiert die Komplexität als „Die Anzahl der Elemente und ihrer Relationen [...]“. Für diese Arbeit wird von der Definition nach Ulrich und Probst ausgegangen.

Wie nun Komplexität in Systemen auftreten bzw. gemessen werden kann und welche Ansätze zur Beherrschung dieser in der Literatur aufgezeigt werden, wird nun im Detail betrachtet.

### **2.3.2 Das Gesetz der erforderlichen Varietät**

Als Maß für die Komplexität kann die Varietät herangezogen werden. Unter Varietät versteht man laut Fredmund Malik „die Anzahl der unterscheidbaren Zustände eines Systems, bzw. der Anzahl der unterscheidbaren Elemente einer Menge“.<sup>55</sup> Nach Robert Ashby besteht nun das Problem eines jeden Organismus darin, die für sein Überleben relevante Komplexität unter Kontrolle zu bringen. Dies bedeutet, dass die Organisation Mittel und Wege finden muss, seine eigene, als Varietät ausgedrückte Komplexität in Einklang zu bringen mit der ebenfalls als Varietät ausgedrückten Komplexität, welche von der Umwelt ausgeht. Komplexität hat also ihre Ursache im Wesentlichen in den Interaktionen von Elementen und die Bestimmung der Komplexität stützt sich daher hauptsächlich auf die

---

<sup>51</sup> Vgl. Malik, Fredmund (1996), S. 185.

<sup>52</sup> Zit. nach Ulrich Hans et al. (1991), S. 58.

<sup>53</sup> Zit. nach Schuh, Günther (2005), S. 5.

<sup>54</sup> Zit. nach Bronner, Rolf (1991), S. 1121 f.

<sup>55</sup> Zit. nach Malik, Fredmund (2002), S. 186.

mathematische Kombinatorik, da mit Hilfe dieser das Phänomen Komplexität am besten beschrieben werden kann.<sup>56</sup>

Das Gesetz der erforderlichen Varietät von Ashby besagt, dass Komplexität nur durch Komplexität kontrolliert werden kann. Diese Behauptung kann anhand einfacher Überlegungen nachvollzogen werden: Gegen einen guten Schachspieler kann nur ein ebenso guter Schachspieler gewinnen. Man sieht also, dass diese These ihre Richtigkeit besitzt und auf alle Bereiche angewandt werden kann.<sup>57</sup> Im Zusammenhang mit einfachen Systemen stellt das Gesetz der erforderlichen Varietät kaum Schwierigkeiten dar. Hat man es aber mit einem komplexeren Sachverhalt zu tun, ergeben sich äußerst große Schwierigkeiten diesen Sachverhalt zu erfüllen.<sup>58</sup>

Es drängt sich nun oftmals die Frage auf, weshalb die Bedeutung der Komplexität von Systemen so lange verkannt wurde. Zum einen ist zu sagen, dass Komplexität oder Varietät in sehr vielen unterschiedlichen Formen auftreten kann. So wurde z.B. schon lange vor Newton von der Schwerkraft Gebrauch gemacht, und für konkrete Situationen waren längst Lösungen gefunden worden, die es erlaubten, die Schwerkraftwirkung zu überwinden. Für die Erkenntnis allerdings, dass es sich hier um ein allgemeines Naturgesetz handelt, brauchte es die Untersuchungen Newtons. Zum andern ist anzumerken, dass alle natürlichen Systeme unter irgendeiner Art von Kontrolle stehen und somit große Mengen von Zuständen, die grundsätzlich möglich wären, faktisch niemals oder nur äußerst selten auftreten. So zum Beispiel wird das Funktionieren des menschlichen Nervensystems als völlig selbstverständlich hingenommen. Erst wenn durch einen Unfall oder eine Krankheit gewisse Funktionen ausfallen oder Mängel aufweisen, wird bewusst, welche unerwünschten Zustände der menschliche Organismus annehmen kann. Zum Dritten fehlt vielen Menschen die notwendige Ausbildung wie auch das nötige Vorstellungsvermögen, um sich über das Gewohnte hinausgehende Verhaltensmöglichkeiten eines Systems vorzustellen.<sup>59</sup>

Das Problem der Komplexitätsbeherrschung wird nach Ferdinund Malik noch verschärft durch einen zweiten Problemkreis, nämlich die unüberwindbare Limitierung menschlichen Wissens, d.h. durch die Tatsache, dass Komplexität dem menschlichen Wissen Grenzen setzt. Fakt ist, dass es unmöglich ist, über komplexe Sachverhalte genauso viel zu wissen als über einfache. Dies ist nicht ein vorübergehender Umstand, der mit einem noch unterent-

---

<sup>56</sup> Vgl. Malik, Ferdinund (2002), S. 186.

<sup>57</sup> Vgl. Malik, Ferdinund (2002), S. 192.

<sup>58</sup> Vgl. Malik, Ferdinund (2002), S. 194.

<sup>59</sup> Vgl. Malik, Ferdinund (2002), S. 193 f.

wickelten Stadium bestimmter wissenschaftlicher Disziplinen zusammenhängt, sondern die menschliche Unwissenheit im Zusammenhang mit komplexen Sachverhalten ist eine absolute, die auch durch noch so große Fortschritte in den Computerwissenschaften nicht vollständig beseitigt werden kann.<sup>60</sup>

### 2.3.3 Handhabung der Komplexität

Im Sinne der Systemtheorie liegt das Komplexitätsoptimum wie bereits schon erwähnt nicht in einer geringeren Komplexität des Systems Unternehmung.<sup>61</sup> Vielmehr ist die Komplexität des Systems Unternehmung dann zu erhöhen, wenn dies aufgrund des Beziehungsgeflechts zur Umwelt notwendig erscheint.

Zu den klassischen Ansätzen des Komplexitätsmanagements zählen die Komplexitätsvermeidung, die Komplexitätsreduktion und die Komplexitätsbeherrschung. Ziel der Komplexitätsvermeidung ist es, schon in der Phase der Produkt- und Prozessplanung sowie bei der Entwicklung und Ausgestaltung von Prozessen und Produkten die Vermeidung von Komplexität durch Maßnahmen wie z.B. der Bildung von Modulen etc. entgegenzuwirken. Die Komplexitätsreduktion und -beherrschung beschäftigen sich hingegen schon mit der vorhandenen Komplexität von Produktionssystemen. Ziel dabei ist die effektive und effiziente Produktionsprozesskoordination, durch welche die Stabilisierung dessen erreicht werden kann. Dies kann durch zweierlei Maßnahmen realisiert werden: zum einen der Gestaltung der Systemstrukturen und zum anderen durch die bereits vorher erwähnte Lenkung von Produktionsprozessen.

Alexander Kaiser von der Universität St. Gallen empfiehlt, zur Erreichung des Gesamtopimums auf die beiden strategischen Stoßrichtungen Vermeidung und Beherrschung sowohl der externen (z.B. Sonderwünsche durch Kunden), als auch der internen (z.B. Teilevielfalt) Komplexität zu setzen (siehe dazu Abbildung 8).<sup>62</sup> Besteht beidseitig ein zu hoher Komplexitätsgrad, ist eine umfassende Vermeidungsstrategie zu wählen. Eine zentrale Zielsetzung muss dabei die Optimierung der Komplexität und nicht die einseitige Komplexitätsreduktion bzw. Simplifizierung oder Komplexitätserhöhung sein.<sup>63</sup>

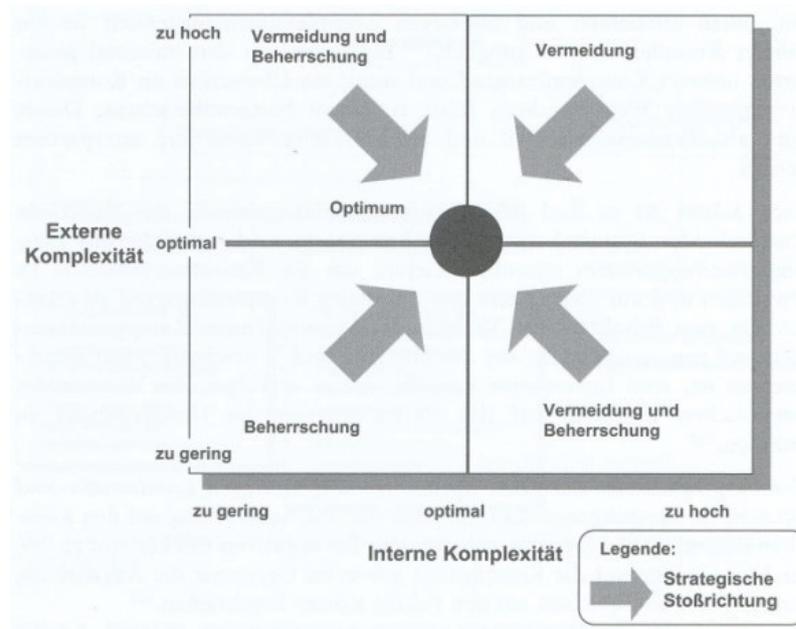
---

<sup>60</sup> Vgl. Malik Fredmund (2002), S. 197 f.

<sup>61</sup> Vgl. Bleicher, Kristin (1971), S. 174.

<sup>62</sup> Vgl. Schuh, Günther (2005), S. 42.

<sup>63</sup> Vgl. Schuh, Günther (2005), S. 42



**Abbildung 8: Komplexität reduzieren, beherrschen oder vermeiden<sup>64</sup>**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Relevanz dieser Theorie daraus ergibt, dass die Systemtheorie die wesentlichen Grundlagen liefert, um ein Produktionssystem und dessen Zusammenhänge zu beschreiben. Die Kybernetik hingegen bietet mit dem Ansatz der Regelung bzw. Lenkung einen wertvollen Input zur Beherrschung der Komplexität in Produktionssystemen.

<sup>64</sup> Quelle: Kaiser, Alexander (1995), S. 102.

### 3 Grundlagen zur Optimierung der Logistikleistung

In diesem Kapitel werden die Grundlagen und wesentlichen Aspekte zur Optimierung der Logistikleistung eines Unternehmens, welches auch als Logistiksystem bezeichnet wird, behandelt. Zunächst erfolgt die Definition der Logistikleistung und es wird auf den Zusammenhang der Logistikleistung hinsichtlich der Logistikziele eingegangen. Im Anschluss daran folgt die Vorstellung der wesentlichen Logistikkenngrößen und ihrer Wechselwirkungen, welche zur Bestimmung und Messung der Logistikleistung notwendig sind. Ein wesentlicher Fokus wird in diesem Kapitel auch auf die Planung in Produktionsbetrieben gelegt, da dies eine wichtige theoretische Grundlage für die im Praxisteil beschriebenen Inhalte darstellt.

#### 3.1 Definition der Logistikleistung

Die Aufgabe der Logistik im Unternehmen ist die Planung und Steuerung des Materialflusses und der begleitenden Informationsflüsse. Ziel der Logistik ist die sichere Versorgung aller Unternehmensbereiche mit den betriebsnotwendigen Materialien zu optimalen Kosten und Beständen.<sup>65</sup> Die Logistik verantwortet den Materialfluss und den begleitenden Informationsfluss vom Lieferanten durch das Unternehmen zum Kunden. Fundament des Logistikgedankens ist deshalb das Denken in Prozessen. Der Output der logistischen Prozesse wird durch die bedarfsgerechte Bereitstellung von Gütern für den Endverbraucher repräsentiert, was als so genannte Logistikleistung eines Unternehmens bezeichnet wird (siehe dazu Abbildung 9).<sup>66</sup>

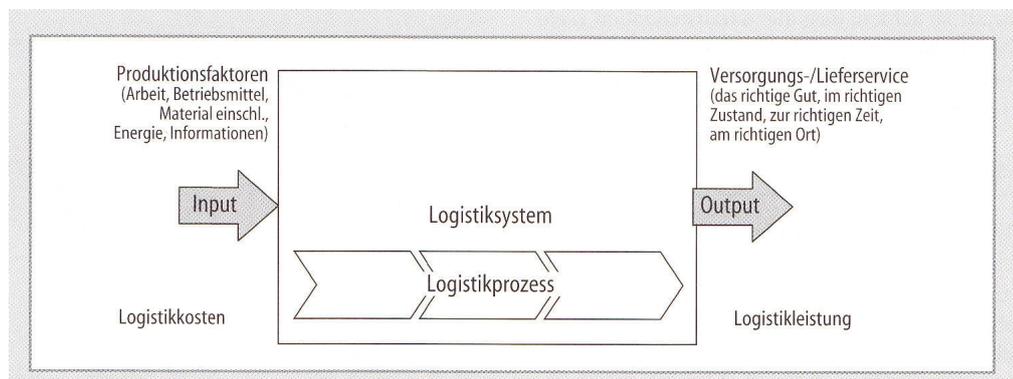


Abbildung 9: Logistiksystem<sup>67</sup>

<sup>65</sup> Vgl. Koether, Reinhard (2000), S. 178.

<sup>66</sup> Vgl. Koether, Reinhard (2006), S. 33.

<sup>67</sup> Quelle: Arnold, Dieter et al. (2004), S. A 1 - 23.

Dabei spricht man von der wirkungsbezogenen Logistikleistung, deren Definitionsmaßstab der externe bzw. interne Kunde und dessen Anforderungen an die Ergebnisse des Logistiksystems sind. Der Begriff Logistikleistung kann also als Überbegriff für die unterschiedlichen Leistungsziele der Logistik (siehe Tabelle 1) aufgefasst werden.<sup>68</sup>

**Tabelle 1: Übersicht der wichtigsten Leistungsziele der Logistik<sup>69</sup>**

<b>Liefertreue</b> (= Termintreue)	Übereinstimmung zwischen zugesagtem und tatsächlichem Fertigstellungstermin/Liefertermin
<b>Lieferfähigkeit</b> (= Servicegrad)	Übereinstimmung zwischen Kundenwunschtermin und zugesagtem Fertigstellungstermin/Liefertermin
<b>Lieferzeit</b>	Zeitspanne zwischen Auftragserteilung und Fertigstellungstermin/Liefertermin
<b>Lieferqualität</b>	Anteil fehlerfrei ausgeführter Aufträge bzw. Auftragspositionen; fehlerfrei bedeutet beispielsweise richtige Ware, richtiger Ort, keine Beschädigung usw.
<b>Informationsbereitschaft</b>	Fähigkeit, dem Kunden (jederzeit) die ihn interessierenden Informationen verfügbar zu machen.

Die Logistikleistung eines Unternehmens nach Wiendahl (siehe dazu Abbildung 10) setzt sich aus der vom Kunden wahrgenommenen Liefertreue und der Lieferzeit zusammen. Dem gegenüber stehen die vom Unternehmen beeinflussbaren Logistikkosten, welche sich aus den Kapitalbindungs- und Herstellkosten ergeben.<sup>70</sup> Zwischen den einzelnen Kenngrößen der Logistikleistung und -kosten bestehen starke Wechselwirkungen, welche in Abschnitt 3.1.3 näher beleuchtet werden.

<sup>68</sup> Vgl. Heß, Gerhard (2006), S. 380 zitiert nach Gollwitzer, Karl.

<sup>69</sup> Quelle: Heß, Gerhard (2006), S. 379

<sup>70</sup> Vgl. Wiendahl, Hans - Peter (2006), S. 155.

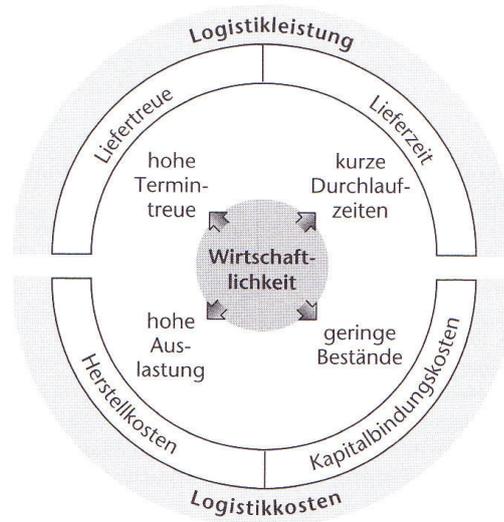


Abbildung 10: Logistikzielsystem nach Wiendahl<sup>71</sup>

Generell lässt sich die Logistikleistung je nach Wirkungsfeld in eine interne und externe Leistung unterscheiden:

### 3.1.1 Interne Logistikleistung

Die interne Logistikleistung (auch Innenlogistikleistung genannt) umfasst sämtliche Aktivitäten der Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle des Materialflusses und des zugehörigen Informationsflusses innerhalb des Systems Unternehmen, wobei in Abbildung 11 die wichtigsten Aufgaben dieser aufgezeigt werden. Dazu zählen die Kundenauftragsabwicklung, die Beschaffung und Disposition und das Lager- und Transportwesen etc. Die eigentliche Logistikleistung wiederum besteht in der Veränderung von Raum, Zeit und Menge, wie Transportleistungen und Lagerleistungen (z.B. kommissionierte Aufträge oder die Anzahl palettierter Einheiten). Der Aufwand, welcher zur Erbringung logistischer Leistungen notwendig ist, wird in der Kosten- und Leistungsrechnung des Unternehmens dargestellt. Zur Erhöhung der Transparenz und zur Kalkulation logistischer Leistungen können die Daten zusätzlich in eine separate Logistikkostenrechnung eingebracht werden.<sup>72</sup>

<sup>71</sup> Quelle: Wiendahl, Hans - Peter (2006), S. 155.

<sup>72</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 31.

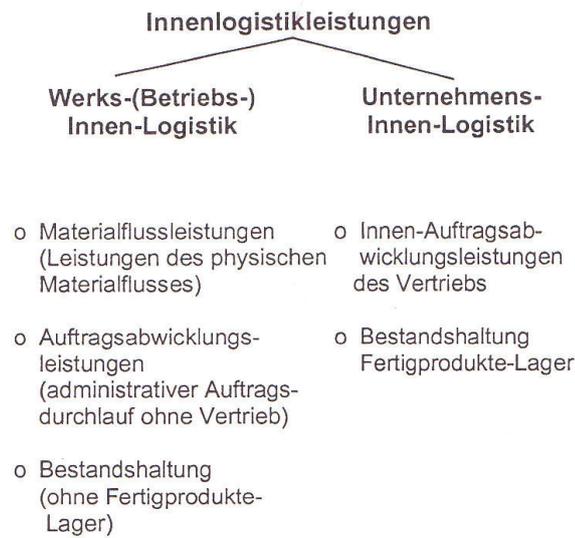


Abbildung 11: Überblick der Innenlogistikleistungen im Unternehmen<sup>73</sup>

### 3.1.2 Externe Logistikleistung

Die externe Logistikleistung oder Außenlogistikleistung (siehe dazu Abbildung 12) bezeichnet die Wirkungen der Leistungserbringung aus der Sicht des Kunden. Aus seiner Sicht ist es nicht relevant, wie oft ein Teil oder Produkt eingelagert, transportiert oder kommissioniert wird, bis es zu ihm gelangt. Vielmehr interessiert, ob die Vorgaben bzw. Erwartungen insbesondere bezüglich des Faktors „Zeit“ eingehalten werden oder nicht.<sup>74</sup>

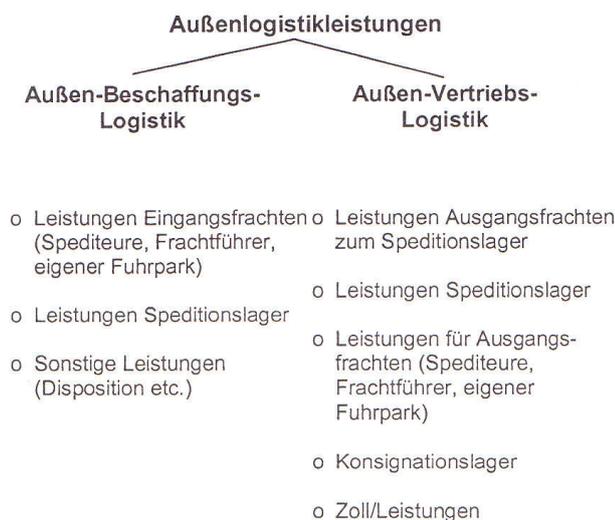


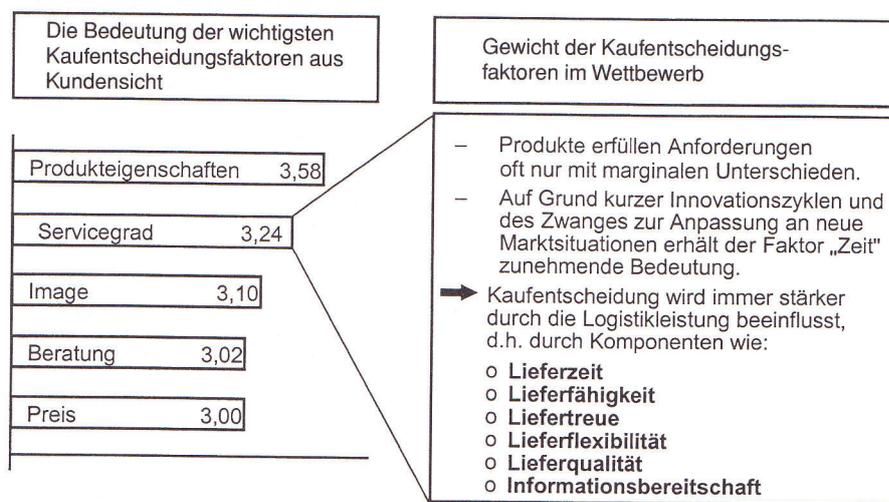
Abbildung 12: Überblick der Außenlogistikleistungen eines Unternehmens<sup>75</sup>

<sup>73</sup> Quelle: Pawellek, Günther (2007), S. 31.

<sup>74</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 31 f.

<sup>75</sup> Quelle: Pawellek, Günther (2007), S. 31.

Die marktorientierte externe Logistikleistung ist daher durch den Servicegrad charakterisiert, wobei dieser oftmals in der Literatur auch mit dem Synonym Lieferservice bezeichnet wird. Der Servicegrad definiert sich als Ergebnis der Verknüpfung interner Einzelleistungen, so wie sie der Kunde empfindet. Die Bewertung des Lieferservice erfolgt durch die Komponenten Lieferzeit, Lieferfähigkeit, Lieferflexibilität, Lieferqualität und Informationsbereitschaft.<sup>76</sup> Der Servicegrad weist, wie in Abbildung 13 dargestellt, einen besonders hohen Stellenwert bei der Kaufentscheidung aus Sicht des Kunden auf und gerade deshalb sollte die Optimierung der Logistikleistung ein wesentliches Ziel für jedes Unternehmen darstellen.



**Abbildung 13: Stellenwert der Logistikleistung aus Sicht des Kunden<sup>77</sup>**

Beachtung hat auch die Tatsache zu finden, dass im Vorhinein immer eine klare Abstimmung darüber zu folgen hat, welche Art der Logistikleistung (interne oder externe) eines Unternehmens betrachtet wird, um etwaige Missverständnisse, falsche Zielsetzungen usw. zu vermeiden. Bei der Aufarbeitung des Praxisteils galt es die externen Zielgrößen der Logistikleistung, also Termintreue und Lieferzeit zu optimieren, da sich diese in der Marktpositionierung des Unternehmens niederschlagen und daher die entscheidenden Einflussfaktoren für die Wettbewerbsfähigkeit darstellen.

### 3.1.3 Logistikleistung als Teil der Logistikziele

Die Logistikleistung lässt sich als eines der Teilziele der Logistikziele neben den Logistikkosten und der Flexibilität eines Unternehmens einordnen (siehe dazu Abbildung 14). Die

<sup>76</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 33.

<sup>77</sup> Quelle: Pawellek, Günther (2007), S. 32.

Produktivität bzw. die Wirtschaftlichkeit vermitteln gemäß dem ökonomischen Prinzip den Bezug zwischen Leistung und Kosten, wie z.B. Einlagerungsvorgänge pro Mitarbeiter. Dabei wird meist ein Verhältnis von Output zu Input in realen Größen (Mengenangaben) als Produktivität und in mit Preisen bewerteten monetären Größen als Wirtschaftlichkeit bezeichnet. Der Flexibilität, d.h. insbesondere die Fähigkeit logistischer Prozesse, auf Veränderungen im wirtschaftlichen Umfeld zu reagieren und Prozessketten an neue wirtschaftliche Chancen und Risiken anzupassen und nachhaltig zu optimieren, kommt im Rahmen der ganzheitlichen Prozesskettenbetrachtung (siehe dazu Kapitel 4) eine besondere Bedeutung zu. Die Reaktionsfähigkeit und Agilität, d.h. die Veränderungsfähigkeit und -schnelligkeit des Logistiksystems muss zu jedem Zeitpunkt sichergestellt werden.<sup>78</sup>

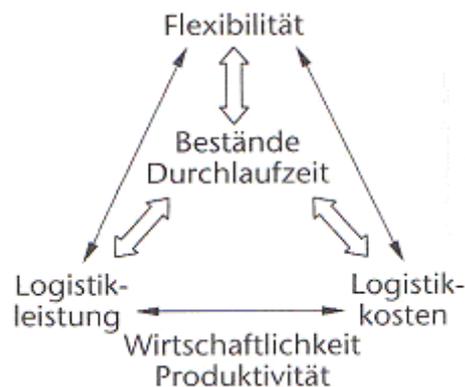


Abbildung 14: Logistikziele<sup>79</sup>

Jedoch ist die simultane Optimierung von Logistikleistung und -kosten oft schwer realisierbar, da diese beiden Teilziele in Konkurrenz zueinander stehen und deshalb im Hinblick auf ein Gesamtoptimum betrachtet werden müssen. Die Logistikleistung nach Wiendahl (siehe dazu Abbildung 10) wird im Wesentlichen von der Termintreue und der Durchlaufzeit beeinflusst, wohingegen die Logistikkosten durch die Auslastung und die Bestände bestimmt werden.

Die Erklärung für die Wirkungszusammenhänge der logistischen Größen baut auf dem Trichtermodell (siehe Abbildung 15) auf. Man geht bei diesem Modell von der Annahme aus, dass das Durchlaufverhalten eines jeden Produktionssystems durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang bestimmt ist. Der Bestand beinhaltet dabei die beim Arbeitssystem ankommenden Aufträge, wobei die Trichteröffnung für die Leistung bzw. den Durchsatz des Arbeitssystems steht. Je größer nun die Differenz zwischen dem Auftragszugang

<sup>78</sup> Vgl. Koether, Reinhard (2006), S. 384 f.

<sup>79</sup> Quelle: Heß, Gerhard (2006), S. 379.

und dem Durchsatz ist, desto höher ist auch der wartende Bestand. Die Ergebnisse des Trichtermodells werden im so genannten Durchlaufdiagramm (siehe Abbildung 15) veranschaulicht, wodurch die Leistung, der Bestand und die Durchlaufzeit des Arbeitssystems einfach und übersichtlich abgebildet werden können.<sup>80</sup> Der Zusammenhang zwischen diesen drei Größen wird durch die so genannte Trichterformel beschrieben, welche besagt, dass die Durchlaufzeit durch das Verhältnis Bestand und Leistung eines Arbeitssystems bestimmt wird:<sup>81</sup>

$$DLZ(m) = \frac{L(m)}{B(m)}$$

DLZ(m)...mittlere Durchlaufzeit

B(m)...mittlerer Bestand

L(m)...mittlere Leistung

Diese Formel liefert jedoch nur exakte Ergebnisse, wenn das FIFO - Prinzip (First In, First Out) vorherrscht.

Man kann erkennen, dass die Durchlaufzeit und der Bestand in einem direkten Verhältnis zueinander stehen, d.h. bei einer Bestandserhöhung, steigt auch die Durchlaufzeit. Durchlaufzeit und Auslastung hingegen verhalten sich indirekt zueinander, was in weiterer Folge zu einem Zielkonflikt führt, auf welchen noch im Detail eingegangen wird.

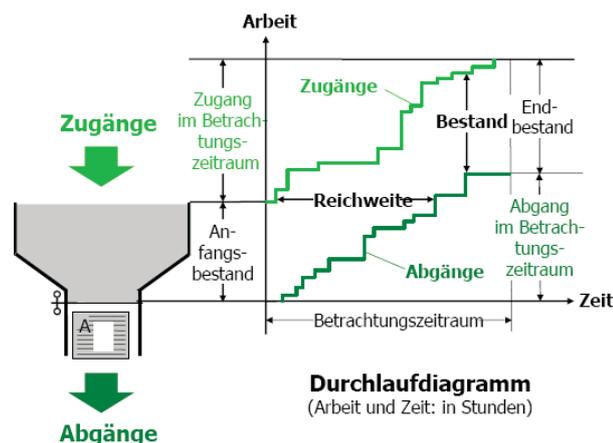


Abbildung 15: Trichtermodell und Durchlaufdiagramm<sup>82</sup>

<sup>80</sup> Vgl. Kiener, Stefan et al. (2006), S. 24 f.

<sup>81</sup> Vgl. Reinsch, Steffen (2003), S. 14.

<sup>82</sup> In Anlehnung an Bechte, Wolfgang (1984), S. 14.

Aus dem Durchlaufdiagramm wiederum lassen sich die Betriebszustände eines Arbeitssystems ableiten (siehe Abbildung 16) und durch so genannte Produktionskennlinien darstellen.

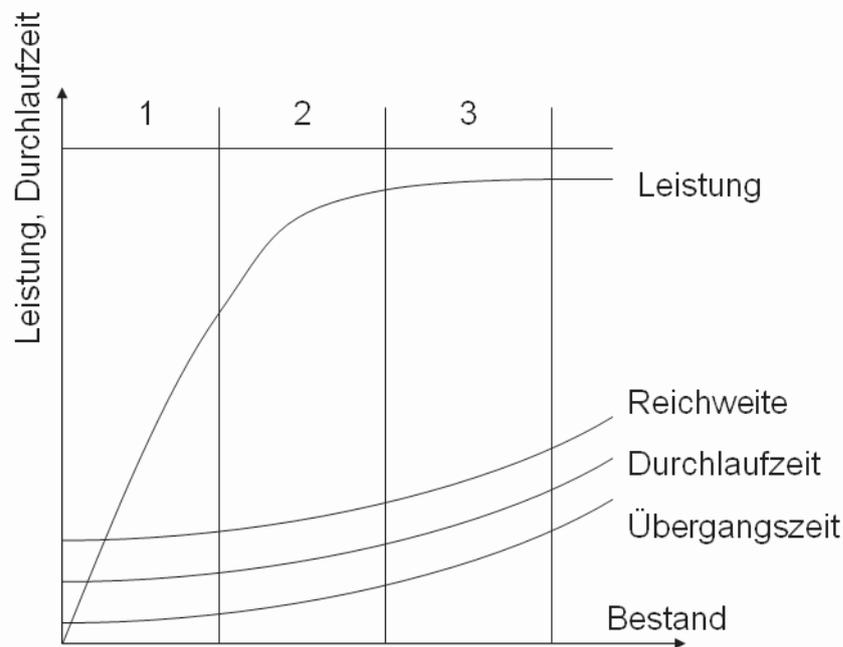


Abbildung 16: Betriebszustände in Produktionskennlinien<sup>83</sup>

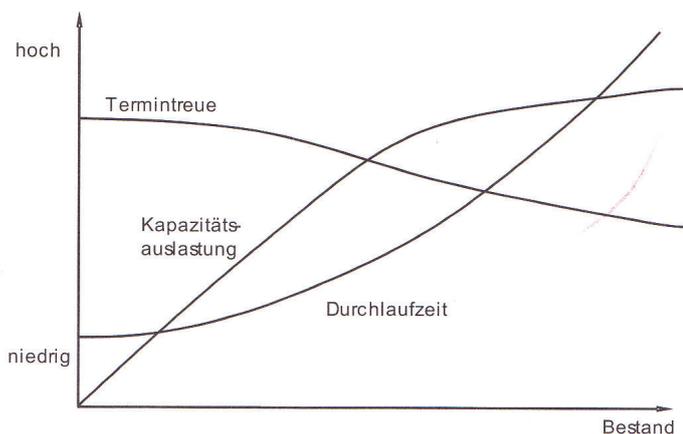
Generell lassen sich drei unterschiedliche Betriebszustände ermitteln: zum einen kann der Lagerabgang wesentlich schneller erfolgen als der Lagerzugang, wodurch es bei den Arbeitsaggregaten zu Leerzeiten kommen kann, da aufgrund des geringen Bestandsniveaus auf ankommende Erzeugnisse gewartet werden muss. Die Auslastung des Arbeitssystems ist daher gering und der gesamte Bestand befindet sich in Bearbeitung. Der Vorteil des geringen Bestandes liegt in der damit verbundenen Senkung der Durchlaufzeit, da hier keine Wartezeiten auftreten, welche die Durchlaufzeit erhöhen würden. Durch die kurzen Durchlaufzeiten kann wiederum eine hohe Termintreue realisiert werden. Die Termin- bzw. Liefertreue ist ein wichtiger Indikator für die Kundenzufriedenheit bzw. Bindung dieser an das Unternehmen, denn eine unpünktliche Lieferung bzw. Fertigstellung (zu früh oder zu spät) führt zu Kundenverärgerungen und kann im schlimmsten Fall die Abwanderung dieser als direkte Folge haben, wodurch dem Unternehmen entscheidende Deckungsbeiträge verloren gehen. Ebenso bedeutet das Nichteinhalten der Liefertreue einen Anstieg der Fehlmengenkosten, welche aufgrund von Pönalen bzw. zusätzlichen Kosten, welche zur Erfüllung der Vereinbarung oder Behebung der Fehlmengensituation anfallen, entste-

<sup>83</sup> Vgl. Reinsch, Steffen (2003), S. 14.

hen und daher vermieden werden sollen. Umgekehrt bewirkt eine hohe Liefertreue beim Kunden den Anreiz einen größeren Anteil seines Einkaufsvolumens mit dem Unternehmen abzudecken, wodurch der Umsatz des Unternehmens wesentlich gesteigert werden kann.<sup>84</sup>

Im Betriebszustand 2 sind Bestandszugänge und -abgänge aufeinander abgestimmt, wodurch die Durchlaufzeit und die Kapazitätsauslastung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen und daher wird dieser Zustand oftmals auch als optimaler Bereich bezeichnet.

Im Bereich 3, welcher auch Überlastungsbereich genannt wird, wird die maximale Auslastung des Arbeitssystems erreicht, was jedoch zu hohen Beständen und in Folge zu einer Steigerung der Durchlaufzeit und damit zu einer Verschlechterung der Termintreue führt (siehe Abbildung 17).<sup>85</sup>



**Abbildung 17: Logistische Produktionskennlinien<sup>86</sup>**

Je größer die Bestände in einem Unternehmen sind, desto höher ist die Kapitalbindung. Somit steht dem Unternehmen weniger Kapital für etwaige Investitionen zur Verfügung was wiederum eine Schmälerung der Liquidität für das Unternehmen bedeutet.<sup>87</sup> Durch die Senkung der Bestände im Unternehmen wird Umlaufvermögen freigesetzt, was zu einer Erhöhung des Kapitalumschlags führt. Ziel muss es daher sein, die Bestände so gering als möglich zu halten.<sup>88</sup> Die Herstellkosten hängen hingegen unter anderem von der Auslastung der eingesetzten Arbeitssysteme ab. Je höher die Auslastung eines Arbeitsaggregats ist,

<sup>84</sup> Vgl. Weber, Jürgen (2002), S. 103.

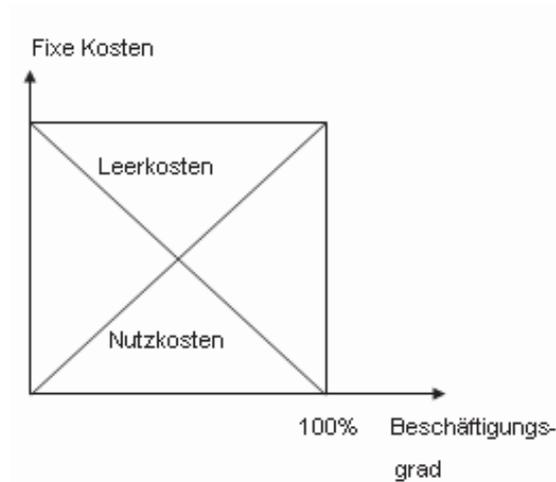
<sup>85</sup> In Anlehnung an Nyhuis, Peter et al. (2003), S. 37.

<sup>86</sup> Quelle: Nyhuis, Peter et al. (2002), S. 13.

<sup>87</sup> Vgl. Pieper, David (2008), S. 1.

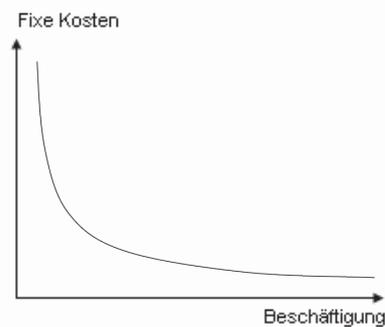
<sup>88</sup> Vgl. Dombrowski, Uwe et al. (2008), S. 26.

desto geringer sind die Leerkosten, d.h. jener Anteil der fixen Kosten, welcher auf die ungenutzten Kapazitäten entfällt (siehe Abbildung 18).<sup>89</sup>



**Abbildung 18: Abhängigkeit fixer Kosten vom Beschäftigungsgrad<sup>90</sup>**

Geringe Leerkosten sind speziell bei jenen Arbeitsaggregaten von Bedeutung, die mit hohen Anschaffungsausgaben (und somit hohen Abschreibungskosten) sowie mit hohen Betriebskosten verbunden sind. Bei zunehmender Beschäftigung stellt sich daher eine Fixkostendegression ein, d.h. die fixen Kosten pro Stück sinken (siehe Abbildung 19) und damit die gesamten Stückkosten. Dies wiederum bedeutet für das Unternehmen, dass es entweder einen niedrigeren Stückpreis als der Wettbewerb anbieten oder einen höheren Gewinn erzielen kann.<sup>91</sup>



**Abbildung 19: Fixkostendegression<sup>92</sup>**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit steigendem Bestand an Aufträgen in der Fertigung die Kapazitätsauslastung und damit die Ausnutzung des Systems steigt. Auf der ande-

<sup>89</sup> Vgl. Thommen, Jean - Paul (2004), S. 400.

<sup>90</sup> In Anlehnung an Plinke, Wulff (1997), S. 165.

<sup>91</sup> Vgl. Freidank, Carl - Christian (2007), S. 38.

<sup>92</sup> In Anlehnung an Freidank, Carl - Christian (2007), S. 38.

ren Seite jedoch steigt die Durchlaufzeit stark mit dem Bestand in der Fertigung an und da nur eine kurze Durchlaufzeit zu einer hohen Termintreue führt, nimmt diese mit steigender Durchlaufzeit und steigendem Bestand ab. Daraus lassen sich zwei unmittelbare Erkenntnisse ableiten: Zum einen kann entschieden werden, nach welchen Kriterien eine Fertigung ausgerichtet werden soll und welche Randbedingungen sich daraus für die jeweils anderen Kriterien ergeben und andererseits ist auch ersichtlich, dass dem Bestand eine wesentliche Rolle zur Determinierung des gewünschten Arbeitspunktes des Systems zukommt.

Dennoch muss das Ziel eines jeden Unternehmens darin bestehen, dass Produktionsgeschehen in einem Unternehmen derart zu planen, zu steuern, zu organisieren und zu kontrollieren, dass eine möglichst hohe Wirtschaftlichkeit erreicht wird. Die Schwierigkeit ergibt sich also daraus, den jeweils passenden Ansatz für die Unternehmenssituation zu finden, in welchem die beste Abstimmung zwischen den Zielgrößen erfolgen kann und somit für das Unternehmen der größte Nutzen erzielt wird. Damit dies geschehen kann, bedarf es der ständigen Überwachung und Messung der Logistikleistung, auf welche nun im Anschluss eingegangen wird.

## 3.2 Messung der Logistikleistung

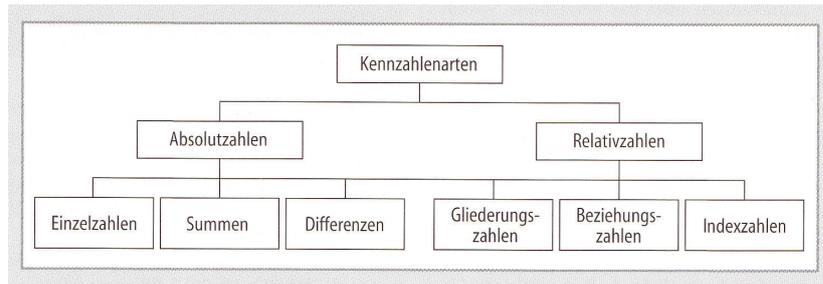
Auf Grund der zunehmenden Anforderungen an die Logistik ist deren Leistung ständig zu verbessern. Verbessert werden kann aber nur das, was auch gemessen werden kann. Messbar wird die logistische Leistung eines Systems anhand von Kennzahlen.

Kennzahlen informieren über relevante Tatbestände und Zusammenhänge in einfacher, verdichteter Form.<sup>93</sup> Mit Hilfe dieser können aus einer größeren Menge an Einzelinformationen speziell herauszuhebende Informationen gewonnen werden, wobei man Kennzahlen grundsätzlich in Absolut- und Relativzahlen einteilen kann (siehe dazu Abbildung 20).<sup>94</sup>

---

<sup>93</sup> Vgl. Reichmann, Thomas (1995), S. 19.

<sup>94</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. A 1 - 22.



**Abbildung 20: Kennzahlenarten**<sup>95</sup>

Bei der Festlegung von Kennzahlen zur Beurteilung eines Logistiksystems ist eine streng zielorientierte Definition notwendig, um eine klare Analyse zu ermöglichen. Der praktische Nutzen von Kennzahlen hängt daher sehr stark von einer genauen Zieldefinition, einer eindeutigen Systemabgrenzung und einer klaren Kennzahlendefinition ab. Wichtig ist daher, dass bei der Bildung der Kennzahlen die Betroffenen, d.h. die Anwender der Kennzahlen, einbezogen werden. Sind die darzustellenden Ziele eindeutig festgelegt und besteht Klarheit über das zu betrachtende System, so hat der Übergang von allgemeinen Zielen (z.B. dem Ziel die Kundenzufriedenheit zu steigern) zu quantifizierbaren Zielen (z.B. dem Ziel, die Lieferzeit zu reduzieren) zu erfolgen.<sup>96</sup>

Eine monetäre Bewertung der logistischen Leistung des Systems Unternehmung ist oftmals sehr schwierig, da diese den Wert, welche sie aus Sicht des Kunden hätte, ausdrücken müsste. Die gängigste Messung und damit verbundene Bewertung der Logistikleistung erfolgt über die Ermittlung und Auswertung des Lieferservices. Der Lieferservice wird über die sechs Kriterien bzw. Unterziele Lieferzeit, Liefertreue (auch Termintreue), Lieferfähigkeit (auch Lieferbereitschaft genannt), Lieferqualität, Lieferflexibilität und Informationsbereitschaft definiert<sup>97</sup>, wobei in manchen Quellen die Lieferzeit als separate Größe hinsichtlich der Bewertung der Logistikleistung angenommen wird und nicht als Kriterium in die Bewertung des Lieferservices einbezogen wird.<sup>98</sup> In dieser Arbeit wird aber von der Definition des Lieferservices unter Einbeziehung der Lieferzeit ausgegangen.

Auch die Durchlaufzeit gilt neben dem Lieferservice als wichtigster Indikator für die logistische Leistungsfähigkeit eines Unternehmens. Unter dem Begriff „Durchlaufzeit“ (DLZ) kann die Zeitspanne verstanden werden, die bei der Produktion eines Gutes zwischen dem Beginn des ersten Arbeitsvorganges und dem Ende des letzten Arbeitsvorganges in einer

<sup>95</sup> Quelle: Dellmann, Klaus et al. (1994), S. 106.

<sup>96</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. A 1 - 23 f.

<sup>97</sup> Siehe dazu Tabelle 1, S. 21.

<sup>98</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. A 1 - 8 f.

definierten Messstrecke verstreicht.<sup>99</sup> Die Durchlaufzeit in der Produktion besteht aus Bearbeitungszeiten (inkl. Rüstzeiten), Transportzeiten zu den Betriebsmitteln, Kontrollzeiten und Liege- bzw. Wartezeiten vor und hinter den Betriebsmitteln. Die Liegezeiten und die arbeitsablaufbedingten Liegezeiten nehmen den größten Anteil der Durchlaufzeit ein. Die Durchlaufzeit wiederum hat Auswirkungen auf Kosten, Liquidität, Flexibilität und Umsatz. Hauptziel muss daher die Reduktion der Durchlaufzeiten im Unternehmen sein.

Mögliche Schritte und Ansatzpunkte für die Verkürzung der Durchlaufzeiten sind:<sup>100</sup>

„Schritt 1: Ermittlung und Analyse der Zeitanteile der Durchlaufzeit.

Schritt 2: Festlegung der Gestaltungsbereiche zur Reduzierung der Durchlaufzeit.

Schritt 3: Setzung der Prioritäten bei der Umsetzung.

Schritt 4: Durchführung der eingeleiteten Maßnahmen.“

Die Rüstzeit als Bestandteil der Durchlaufzeit hat einen wesentlichen Einfluss bei der logistikgerechten Gestaltung der Produktionsprozesse. Die Reduktion der Rüstzeiten durch entsprechende Technologie und Arbeitsorganisation führt in Folge zu einer Verkürzung der Durchlaufzeit, wodurch die Logistikkosten sinken und die Flexibilität erhöht werden kann.<sup>101</sup> Bei einer kapazitiven Betrachtung der Betriebsmittel ist die Rüstzeit auch für die Bestimmung der wirtschaftlichen Losgröße von Bedeutung. Kleine Losgrößen demnach sichern eine hohe Flexibilität und geringe Bestandskosten.<sup>102</sup> Die Bestände stellen ebenso eine wichtige Einflussgröße auf die Logistikleistung eines Unternehmens dar. Wie bereits vorhin erwähnt sollten die Bestandskosten so gering als möglich gehalten werden, was durch einen geringen Bestand erreicht werden kann. Beachtung hat jedoch die Tatsache zu finden, dass ein fehlender Sicherheitsbestand bei Produktionsstillstand zu keiner termingerechten Erfüllung der Kundenaufträge führen kann. Zukünftige Fertigungstechnologien werden zunehmend in logistikgerechten Maschinenkonzepten umgesetzt, was ebenso eine Verkürzung der Durchlaufzeiten ermöglicht. Ein weiteres Potenzial liegt in der arbeitsablauforientierten Einbindung und Harmonisierung der Maschinen- und Anlagenkapazitäten. Ziel hierbei ist es, die Zwischenlager zur Entkoppelung von Materialflüssen zu senken und stattdessen einen kapazitiven Abgleich aufeinander folgender Arbeitsvorgänge an verschie-

---

<sup>99</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 33.

<sup>100</sup> Zit. nach Pawellek, Günther (2007), S. 35.

<sup>101</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 35 f.

<sup>102</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 36.

denen Fertigungssystemen zu berücksichtigen.<sup>103</sup> Die Logistikleistung eines Unternehmens kann bereits schon in der Planung des Produktionsprogramms durch das Anstreben einer Synchronisierung des Materialflusses und einer Harmonisierung der Arbeitsinhalte positiv beeinflusst werden. Im nachfolgenden Abschnitt wird daher im Detail auf die Planung im Produktionsbetrieb eingegangen.

### **3.3 Planung im Produktionsbetrieb**

Der gut funktionierenden Planung im Unternehmen kommt eine wesentliche Rolle zu, da diese den Grundstein für das Funktionieren der betrieblichen Abläufe und das Erreichen der Unternehmensziele darstellt. Im folgenden Abschnitt wird daher die Thematik der Planung beschrieben, wobei zunächst die allgemeinen Grundlagen beleuchtet werden, um im Anschluss daran die unterschiedlichen Teilgebiete mit ihren dazugehörigen Aspekten zu fokussieren. Im Detail wird hierbei die operative Produktionsplanung und -steuerung betrachtet, da diese den wesentlichen Theorieinput für die Aufarbeitung des Praxisteils bei der BEG darstellt.

#### **3.3.1 Grundlagen zur Planung**

Zunächst erfolgt die Erläuterung der wesentlichen Aufgaben der Planung im Produktionsbetrieb sowie die Beschreibung der unterschiedlichen Planungstypen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen.

##### **3.3.1.1 Aufgabe der Planung**

Die Aufgabe der Planung besteht darin, geeignete Maßnahmen zur (möglichst weitgehenden) Erreichung des angestrebten Zustandes zu ermitteln. Unter Planung versteht man also in erster Linie einen entscheidungsvorbereitenden Prozess, bei dem die Wirkungen unterschiedlicher Handlungsalternativen der Planenden auf die zu planenden Zielgrößen der Unternehmenssteuerung aufgezeigt werden. Dazu muss die Planung mit einer Vielzahl an potenziellen Handlungsszenarien und völlig unterschiedlichen Umwelteinflüssen (wie z.B. Handlungen der Konkurrenz, Ausfall von Maschinen usw.) umgehen.<sup>104</sup>

Küpper definiert die „Planung als einen bewussten geistigen Prozess, durch den zukünftiges Geschehen gestaltet werden soll. Über die gedankliche Vorwegnahme, das Durchdenken künftiger Handlungsmöglichkeiten, der sie begrenzenden Rahmenbedingungen, ihre

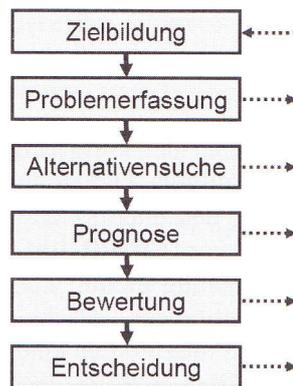
---

<sup>103</sup> Vgl. Pawellek, Günther (2007), S. 36.

<sup>104</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 551.

Wirkungen und andere Größen will man Handlungsalternativen finden, analysieren und eine zielentsprechende auswählen. Damit werden zukünftige Entscheidungs- und Handlungsspielräume eingegrenzt und strukturiert.“<sup>105</sup>

Der Planungsprozess kann in unterschiedliche Phasen<sup>106</sup> eingeteilt werden, welche sich jedoch nicht voneinander trennen oder in eine feste Reihenfolge einteilen lassen. Dennoch dient die Phaseneinteilung der Planung als wichtiges Hilfsmittel zur Darstellung der prinzipiellen Struktur des Planungsprozesses (siehe dazu Abbildung 21).<sup>107</sup>



**Abbildung 21: Phasen der Planung**<sup>108</sup>

Bei der Zielbildung erfolgt zunächst das Festlegen konkreter Planungsziele, welche auf das Erreichen der übergeordneten Unternehmensziele ausgerichtet sind. Es folgt die Problemerkfassung, d.h. die Beschreibung und Strukturierung des Problems bzw. gegebenenfalls die Zerlegung komplexer Probleme in handhabbare Teilprobleme. Bei der Alternativensuche wird versucht, mögliche Handlungsalternativen unter Berücksichtigung der im Unternehmen herrschenden Restriktionen zu erkennen. Im Anschluss daran hat die Prognose zukünftiger Entwicklungen und der sich daraus ergebenden Daten zu erfolgen. Den nächsten Schritt bildet die Bewertung der Alternativen im Hinblick auf die prognostizierten Daten und der zugrunde liegenden Ziele. Den Abschluss des Planungsprozesses stellt die Entscheidung über die Auswahl der zu realisierenden Alternativen dar.<sup>109</sup>

Es sei darauf hingewiesen, dass das oben abgebildete Phasenschema ein gedankliches Strukturmodell darstellt, das im konkreten Planungsprozess nicht immer in der gleichen Art und Weise durchlaufen wird. So können die unterschiedlichen Phasen auch simultan

<sup>105</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 551 zitiert nach Küpper (2005).

<sup>106</sup> In Anlehnung an den kybernetischen Lenkungsprozess.

<sup>107</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. A 2 - 1.

<sup>108</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 552.

<sup>109</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. A 2 - 1.

zueinander ablaufen. Viel realistischer ist die in Abbildung 21 angedeutete Vorstellung eines iterativen, rückgekoppelten Prozesses. Stellt man z.B. in der Bewertungsphase fest, dass die ursprünglich festgelegten Ziele aufgrund einer bestimmten Restriktion nicht erreicht werden können, ist es notwendig wieder zur Phase der Alternativsuche (Ableitung neuer Handlungsmöglichkeiten) oder gar zur Zielbildungsphase (Veränderung bzw. Anpassung der ursprünglichen Ziele) zurückzukehren.<sup>110</sup>

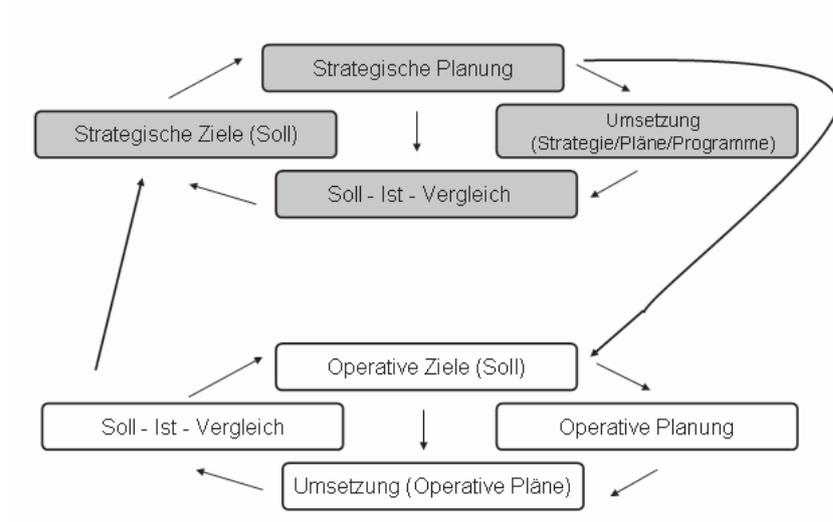
Die gedankliche Zerlegung ist eine Maßnahme, die Planungsprozesse auf der einen Seite deutlich vereinfacht, auf der anderen Seite jedoch auch völlig neue Probleme aufwirft. Die Schwierigkeiten liegen in erster Linie in den wechselseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen einzelnen Planungsobjekten, welche in der Fachsprache als Interdependenzen bezeichnet werden. Für die Planung an sich sind die vier Hauptinterdependenzen, die zeitliche, die horizontale, die vertikale und die ressourcen- bzw. verwendungsbezogene Interdependenz entscheidend.

Je größer die zeitliche Reichweite ist, desto geringer ist im Allgemeinen die Verlässlichkeit der Informationen. Daher werden bei längerfristiger Betrachtung eher grobe, aggregierte Pläne und bei kurzfristiger Betrachtung genaue Detailpläne erstellt. Die Planung kann daher in eine strategische (langfristige), taktische (mittelfristige) und operative (kurzfristige) Planung unterteilt werden, wobei diese im Sinne einer sukzessiven Verfeinerung in einem hierarchischen Zusammenhang stehen. Zwischen strategischer und operativer Planung herrschen große zeitliche Interdependenzen, d.h. wechselseitige Beziehungen und Abhängigkeiten, wie dies in Abbildung 22 veranschaulicht werden soll.<sup>111</sup>

---

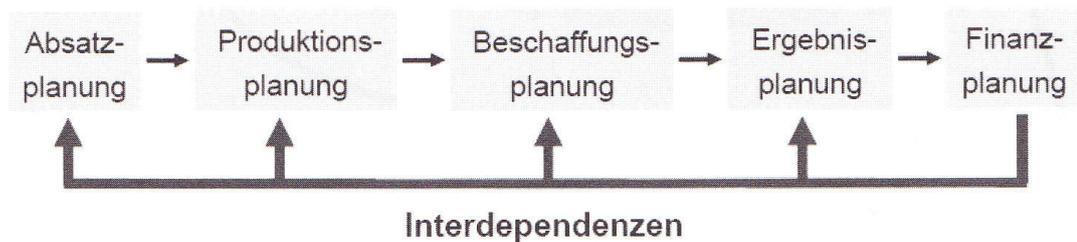
<sup>110</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 554.

<sup>111</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 554.



**Abbildung 22: Zeitliche Interdependenzen von Planungsprozessen<sup>112</sup>**

Horizontale Interdependenzen liegen vor, wenn die lineare Planungsfolge durch die Rückwirkung zwischen den einzelnen Teilplänen beeinflusst wird (siehe dazu Abbildung 23).<sup>113</sup>



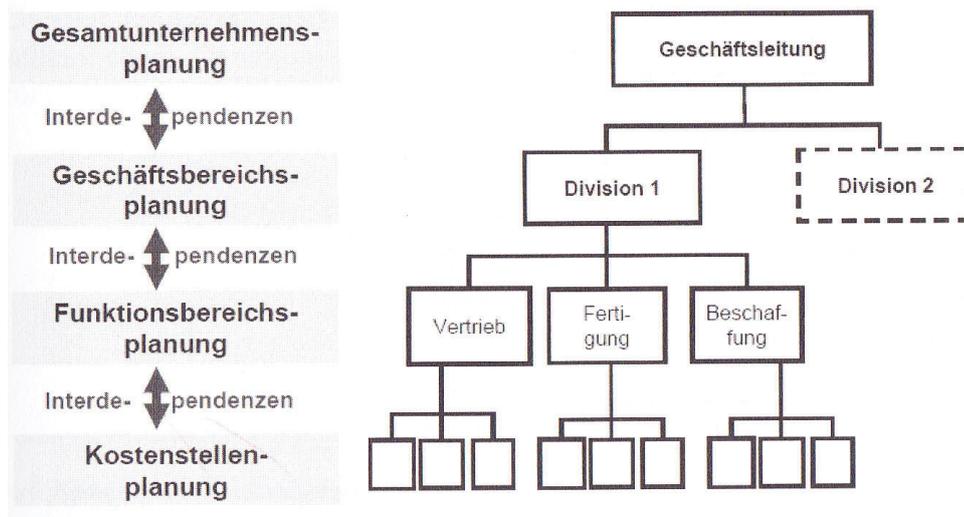
**Abbildung 23: Horizontale Interdependenzen von Planungsprozessen<sup>114</sup>**

Vertikale Interdependenzen bestehen in den wechselseitigen Beziehungen der einzelnen Planungsebenen, was in Abbildung 24 veranschaulicht wird.

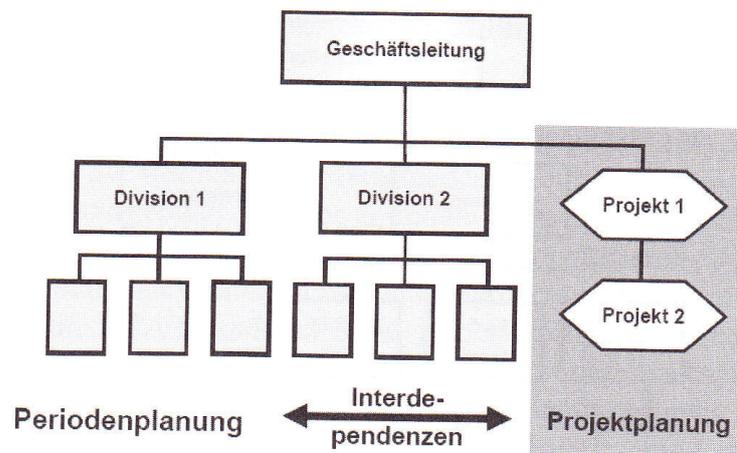
<sup>112</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 555.

<sup>113</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 556.

<sup>114</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 556.

Abbildung 24: Vertikale Interdependenzen<sup>115</sup>

„Mit dem Begriff ressourcenbezogene bzw. verwendungsbezogene Interdependenz wird zum Ausdruck gebracht, dass ein Unternehmen immer nur über einen begrenzten Ressourcenpool (Finanzmittel, Maschinen, Personal usw.) verfügt“<sup>116</sup> (siehe dazu Abbildung 25).

Abbildung 25: Ressourcen- bzw. verwendungsbezogene Interdependenzen von Planungsprozessen<sup>117</sup>

Wie gezeigt wurde, entstehen durch die Zerlegung des Unternehmens in einzelne Handlungsfelder Interdependenzen. Werden diese nicht berücksichtigt, folgt eine deutliche Minderung der Qualität der Planung. Um also eine verlässliche und solide Unternehmensplanung berücksichtigen zu können, müssen die jeweiligen Handlungsfelder durch entsprechende Pläne koordiniert werden, d.h. diese müssen aufeinander abgestimmt werden.

<sup>115</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 557.

<sup>116</sup> Zit. nach Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 557.

<sup>117</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 558.

Die Koordination der Interdependenzen ist also eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Planung ihren Aufgaben gerecht werden kann, wobei sich diese im Wesentlichen in sechs Aufgabengebiete (Produkt-, Anlagen-, Personal-, Materialfluss- und Dienstleistungs-, Produktprogramm- und Prozessplanung) unterteilen lässt:<sup>118</sup>.

Die Produktplanung ist für die Planung des Produktkonzeptes hinsichtlich der Sortimentsgestaltung und für die strategische Programmplanung verantwortlich. Ein weiteres Aufgabengebiet dieser ist die technische, kaufmännische und logistische Produktentwicklung.

Der Anlagenplanung kommt die Planung der Maschinenkapazitäten für das aktuelle Produktionsprogramm und künftiger Entwicklungen zu. Ebenso umfasst diese die Entwicklung des Instandhaltungskonzeptes (für geplante bzw. ungeplante Maßnahmen) und trägt Verantwortung für die Methodenverfügbarkeit und -entwicklung (z.B. Betriebssysteme, Steuerungsprogramme usw.).

In der Personalplanung erfolgt die Ermittlung des Personalbedarfs und -einsatzes. Sozialleistungen, Entlohnungen und die Arbeitsgestaltung (Ergonomie, Arbeitszeit- und Schichtmodelle, Pausen- und Springerregelungen) gehören ebenfalls zum Aufgabenbereich dieser.

In der Materialfluss- und Dienstleistungsplanung, welche erst nach Erstellung des Produktionsprogramms möglich ist, erfolgt die Bedarfsermittlung sowie die Ausarbeitung des Lagerhaltungs- (Bestand, Reichweite, Wiederbeschaffungszeiten usw.) und Dispositionskonzeptes (Planung der Struktur und Taktung der Zuflüsse, des Steuerungsprinzips usw.).

Bei der Prozessplanung erfolgt die Planung der räumlichen Zuordnung und zeitlichen Anordnung der Produkterstellung. Diese hat auch die auftrags- und kapazitätsorientierte Terminplanung zum Inhalt.

Die Produktprogrammplanung hat die operative Produktionsprogrammplanung der gegebenen Kapazitäten zum Inhalt. „Die Aufgabe der Planung des Produktionsprogramms besteht darin festzulegen, welche Erzeugnisse in welchen Mengen in einem bestimmten Zeitabschnitt hergestellt und verkauft werden sollen.“<sup>119</sup> Die Planung des Produktionsprogramms befasst sich demnach vor allem mit dem Bedarf an Erzeugnissen aus der Umwelt bzw. dem Angebot an Erzeugnissen an die Umwelt (siehe dazu Abbildung 26).

---

<sup>118</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 71 f.

<sup>119</sup> Zit. nach. Dangelmaier, Wilhelm (1999), S. 57.

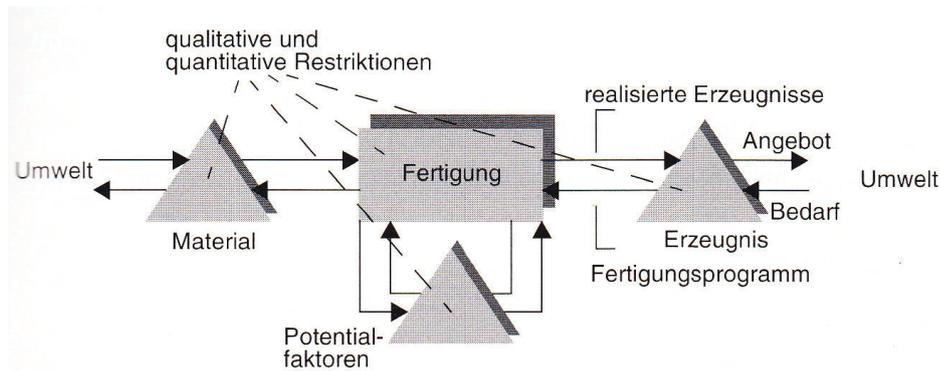


Abbildung 26: Produktionsprogrammplanung<sup>120</sup>

Um den verschiedenen Aufgaben gerecht zu werden, ergeben sich in weiterer Folge unterschiedliche Planungstypen, auf welche nun im Anschluss eingegangen wird.

### 3.3.1.2 Typen der Planung

„Aufgabe der zeitlichen Koordination ist es, die Planungen für unterschiedliche Zeiträume miteinander zu verknüpfen. Dies kann mit verschiedenen Graden an Flexibilität geschehen.“<sup>121</sup> Vollkommen starr und unflexibel ist die Anschlussplanung oder auch serielle Planung (siehe Abbildung 27) genannt. Dabei wird ein exakt definierter Zeitraum, z.B. vier Quartale im Vorhinein geplant. Ist dieser Zeitraum abgelaufen, so werden die nächsten vier Zeiträume geplant usw. Eine Koordination über den Planungshorizont ist hierbei nicht vorgesehen. Im Gegensatz dazu verknüpft die rollierende Planung (Abbildung 28) die Planungsperioden auch über den Kernplanungshorizont hinaus. Nach Ablauf einer Planungsperiode wird der gesamte Planungszeitraum um eine neue Periode erweitert. Werden die bereits geplanten Perioden zum Ende des Planungszeitraums noch zusätzlich zum Ende des Planungszeitraums überarbeitet, dann liegt eine revolvierende Planung vor.<sup>122</sup>

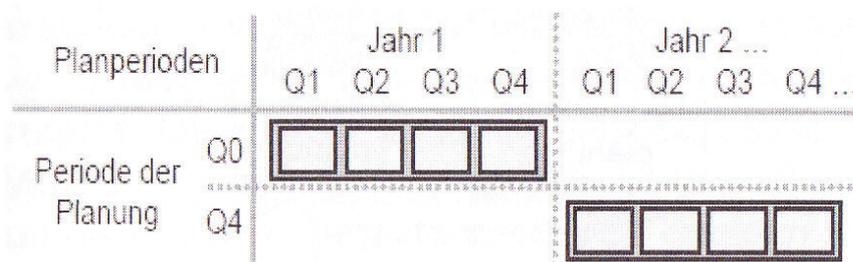


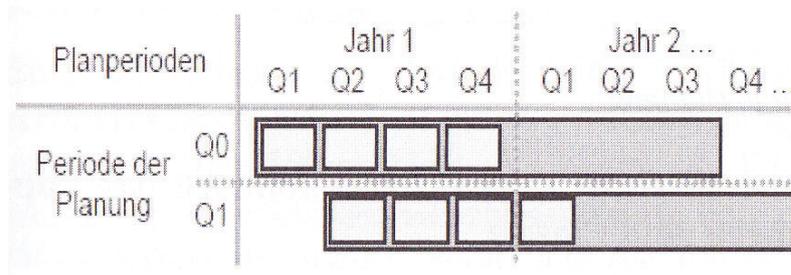
Abbildung 27: Anschlussplanung bzw. serielle Planung<sup>123</sup>

<sup>120</sup> Quelle: Dangelmaier, Wilhelm (1999), S. 57.

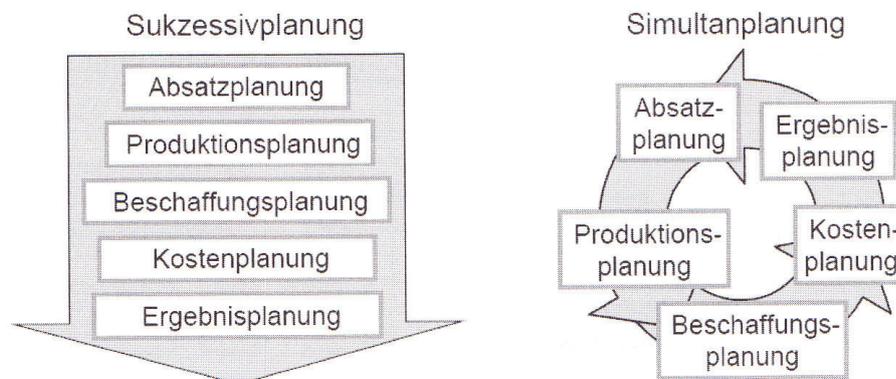
<sup>121</sup> Zit. nach Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 558.

<sup>122</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 558 f.

<sup>123</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 559.

Abbildung 28: rollierende Planung<sup>124</sup>

Die horizontale Koordination befasst sich mit der Reihenfolge der Planung. Hierbei kann zwischen zwei grundsätzlichen Ansätzen unterschieden werden: die sukzessive und simultane Planung (siehe dazu Abbildung 29). Bei der sukzessiven Planung werden die einzelnen Teilplanungen nacheinander bzw. aufeinander aufbauend abgearbeitet. So baut eine nachgelagerte Teilplanung immer auf den Ergebnissen der jeweils vorgelagerten auf. Wechselseitigkeiten werden nur insofern berücksichtigt, dass es immer wieder zu Rücksprüngen in Bezug auf die Planungsebenen kommen kann. Bei der simultanen Planung hingegen werden alle Teilpläne gleichzeitig erarbeitet, wobei sich die Umsetzung des simultanen Planungsansatzes in der Praxis als äußerst schwierig erweist, da die Berücksichtigung der Einflussfaktoren aller Planungsebenen ein hochkomplexes Planungsmodell erfordert.<sup>125</sup>

Abbildung 29: Sukzessive und simultane Planung<sup>126</sup>

Als Verfahren zur vertikalen Koordination (siehe dazu Abbildung 30) kommen das Top - Down - und das Bottom - Up - Verfahren zum Einsatz. Beim Top - Down - Verfahren werden die einzelnen Bereiche eines Unternehmens sukzessiv aus den Gesamtunternehmenszielen abgeleitet. Das Bottom - Up - Verfahren geht den umgekehrten Weg. Diese

<sup>124</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 559.

<sup>125</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 559.

<sup>126</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 556.

Methode plant ausgehend von der operativen Ebene und aggregiert die einzelnen Pläne zur Gesamtunternehmenssicht. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Das von den Teilplänen ausgehende Bottom - Up - Verfahren ist zwar sehr realistisch und führt durch die Eingliederung der direkt ausführenden Ebene zu einer hohen Zielidentifikation, dennoch kann man aufgrund ressourcenbedingter Interdependenzen nicht immer von der Tatsache ausgehen, dass alle Teilpläne realisierbar sind. Das Top - Down - Verfahren umgeht dieses Problem, in dem es Zielwerte vorgibt, wobei hierbei die Gefahr liegt, dass eine unrealistische Annahme dieser zu keiner Zielidentifikation der Mitarbeiter mit den Vorgabewerten führt. Eine weitere Möglichkeit stellt das Gegenstromverfahren dar, welches auf die wechselseitige Abstimmung von Planvorgaben zwischen allen hierarchischen Ebenen abzielt. Obwohl es zwar wesentlich aufwändiger als die beiden ursprünglichen Methoden ist, kann bei richtiger Anwendung dieses Verfahrens eine ganzheitliche und von allen Ebenen mitgetragene Planung realisiert werden.<sup>127</sup>

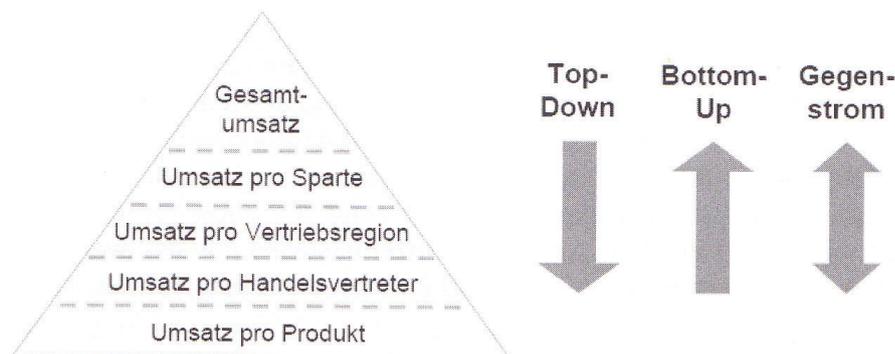


Abbildung 30: Vertikale Koordinationsverfahren<sup>128</sup>

### 3.3.2 Teilgebiete der Planung

Die Planung des Fertigungsprogramms wird üblicherweise in die strategische, taktische und operative Produktionsplanung unterteilt, welche nun im Folgenden im Detail betrachtet werden.

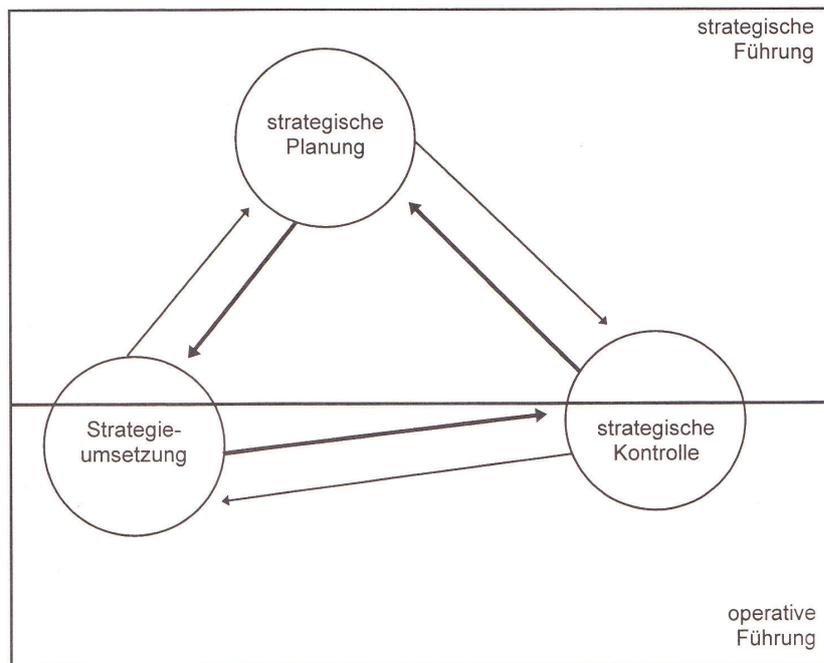
#### 3.3.2.1 Strategische Planung

„Die strategische Planung des Produktionsprogramms legt die Geschäftsfelder fest, in denen ein Unternehmen tätig ist bzw. werden will (Auswahl neuer Geschäftsfelder, Maßnahmen auf alten und neuen Geschäftsfeldern, Aufgabe von Geschäftsfeldern). Geschäftsfelder werden durch Erzeugnisfelder (Gesamtheit der Erzeugnisse, die sich auf ein Basiser-

<sup>127</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 559 f.

<sup>128</sup> Quelle: Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 560.

zeugnis zurückführen lassen) und (geographische) Marktgebiete bestimmt.“<sup>129</sup> Die strategische Planung bildet dabei eine von drei Teilaufgaben der strategischen Führung. Neben der strategischen Planung umfasst die strategische Führung die Aufgaben der Strategieumsetzung und der strategischen Kontrolle. Diese drei Aufgaben stehen nicht beziehungslos nebeneinander, sondern lassen sich als Teile eines Prozesses verstehen. Die strategische Planung definiert die Vorgaben für die langfristige Unternehmensentwicklung und bildet die Grundlage für die Strategieumsetzung. Im Rahmen der strategischen Kontrolle wird zum einen die Umsetzung der Strategie überwacht, andererseits erfolgt hier auch die Überprüfung, ob die der Strategie zugrunde liegenden Prämissen zur Entwicklung der Umwelt-, Markt- und Unternehmenssituation mit der Realität übereinstimmen. Eine klare Abgrenzung der drei Aufgaben der strategischen Führung ist aufgrund der sich dabei entstehenden Überlappung der drei Aufgabengebiete nicht möglich (siehe Abbildung 31).<sup>130</sup>



**Abbildung 31: Teilaufgaben der strategischen Führung**<sup>131</sup>

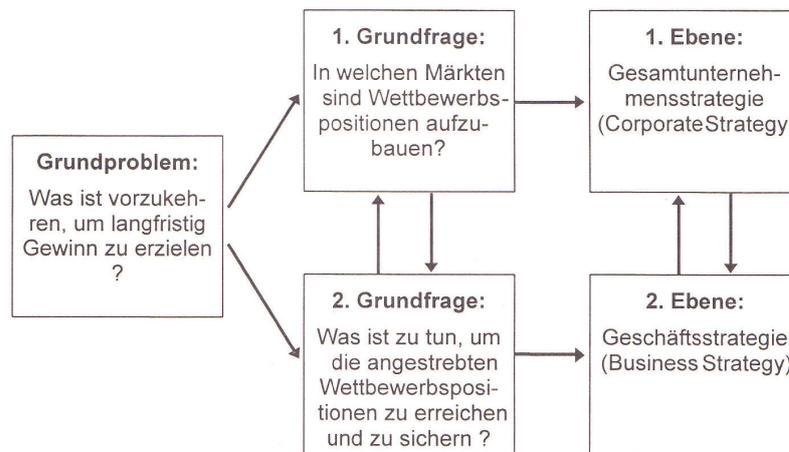
Die wesentlichen Aufgaben der strategischen Planung können anhand zweier Grundfragen aufgezeigt werden, auf welche sich die strategischen Diskussionen im Unternehmen beziehen können. „Die erste Grundfrage dabei lautet: In welchen Märkten sind Wettbewerbspositionen aufzubauen, zu erhalten oder abzubauen? Sie definiert die Ebene der Gesamtun-

<sup>129</sup> Zit. nach Jacob, Herbert (1996).

<sup>130</sup> Vgl. Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 61.

<sup>131</sup> Quelle: Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 62.

ternehmensstrategie (Corporate Strategy), auf der die Geschäftsbereiche bestimmt und die dort gegenüber den Wettbewerbern anzustrebenden Positionierungsziele fixiert werden. Die zweite Grundfrage lautet: Was ist zu tun, um die angestrebten Wettbewerbspositionen zu erreichen und langfristig zu sichern? Sie definiert die Ebene der Geschäftsstrategie (Business Strategy), auf der pro Geschäftsbereich Rahmenvorgaben für die wettbewerbswirksame Gestaltung von Angeboten, Ressourcen und Fähigkeiten festzulegen sind.“<sup>132</sup> In Abbildung 32 ist der Zusammenhang zwischen den Grundfragen und den Ebenen der strategischen Planung dargestellt:



**Abbildung 32: Grundfragen und Ebenen der strategischen Planung**<sup>133</sup>

Zwischen den angeführten Grundfragen und Ebenen herrschen Interdependenzen, welche mitunter für die Komplexität strategischer Problemstellungen verantwortlich sind und für dessen Bewältigung Strategien und in weiterer Folge Planungsprozesse notwendig sind.<sup>134</sup>

Man kann sagen, dass die strategische Planung die Rahmenbedingung (Ziele, Anforderungsniveau, Handlungsspielräume usw.) für die operative Planung vorgibt. Die strategische Planung richtet damit das operative Tagesgeschäft auf die langfristigen Unternehmensziele aus. Zeitgleich wirken aber auch Entscheidungen im Rahmen der operativen Planung auf die strategische Ebene zurück.<sup>135</sup>

Der Ausdruck Strategie dient in der Unternehmenspraxis einerseits zur Bezeichnung strategischer Pläne im Sinne von Führungsinstrumenten, andererseits zur Kennzeichnung der z.B. im Rahmen einer Situationsanalyse effektiv feststellbaren Strategie. Um dabei Unklarheiten zu vermeiden ist es deshalb notwendig, die beabsichtigte bzw. vorgegebene Strategie

<sup>132</sup> Zit. nach Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 28.

<sup>133</sup> In Anlehnung an Grant, Robert (1994), S. 20.

<sup>134</sup> Vgl. Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 29.

<sup>135</sup> Vgl. Mildenerger, Udo et al. (2007), S. 554.

(Intended Strategy) von der realisierten Strategie (Realized Strategy) zu unterscheiden. Unter einer beabsichtigten Strategie versteht man, der engeren Begriffsauffassung folgend, ein System langfristiger Vorgaben, das für die Unternehmen als Ganzes oder für wesentliche Teilbereiche gilt und die Erreichung der obersten Unternehmensziele dauerhaft sichern soll. Der Begriff realisierte Strategie bezeichnet die Umsetzung der geplanten Strategie in die Wirklichkeit.<sup>136</sup>

In der Realität entstehen Strategien häufig als Ergebnis „visionärer Prozesse“. Daher werden in der Literatur Strategien oftmals als Pläne interpretiert, welche auf systematischen Analyse- und Planungsprozessen beruhen.<sup>137</sup>

Die strategische Planung unterscheidet sich von operativen und dispositiven Planungsprozessen hauptsächlich in drei Merkmalen:<sup>138</sup>

- In der Langfristorientierung der Analyse und der zu erarbeitenden Vorgaben.
- In der für die Umsetzung und den Erfolg ausschlaggebenden Konzentration der Entscheidungskompetenzen und -verantwortlichkeiten beim Top - Management.
- In dem auf Sicherung und Aufbau langfristiger Erfolgsbedingungen ausgerichteten Zweck der Planungsüberlegungen.

In der deutschsprachigen Literatur werden die Bedingungen langfristiger Erfolgserzielung als Erfolgspotenziale bezeichnet. Damit werden der Aufbau und die Sicherung von Erfolgspotenzialen zum zentralen Zweck, das Erkennen und Bewerten von Erfolgspotenzialen zum zentralen Problem der strategischen Planung. Eine (beabsichtigte) Strategie kann hierauf aufbauend einfacher als System langfristiger Vorgaben zur Entwicklung und Erhaltung von Erfolgspotenzialen definiert werden (siehe dazu Abbildung 33).<sup>139</sup>

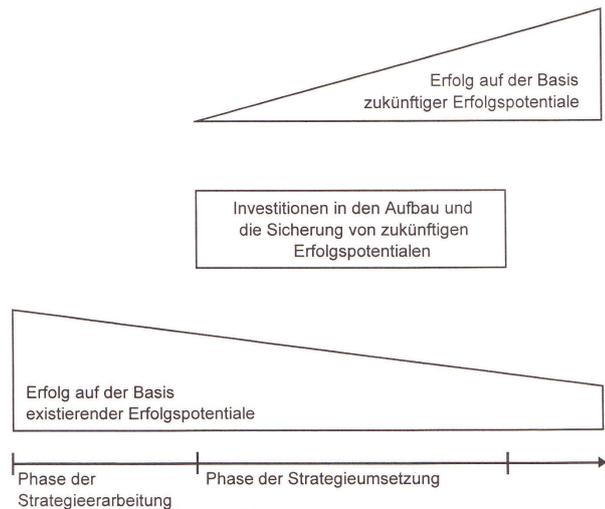
---

<sup>136</sup> Vgl. Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 31.

<sup>137</sup> Vgl. Ansoff, Harry Igor (1991), S. 449 ff.

<sup>138</sup> Vgl. Grünig, Rudolf (1996), S. 31 ff.

<sup>139</sup> Vgl. Gälweiler, Aloys (1987), S. 26 ff.



**Abbildung 33: Aufbau von Erfolgspotenzialen als Zweck der strategischen Planung<sup>140</sup>**

Die strategische Planung dient somit der Schaffung und Erhaltung von Bedingungen, die den langfristigen Unternehmenserfolg sichern, während die operative Planung vorhandene Erfolgsbedingungen optimal nützt.<sup>141</sup>

Die strategische Planung orientiert sich an den Fragen der Effektivität nach der Devise „die richtigen Dinge tun.“<sup>142</sup> Die operative Planung, welche nun im Detail betrachtet wird, beschäftigt sich hingegen mit Fragen der Effizienz nach der Devise „die Dinge richtig tun.“<sup>143</sup>

### 3.3.2.2 Operative Produktionsplanung und -steuerung

Die Hauptaufgabe der operativen Produktionsplanung ist die Ausschöpfung der Leistungspotenziale über einen kurz- bis mittelfristigen Zeithorizont in enger Wechselwirkung zu den angrenzenden Unternehmensbereichen auf der Grundlage

- produktionspolitischer Entscheidungen, d.h. auf Basis eines Produktionsrahmenprogramms,
- der gegebenen Ausstattung an Produktionsanlagen bzw. genehmigter und im Budget bereits eingestellter Investitionen,
- und vorgegebener Personalressourcen bzw. genehmigter Personalveränderungen.<sup>144</sup>

<sup>140</sup> Quelle: Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 38.

<sup>141</sup> Vgl. Grünig, Rudolf et al. (2000), S. 36.

<sup>142</sup> Vgl. Hümmer, Bernd et al. (1990), S. 20.

<sup>143</sup> Vgl. Hümmer, Bernd et al. (1990), S. 20.

<sup>144</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 80.

Die operative Produktionsplanung (siehe dazu Abbildung 34) umfasst dabei im Wesentlichen vier Teilbereiche:<sup>145</sup>

- **Produktionsprogrammplanung:** Hat die Periodenplanung der absatzfähigen Produkte bzw. Verbrauchsfaktoren zum Inhalt. Es erfolgt die mittelfristige Planung des Produktionsprogramms mit den zugehörigen Produktionsmengen und -terminen, wobei diese im Anschluss noch im Detail beleuchtet wird, da sie einen Kernaspekt bei der Ausarbeitung des Praxisteils darstellt.
- **Produktionsprozessplanung:** Beschäftigt sich mit der Umsetzung der Produktionsprogrammplanung für die unterschiedlichen Produktionstypen.
- **Ressourceneinsatzplanung:** Diese ist der Produktion vorgelagert und hat die Planung der Ressourcen (z.B. Maschinen, Material, Arbeitskräfte usw.) zum Inhalt.
- **Prozesskontrolle:** Hier erfolgt die Mengen-, Qualitäts- und Terminkontrolle.

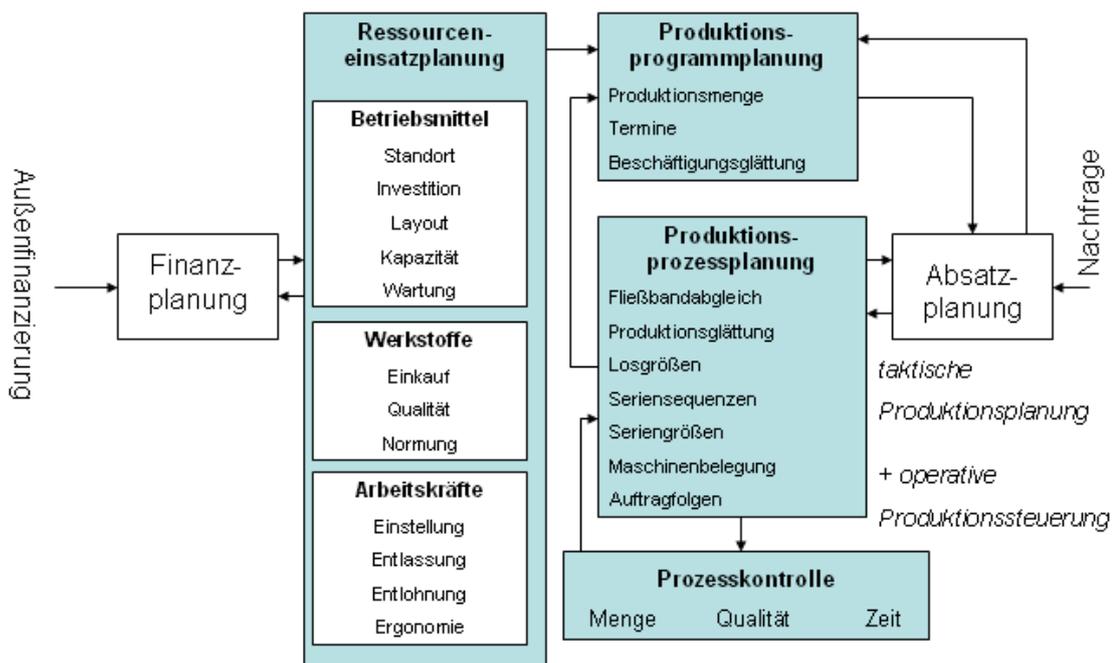


Abbildung 34: Teilbereiche der operativen Planung<sup>146</sup>

<sup>145</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (006), S. 81.

<sup>146</sup> In Anlehnung an Kistner, Klaus - Peter et al. (2001), S. 8.

### 3.3.2.3 Produktionsprogrammplanung

„Bei der Produktionsprogrammplanung im Rahmen der operativen Planung geht es um die Festlegung von Art und Menge der in den nächsten Perioden zu produzierenden Erzeugnisse.“<sup>147</sup> Kernpunkte der operativen Produktionsprogrammplanung bilden die Beschäftigungsglättung und die kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung. Die Beschäftigungsglättung hat als aggregierte Gesamtplanung die Aufgabe, unterschiedliche Kapazitätsbeanspruchungen der Produktionsstätten bzw. größerer Betriebseinheiten im Zeitablauf eines oder mehrerer Jahre auszugleichen und mit der Entwicklung der Nachfrage abzustimmen. Die kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung (kurzfristige Produktionsprogrammplanung) legt fest, welche konkreten Endproduktmengen in den einzelnen Perioden des unmittelbar bevorstehenden Planungszeitraums produziert werden sollen. Beide Planungsstufen gehen hierbei von Nachfrageprognosen aus, auf welche nun im Detail eingegangen wird.<sup>148</sup>

#### Nachfrageprognosen

Von besonderer Bedeutung für die Produktionsprogrammplanung sind Prognosen der zukünftigen Entwicklung der Nachfrage. Prognosen können sowohl subjektiv aufgrund persönlicher Erfahrungen oder mit Hilfe spezieller Prognoseverfahren erstellt werden.

„Aggregierte mehrperiodige Nachfrageprognosen für Produktgruppen werden als Vorstufe der Beschäftigungsglättung in enger Abstimmung mit dem Marketingbereich durchgeführt. Dabei kommen Prognosemodelle zum Einsatz, mit denen die mittel- bzw. langfristige Entwicklung einer Zeitreihe vorhergesagt werden kann. Disaggregierte kurzfristige Prognosen für einzelne Produkte werden vorwiegend zu Beginn der Hauptproduktionsprogrammplanung und im Bereich der stochastischen Materialbedarfsrechnung eingesetzt.“<sup>149</sup>

Ausgangspunkt für die Prognose zukünftiger Nachfragemengen bildet die in der Vergangenheit aufgetretene Nachfrage nach einem Produktionstyp oder einem einzelnen Produkt. Zunächst erfolgt die Analyse der empirisch beobachteten Nachfrageentwicklung. Ziel dieser sogenannten Zeitreihenanalyse sind Erkenntnisse über die Struktur der wichtigsten Einflussfaktoren, die zum beobachteten Nachfrageverlauf führten. Anschließend wird die Nachfrageentwicklung mit Hilfe eines Prognoseverfahrens in die Zukunft extrapoliert.<sup>150</sup>

<sup>147</sup> Zit. nach Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 141.

<sup>148</sup> Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 142.

<sup>149</sup> Zit. nach Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 142.

<sup>150</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 88 ff.

Die beobachtete Nachfrage wird als Zeitreihe, d.h. als eine zeitlich geordnete Folge von Beobachtungswerten interpretiert. Nach Analyse der vorhandenen Daten werden unter Anwendung eines Prognosemodells<sup>151</sup> die erwarteten zukünftigen Nachfragemengen prognostiziert.

Die einzelnen Prognoseverfahren und die ihnen zugrunde liegenden Prognosemodelle unterscheiden sich vor allem darin, wie falsch eine Prognose ist. Um daher die Eignung eines Prognosemodells für eine bestimmte Zeitreihe festzustellen, wendet man das Modell zunächst immer auf die bekannten Werte der Zeitreihe an.<sup>152</sup>

Zur quantitativen Prognose wurden zahlreiche Prognosemodelle mit sehr unterschiedlichen Strukturen und Komplexitätsgraden entwickelt.

„Beim Einsatz eines quantitativen Prognoseverfahrens geht man nach folgenden Schritten vor:<sup>153</sup>

1. Untersuchung der charakteristischen Merkmale einer Zeitreihe.
2. Auswahl eines geeigneten Prognosemodells.
3. Schätzung der Koeffizienten des Prognosemodells.
4. Berechnung der Prognosewerte.
5. Beobachtung und Analyse der Prognosegenauigkeit im Zeitablauf.“

Bei der Auswahl eines Prognosemodells kann mit Hilfe der Zeitreihenanalyse das Bildungsgesetz einer Zeitreihe bestimmt werden. Eine Zeitreihe wird durch vier Komponenten bestimmt: T (langfristiger Trend), C (mittelfristige zyklische Schwankungen), S (saisonale Schwankungen) und I (unregelmäßige Zufallsschwankungen). Die meisten Ansätze der Zeitreihenanalyse versuchen Regelmäßigkeiten dieser Komponenten zu erkennen.<sup>154</sup> Je nachdem, welche der oben genannten Komponenten das Bild einer Zeitreihe prägen, lassen sich folgende grundsätzliche Nachfrageentwicklungen unterscheiden:<sup>155</sup>

- Gleichbleibende Nachfrage: Hier liegen weder Trend noch Saisonschwankungen vor, die Schwankungen der Zeitreihe basieren ausschließlich auf der Komponente I.

---

<sup>151</sup> Prognosemodell: Ein Prognosemodell beschreibt die angenommene Gesetzmäßigkeit, die dem Verkauf einer Zeitreihe zugrunde liegt. Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 143.

<sup>152</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 94.

<sup>153</sup> Zit. nach Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 144.

<sup>154</sup> Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 144.

<sup>155</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 92.

- Trendförmig ansteigende Nachfrage: Hier besteht die Zeitreihe aus den Komponenten T und I.
- Saisonal schwankende Nachfrage: Hierbei bleibt das Niveau der Zeitreihe im Zeitablauf zwar konstant, es treten aber systematische, regelmäßig wiederkehrende Schwankungen der Komponenten S und I auf.

### **Kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung**

An die Beschäftigungsglättung, welche das gesamte Produktionsprogramm und die jeweiligen Produktionsstätten der Unternehmung mit ihren wechselseitigen logistischen Verflechtungen umfasst und deren Aufgabe die Glättung der Ressourcenauslastungen im Zeitablauf durch den Einsatz von Überstunden und Kurzarbeit sowie die Fremdvergabe von Aufträgen an externe Lieferanten und andere geeignete Maßnahmen, z.B. saisonbedingte Sonder- oder Freischichtenregelungen oder Urlaubsplanung, ist, schließt die Hauptproduktionsprogrammplanung an, die als zentrales Planungsmodul alle Produktionssegmente innerhalb einer Produktionsstätte mit ihren Hauptezeugnissen und ihren aggregierten Kapazitätsbeanspruchungen erfasst. Die Hauptproduktionsprogrammplanung erfüllt zwei Aufgaben, zum einen die jeweiligen dezentralen Produktionsprogramme für einen mehrperiodigen Zeitraum aufzustellen und zum anderen die Produktionsprogramme über die einzelnen Produktionssegmente hinweg zu koordinieren.<sup>156</sup>

Bei der Aufstellung des Produktionsprogramms sind Maßnahmen zur Abstimmung der Produktionsmengen mit den vorhandenen Kapazitäten zu ergreifen. Potenzielle Engpässe sollen somit rechtzeitig sichtbar gemacht und die notwendigen Anpassungsmaßnahmen eingeleitet werden. Hierzu kommt sowohl die Anpassung der Belastung an die Kapazität (z.B. durch Vorausproduktion und die damit einhergehenden Lagerbestände) als auch die Anpassung der Kapazität an die Belastung (z.B. durch Überstunden) in Frage.<sup>157</sup>

Im Gegensatz zur Beschäftigungsglättung geht die Hauptproduktionsprogrammplanung nicht von langfristigen Marktentwicklungen und mittelfristigen Nachfrageprognosen aus, sondern von bereits vorhandenen Kundenaufträgen und kurzfristigen Nachfrageprognosen für Endprodukte, wobei auch die produktbezogene Lagerbestandsentwicklung Berücksich-

---

<sup>156</sup> Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 162.

<sup>157</sup> Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 162.

tigung findet. Der Zusammenhang zwischen Beschäftigungsglättung und Hauptproduktionsprogrammplanung soll in Abbildung 35 veranschaulicht werden.<sup>158</sup>

Bei der Hauptproduktionsprogrammplanung werden die einzelnen Ressourcen zu Gruppen mit funktions- und kostengleichen Einheiten verdichtet. Die explizite Betrachtung dieser hat nur dann zu erfolgen, falls sie im Planungszeitraum zum Engpass werden könnten. Die beschränkten Kapazitäten der Ressourcen sind explizit zu berücksichtigen.<sup>159</sup>

Zielsetzung der Hauptproduktionsprogrammplanung ist die Minimierung der relevanten Produktions-, Lager- und ressourcenabhängigen Kosten unter der Nebenbedingung einer termingerechten Erreichung der Produktionsziele, was bedeutet, dass die Kundenaufträge termingerecht erfüllt werden müssen und die Produktionsmengen, die in den nachfolgenden Produktionsmengen als Input benötigt werden, müssen zur Vermeidung von Produktionsstillständen bereitgestellt werden. Dabei ist auf die Konsistenz mit den Vorgaben aus der Planungsphase der Beschäftigungsglättung zu achten. Dies kann dadurch sichergestellt werden, in dem die in der Beschäftigungsglättung festgelegten Produktionsmengen über eine Nebenbedingung in die Hauptproduktionsprogrammplanung einbezogen werden.<sup>160</sup>

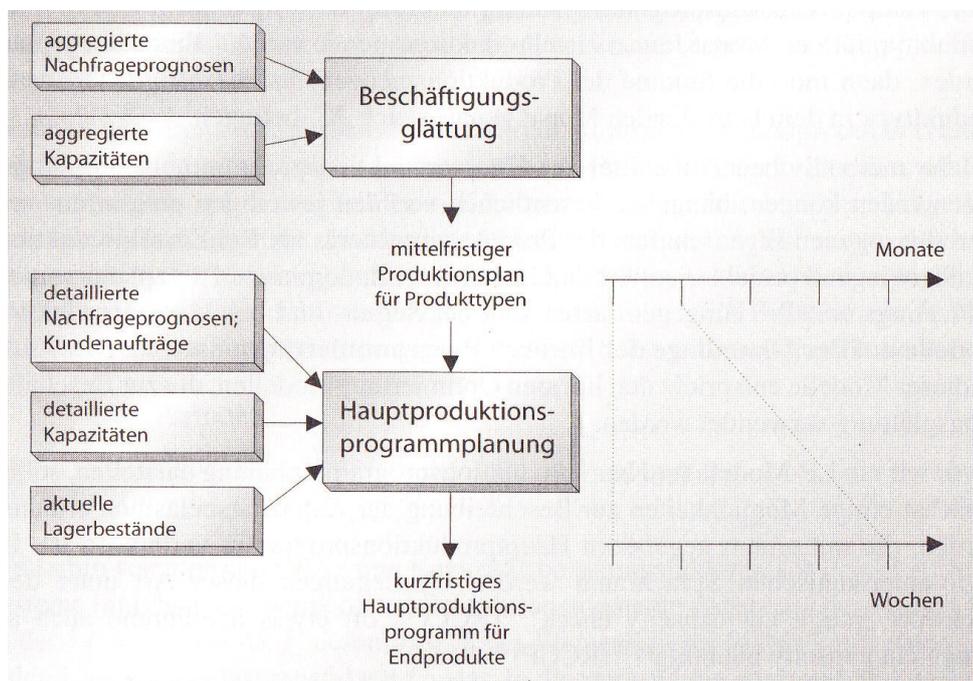


Abbildung 35: Zusammenhang Beschäftigungsglättung - Hauptproduktionsprogrammplanung<sup>161</sup>

<sup>158</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 109.

<sup>159</sup> Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 163.

<sup>160</sup> Vgl. Engelhardt, Corinna et al. (2006), S. 117.

<sup>161</sup> Quelle: Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 163.

Welche methodischen Hilfsmittel zur Hauptproduktionsprogrammplanung eingesetzt werden können, hängt im Wesentlichen von den jeweiligen programm- und prozessbezogenen Eigenschaften des Produktionssystems ab. Bei Einzelproduktion, die überwiegend projektorientiert durchgeführt wird, dominieren netzplanorientierte Planungsmodelle. Bei der Serien- und Massenproduktion kommen Modelle auf der Grundlage der linearen Programmierung zum Einsatz. Die Struktur dieser Modelle entspricht den linearen Optimierungsmodellen, die zur Beschäftigungsglättung verwendet werden und welche nun im Anschluss beschrieben werden.<sup>162</sup>

#### **Optimierungs- und Entscheidungsmodelle**

Optimierungs- und Entscheidungsmodelle enthalten zusätzlich zu den zu erklärenden Ursache - Wirkungs - Beziehungen (siehe dazu Abschnitt 2.1) Zielfunktionen zur Bewertung und Auswahl von Handlungsalternativen. Ein Entscheidungsmodell ist daher eine formale Darstellung eines Entscheidungsproblems, bei dem die im Hinblick auf die zu verfolgenden Ziele optimale (günstigste realisierbare) Lösung auszuwählen ist.<sup>163</sup> Generell wird zwischen linearen, hierbei beschreibt die Zielfunktion eine Geradengleichung und nichtlinearen Optimierungsmodellen unterschieden. Kann die Problemstellung mit Hilfe analytischer Methoden exakt gelöst werden, so spricht man von einem mathematischen Modell. Ist dies nicht möglich so kommen so genannte Näherungsverfahren, wie z.B. das Simulated Annealing zum Einsatz. Wie der Name schon sagt, nähert man sich hier mittels „Probieren“ einer Lösung. In der Praxis wird als Zielfunktion oftmals die Minimierung bzw. Maximierung einer logistischen oder ökonomischen Kenngröße, wie z.B. der Durchlaufzeit oder des Deckungsbeitrages angestrebt. Beachtung hierbei müssen die dabei herrschenden Restriktionen, d.h. Randbedingungen der jeweiligen Problemsituation finden. Ziel eines jeden Entscheidungsmodells ist die Ableitung eines anzustrebenden Zielbereiches bzw. Zielwertes für die vorherrschende Problemstellung.

---

<sup>162</sup> Vgl. Günther, Hans - Otto et al. (2005), S. 163.

<sup>163</sup> Vgl. Arnold, Dieter et al. (2004), S. B 3 - 6 ff.

## 4 Prozessmanagement

In diesem Kapitel wird die Thematik des Prozessmanagements erläutert. Zunächst erfolgt die Erklärung der wesentlichsten Begriffe zu dieser Thematik um im Anschluss daran auf die Prozessidentifikation, Prozessbewertung, Optimierung und prozessbasierte Potenzialableitung einzugehen, da diese ebenso relevante Grundlagen zur Ausarbeitung des Praxis-teils darstellen.

### 4.1 Grundlagen des Prozessmanagement

In diesem Abschnitt werden zunächst die grundlegenden Begriffe und Definitionen des Prozessmanagements erläutert, welche für das Verständnis zur vorliegenden Thematik benötigt werden.

#### 4.1.1 Der Begriff Prozess

Im Mittelpunkt der prozessorientierten Unternehmensgestaltung steht die Ablauforganisation der Unternehmung. Während sich die Aufbauorganisation mit der Gliederung der Unternehmung in Teilsysteme (z.B. Abteilungen, Divisionen, Stellen usw.) befasst, beinhaltet die Ablauforganisation die Durchführung dieser Aufgaben sowie die Koordination der zeitlichen und räumlichen Aspekte der Aufgabendurchführung (wer macht was wann und womit). Elementare Bestandteile einer Aufgabe sind die Aktivitäten, welche die Grundbestandteile eines (Arbeits-)Prozesses darstellen. Eine Aktivität bzw. eine Funktion ist ein Arbeitsschritt, der zur Erbringung einer Leistung durchgeführt werden muss.<sup>164</sup>

In der Literatur findet man eine Vielzahl von Definitionen für Prozesse. So definiert Jörg Becker einen Prozess als „die inhaltlich, abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines prozessprägenden betriebswirtschaftlichen Objektes notwendig sind. Ein solches prozessprägendes Objekt kann z.B. ein Kundenauftrag oder ein Werkstück sein. Ein Geschäftsprozess (z.B. die Auftragsabwicklung) ist ein spezieller Prozess, der durch die obersten Ziele der Unternehmung (Geschäftsziele) geprägt wird. Wesentliche Merkmale dieser sind die Schnittstellen des Prozesses zu den Partnern des Unternehmens (wie z.B. Kunden, Lieferanten etc.).“<sup>165</sup>

---

<sup>164</sup> Vgl. Becker, Jörg et al. (2000), S. 4.

<sup>165</sup> Zit. nach Becker, Jörg et al. (2000), S. 4.

Nach Nils Hagen wird der Prozess (siehe Abbildung 36) definiert als „eine logisch zusammenhängende, wiederholbare Folge von Aktivitäten, dessen Input bzw. Output und somit dessen Wertschöpfung messbar ist. Ein Prozess muss durch ein/en definierbaren/s Prozessbeginn und –ende abgegrenzt werden können.“<sup>166</sup>

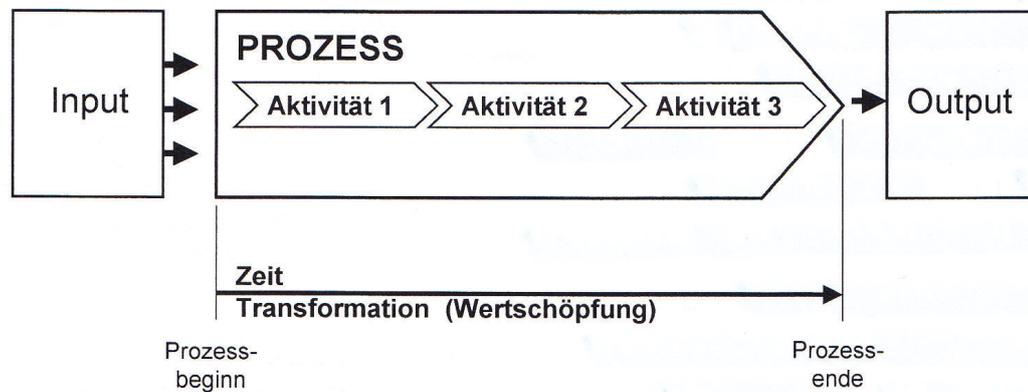


Abbildung 36: Prozessdefinition nach Hagen<sup>167</sup>

Unternehmen mit schlechten Prozessen

- sind auf allen Hierarchiestufen ständig mit Lieferproblemen befasst,
- bemühen sich vor allem um die Verbesserung der Vertriebsprognosen („Forecastqualität“),
- verstehen Kundenauftragsänderungen als Störungen,
- schieben die Schuld für Lieferengpässe vor allem auf die Lieferanten,
- sind auf die Bildung wirtschaftlicher Lose angewiesen,
- werden von Kapazitätsengpässen in einzelnen Funktionsbereichen dominiert,
- haben Lieferprobleme trotz hoher Bestände,
- und versuchen dem Markt ihren eigenen Rhythmus aufzuzwingen.

Hingegen Unternehmen mit guten Prozessen,

- wickeln ihre Aufträge reibungslos auf der Fachebene ab,
- richten sich konsequent am Auftragsbestand aus und haben Durchlaufzeiten, die dies erlauben,
- reduzieren Kundenauftragsänderungen durch kurze Lieferzeiten,
- realisieren Innovationen zügig,
- produzieren reihenfolgeunabhängig in flexiblen Losgrößen,

<sup>166</sup> Zit. nach Hagen, Nils et al. (2002), S. 9.

<sup>167</sup> Quelle: Hagen, Nils (2002) et al., S. 9 ff.

- synchronisieren die eigenen Kapazitäten passend zum Marktbedarf,
- und können sich den Marktrhythmen flexibel anpassen.<sup>168</sup>

Es lässt sich daraus erkennen, wie wichtig „gut funktionierende“ Prozesse für ein Unternehmen sind, da diese mitunter das langfristige Überleben dieser sichern. Damit in einem Unternehmen die Prozesse entsprechend funktionieren, bedarf es einem Prozessmanagement.

#### 4.1.2 Grundbegriffe des Prozessmanagement

„Unter Prozessmanagement versteht man die strategierorientierte Analyse, Bewertung, Gestaltung bzw. Verbesserung, Steuerung und Kontrolle von Wertschöpfungsprozessen in und zwischen Unternehmen.“<sup>169</sup> Das Prozessmanagement ist die Basis zur nachhaltigen Optimierung des Wertschöpfungsprozesses, d.h. der Abstimmung des Güter- und Informationsflusses.<sup>170</sup>

Die Vorgehensweise dabei ist ein iteratives Verfahren, welches sich aus der Prozessgestaltung, der Prozesssteuerung und -kontrolle sowie der Prozessanalyse und anschließenden -bewertung zusammensetzt. Diese lässt sich anhand des Prozessmanagementzyklus (siehe Abbildung 37) darstellen und stützt sich dabei auf die Basis von Prozessstruktur und -leistungstransparenz, welche im Anschluss kurz erläutert werden. Eine Anforderung an das Prozessmanagement ist die Unterstützung des gesamten Lebenszyklus (Planung, Implementierung und Betrieb) von Prozessen.<sup>171</sup>

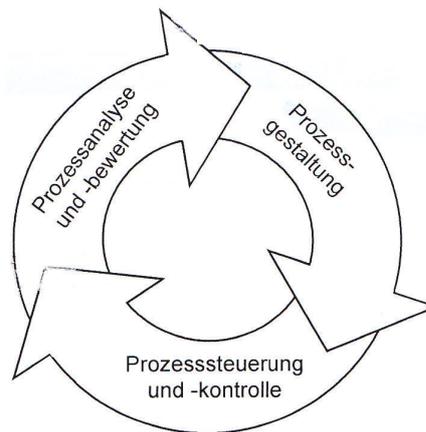


Abbildung 37: Prozessmanagementzyklus nach Delfmann<sup>172</sup>

<sup>168</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S. 7 f.

<sup>169</sup> Zit. nach Hagen, Nils (2007), S. 20.

<sup>170</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S. 12.

<sup>171</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S. 20.

<sup>172</sup> Quelle: Delfmann, Werner (1997), S. 79 ff.

## Prozessstrukturierung

Unter der Prozessstrukturierung versteht man die Aufgliederung von Prozessen in ihre Bestandteile, welche ebenso wie die Prozessdarstellung und -identifikation in der Phase der Prozessanalyse und -bewertung (siehe dazu Abbildung 37) des Prozessmanagementzyklus realisiert wird. Dies kann sowohl in einer horizontalen, als auch vertikalen Dimension erfolgen. Dabei führt die vertikale Prozessauflösung (siehe Abbildung 38) zu den einzelnen Prozessebenen, welche als durch hierarchische Verfeinerung oder Vergroberung entstandene Detaillierungsgrade von Prozessen verstanden werden können. Um die Komplexität der Prozesse zu verringern, erfolgt dabei die Einteilung dieser in eine Makro-, Meso- und Mikroebene, die sich jeweils in ihrem Detaillierungsgrad (von grob bis fein) unterscheiden.

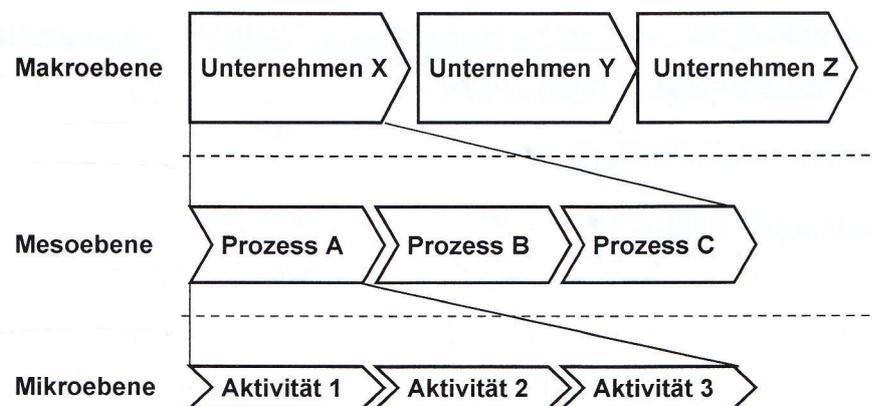


Abbildung 38: Vertikale Prozessstrukturierung<sup>173</sup>

Die horizontale Abgrenzung führt zu den einzelnen Prozesstypen, welche sich nach dem Prozessgrad in materielle und informationelle Prozesse, nach der Art der Tätigkeit in Leistungs-, Führungs- und unterstützende Prozesse und nach dem Marktbezug in primäre bzw. direkt wertschöpfende und Unterstützungsprozesse einteilen lassen.<sup>174</sup>

## Prozessdarstellung

Die Logik eines Prozesses wird in der sogenannten Prozessdarstellung, welche die Analyse und Dokumentation der Zusammenhänge und Verflechtungen der Prozessstrukturen zum Inhalt hat, beschrieben. Je nach Visualisierungszweck gibt es die unterschiedlichsten Visualisierungsformen (Prozessmapping, Wertschöpfungskettendiagramme, Funktionszuordnungsdiagramme etc.), welche die Nachhaltigkeit der Prozessstrukturtransparenz des Prozessmanagements nachhaltig unterstützen können. Grundlagen der Prozessdarstellung sind

<sup>173</sup> Quelle: Hagen, Nils et al. (2002).

<sup>174</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S.26.

neben der Prozessstrukturierung und Prozesslogik auch die Prozessidentifikation, welche nun im Detail erläutert wird, da die Identifikation der relevanten Fertigungsprozesse eine wesentliche Kernaufgabe bei der Ermittlung der Ist - Situation des Praxisteils darstellt (siehe Abschnitt 5.2).<sup>175</sup>

## 4.2 Prozessidentifikation

„Unter Prozessidentifikation versteht man die Bestimmung relevanter Prozesse und die Abgrenzung dieser untereinander.“<sup>176</sup> Dabei soll eine Antwort auf die Frage gegeben werden, welche Prozesse, wobei man hier zwischen Kern- und Supportprozessen unterscheidet, in einem Unternehmen notwendig sind, damit die Kunden mit den erwarteten Leistungen versorgt werden können. Generell unterscheidet man hier zwei Arten der Prozessidentifikation: die allgemeine und die singuläre bzw. individuelle Prozessidentifikation, wobei von folgenden Annahmen ausgegangen wird:

- Allgemeine Prozessidentifikation:

Annahme: Es gibt grundlegende, allgemeingültige Prozesse, die in allen Unternehmen vorkommen. Diese Prozesse werden dann im Einzelfall unternehmensspezifisch differenziert.

- Individuelle Prozessidentifikation:

Annahme: Entsprechend der Kundenbedürfnisse und der Wettbewerbssituation sind die Prozesse in jedem Unternehmen unterschiedlich und müssen anhand der individuellen Problemlage induktiv identifiziert werden.<sup>177</sup>

Die allgemeine Prozessidentifikation kann auch über so genannte Referenzmodelle (z.B. SCOR - Modell, siehe Abbildung 39) erfolgen. „Ein Referenzmodell stellt für eine bestimmte Anwendungsdomäne Strukturen, Eigenschaften, Beziehungen und das Verhalten von Objekten in einer allgemeingültigen und anwendbaren Form dar, die es ermöglicht, durch Anpassung spezifische Modelle zu erzeugen.“<sup>178</sup> So kann durch die Anwendung von Referenzmodellen die rasche und einfache Identifikation von Prozessen ermöglicht werden.

---

<sup>175</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S. 27.

<sup>176</sup> Zit. nach Hagen, Nils (2007), S. 44.

<sup>177</sup> Vgl. Hinkelmann, Knut (2009), S. 3.

<sup>178</sup> Zit. nach Hinkelmann, Knut (2009), S. 5.

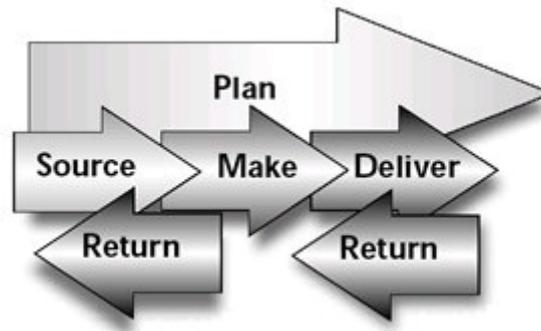


Abbildung 39: SCOR - Modell<sup>179</sup>

Die Abgrenzung der Prozesse untereinander lässt sich durch die folgenden Kriterien realisieren:

- Jeder Prozess hat ein Resultat; die Leistungsanforderungen legen die Ziele (d.h. das Resultat) der Prozesse fest.
- Die Auslöseereignisse beschreiben die Startpunkte der Prozesse.
- Die Abbruchgrenze gibt den Umfang der Prozesse vor.<sup>180</sup>

Die Ergebnisse der Prozessidentifikation, d.h. die voneinander abgegrenzten, für die jeweilige Betrachtung notwendigen Prozesse werden in Ordnungsrahmen, Prozesslandschaften usw. dargestellt und können somit einer Bewertung unterzogen werden.

### 4.3 Prozessbewertung, Optimierung und prozessbasierte Potenzialableitung

In diesem Abschnitt soll nun abschließend auf die Messung und Bewertung von Prozessen eingegangen werden, was die Voraussetzung für die Optimierung und prozessbasierte Potenzialableitung darstellt.

#### 4.3.1 Messung und Bewertung von Prozessen

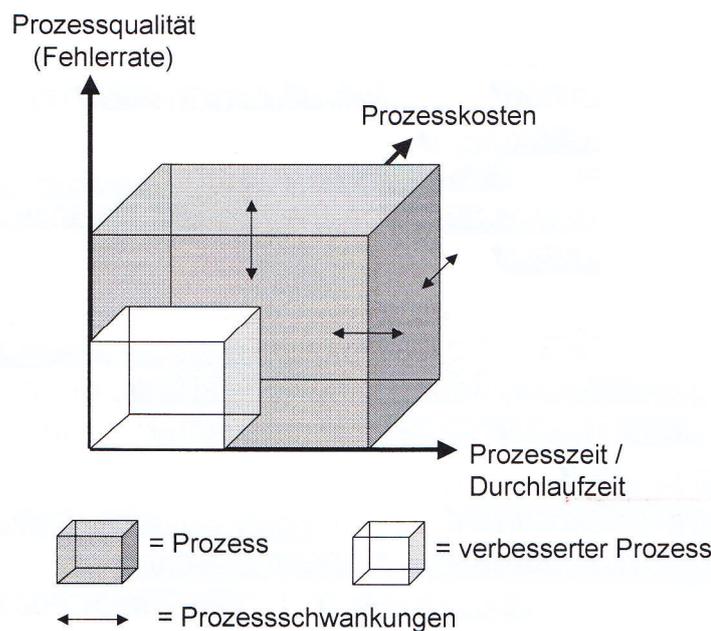
Der Input für die Messung und Bewertung laufender Prozesse wird in der strategischen Konzeption eines Prozesses festgelegt. Auslöser für das Messen und Bewerten eines Prozesses können kurzfristig auftretende Probleme, die festgelegte Frequenz der Erhebung

<sup>179</sup> Quelle: Hinkelmann, Knut (2009), S. 7.

<sup>180</sup> Vgl. Hinkelmann, Knut (2009), S. 18.

von Prozessleistungskennzahlen oder die Durchführung von regelmäßigen Maßnahmen zur Optimierung von Prozessen sein.<sup>181</sup>

Die Bewertung eines Prozesses kann in den Dimensionen Zeit, Qualität und Kosten erfolgen, wobei zwischen allen Bewertungsdimensionen inverse Beziehungen herrschen (siehe Abbildung 40). Die Prozesszeit wird anhand der Durchlaufzeit eines Produktes gemessen, die Bewertung der Prozessqualität erfolgt anhand der Fehlerrate, d.h. des Anteils an Ausschuss bzw. nachzubearbeitenden Teilen an der Gesamtausbringungsmenge.



**Abbildung 40: Bewertungsdimensionen<sup>182</sup>**

Ebenso wie die Prozessidentifikation handelt es sich bei der Prozessbewertung um einen iterativen Prozess, wobei es hier zur Anwendung des sogenannten Regelkreisprinzips (siehe Abschnitt 2.3.2) kommt.<sup>183</sup>

Die Instrumente der Prozessbewertung stellen Kennzahlen, Kennzahlensysteme und die Prozesskostenrechnung dar. Mit Hilfe von Kennzahlen können die betrieblichen Zustände und Entwicklungen verdeutlicht werden. Kennzahlensysteme stellen eine Auswahl wesentlicher Kennzahlen (so genannter KPIs = Key Performance Indicators), die zur Beurteilung des gesamten Logistiksystems herangezogen werden, dar. Die Prozesskostenrechnung ist eine prozessbasierte Darstellung der Kosten einer Unternehmung, bei der die nicht - leis-

<sup>181</sup> Vgl. Nyiri, Alexander (2007), S. 232 ff.

<sup>182</sup> Quelle: Galtanides, Michael (1994), S. 1 ff.

<sup>183</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S. 91.

tungsmengeninduzierten Kosten<sup>184</sup> den leistungsmengeninduzierten Kosten zugeordnet werden.<sup>185</sup>

Damit eine zuverlässige und vergleichbare Bewertung der Dimension Prozesszeit ermöglicht werden kann, bedarf es eindeutig definierter Meilensteine zur Abgrenzung der Messstrecken. Meilensteine müssen daher im Vorhinein festgelegt werden und als solche eindeutig erkennbar sein (z.B. Ende des Arbeitsschrittes A in einer Prozesskette).

Bei der Bewertung der Prozessqualität erfolgt die Messung der Konformität des tatsächlichen Prozessoutputs mit dem geplanten, um diese einander gegenüberzustellen. Als Beispiel sei hier die Liefertreue genannt, welche die Übereinstimmung des tatsächlichen Liefertermins mit dem zugesagten Termin misst (siehe dazu Beispiel in Abbildung 41).

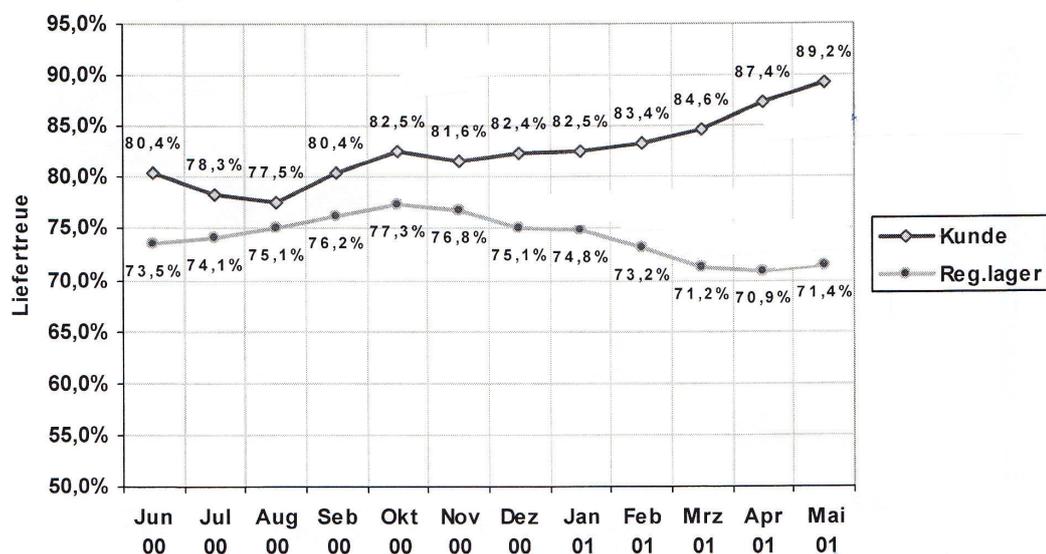


Abbildung 41: Bewertung der Prozessqualität anhand der Liefertreue<sup>186</sup>

Ziel einer jeder Prozessbewertung ist das Erstellen einer Maßnahmenliste für die Prozessverbesserung bzw. -optimierung.

### 4.3.2 Optimierung und prozessbasierte Potenzialableitung

Gerade in Zeiten der wirtschaftlichen Krise und der immer knapper werdenden Ressourcen spielen optimierte Prozesse für die Kundenorientierung und die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens eine immer größere Rolle. Dies setzt voraus, dass ein Unternehmen

<sup>184</sup> Leistungsmengeninduzierte Kosten: Leistungsmengenkosteninduzierte Kosten bezeichnen in der Prozesskostenrechnung jene Kosten, deren Höhe von der Menge der erbrachten Prozessleistung (Häufigkeit der Prozessdurchführung) abhängen. Vgl. Kompetenzzentrum für Prozessmanagement (2009).

<sup>185</sup> Vgl. Hagen, Nils (2007), S. 92.

<sup>186</sup> Quelle: Hagen, Nils (2007), S. 99.

seine Prozesse kennt und darüber hinaus regelmäßig überprüft, hinterfragt und anpasst. Prozessoptimierung bedeutet, bestehende Prozesse derart zu verändern oder neu zu gestalten, dass diese den Zielsetzungen besser entsprechen.<sup>187</sup> Ausgehend von den Ergebnissen der Prozessbewertung kann eine Optimierung der Prozesse angestrebt werden, d.h. auf den Erkenntnissen der Prozessbewertung aufbauend kann eine Zieldefinition für die einzelnen Prozesse und ihre Parameter abgeleitet werden. Die Vorgehensweise der Prozessoptimierung kann anhand der 4 - Schritte Methode des Prozessmanagements beschrieben werden, welche auf dem PDCA - Problemlösungszyklus basiert. Der PDCA - Zyklus (siehe Abbildung 42) nach Deming ist ein Qualitäts- und Verbesserungsregelkreis, welcher durch die Integration objektiver Messungen und der Rückführung der Ergebnisse in den Planungsprozess nach einer Regelkreisstruktur aufgebaut ist, wodurch die ständige Verbesserung von Prozessen auf allen Detaillierungsstufen ermöglicht werden kann. Dieser setzt sich aus den Schritten Plan, Do, Check und Act zusammen. Der PDCA - Zyklus beginnt mit der Analyse der derzeitigen Situation, während die Daten gesammelt werden, die zur Ausarbeitung eines Verbesserungsplanes dienen sollen. Ein Problem, das sich aus einem Arbeitsprozess bzw. einer Arbeitsmethode ergibt, wird genau beschrieben. Im Anschluss daran werden dessen Ursachen erforscht, um geeignete Maßnahmen, die das Problem lösen, festlegen zu können. Es werden klare Ziele, die mit der Umsetzung potenzieller Verbesserungsmaßnahmen erreicht werden sollen, formuliert und letztendlich Maßnahmen zur Lösung des Problems bzw. zur Verbesserung einer Arbeitsmethode festgelegt. Im zweiten Schritt erfolgt die Durchführung und Dokumentation der in Schritt 1 herausgearbeiteten Verbesserungsmaßnahmen unter Einhaltung eines Zeitplans. Schritt 3 verfolgt die Darstellung und Überprüfung der Wirksamkeit der durchgeführten Verbesserungsmaßnahmen. Hierbei werden die Ergebnisse mit der Zielsetzung verglichen (Soll - Ist - Vergleich). Der letzte Schritt beinhaltet die Reflexion des Prozesses und die Standardisierung erfolgreicher Vorgehensweisen. Schritt 4 stellt sogleich einen Anstoß für Folgeaktivitäten etc. dar, was wiederum zum Beginn weiterer PDCA - Zyklen führen kann.<sup>188</sup>

---

<sup>187</sup> Vgl. Arndt, Holger (2008), S. 79.

<sup>188</sup> Vgl. Syska, Andreas (2006), S. 100 f.

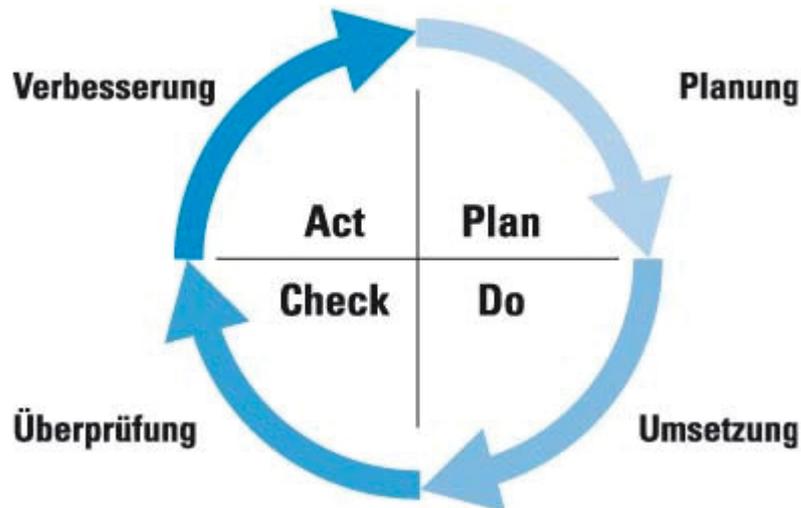
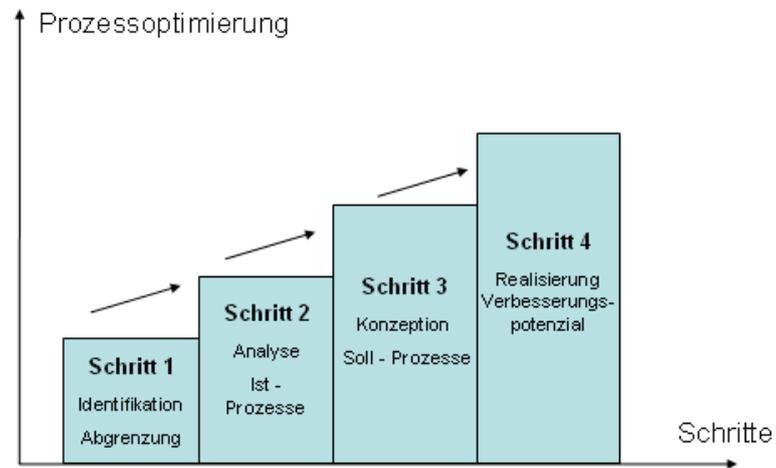


Abbildung 42: PDCA - Zyklus<sup>189</sup>

Bei der 4 - Schritte Methode des Prozessmanagements (siehe Abbildung 43) erfolgt in einem ersten Schritt die Identifikation und Abgrenzung der relevanten Prozesse des Unternehmens. Um dies zu realisieren, gilt es für jeden Prozess seinen Zweck, den In- und Output, die Schnittstellen, den ersten und letzten Prozessschritt, die erforderlichen Ressourcen, die für den zufriedenen Ablauf des Prozesses erforderlichen Erfolgsfaktoren, die dafür geltenden Unterlagen, sowie die Lieferanten und Kunden des Prozesses sowie deren Erwartungen zu ermitteln. Davon ausgehend wird die Analyse der Ist - Prozesse durchgeführt, bei welcher zunächst ein grober Überblick geschaffen wird, um im Anschluss daran die Prozesse im Detail zu betrachten. Darauf aufbauend wird die Konzeption der Soll - Prozesse vorgenommen. Die Konzeption der Soll - Prozesse beinhaltet die Beschreibung des Prozessablaufs und aller zugehörigen relevanten Informationen in einem strukturierten Dokument. Hier erfolgt entweder die Ableitung der Prozessziele aus den Unternehmenszielen (Top - Down) oder das in Einklang bringen der Prozessziele mit den Unternehmenszielen (Bottom - Up). Auch die Festlegung des Reportings der Prozessleistung, d.h. die Festlegung welche Informationen von wem an wen und in welcher Form weiterzuleiten sind, wird hier realisiert. Phase 3 endet mit der Bestätigung bzw. Abnahme der Soll - Prozesse bzw. des Soll - Konzeptes. Der letzte Schritt beruht auf der Realisierung der ausgearbeiteten Verbesserungspotenziale. Hierbei erfolgt die Planung der schrittweisen Umsetzung ins Tagesgeschäft, sowie die Präsentation und offizielle Freigabe des Soll - Prozesses und der damit verbundenen Maßnahmen zur Umsetzung. Den Abschluss stellt die schriftliche

<sup>189</sup> In Anlehnung an Arndt, Holger (2006), S. 79.

Festhaltung der Maßnahmen, welche Termin und Verantwortlichkeit für diese beinhalten, dar.



**Abbildung 43: 4 - Schritt Methode für Prozessmanagement<sup>190</sup>**

Ziele der Optimierung können die Reduktion der Prozess- oder Kapitalbindungskosten sowie die Verbesserung der Leistungsfähigkeit (z.B. Liefertreue, Liefertreue usw.) des Unternehmens sein.

<sup>190</sup> In Anlehnung an Arndt, Holger (2008), S. 79.

## **5 Systemabgrenzung und Ist - Analyse der BEG Kapfenberg**

Zu Beginn dieses Kapitel wird ein Überblick über die BEG Kapfenberg gegeben um im Anschluss daran die Aufgabenstellung der Praxisarbeit zu erläutern. Weiters erfolgt basierend auf der 4 - Schritte Methode des Prozessmanagements die Beschreibung der Systemabgrenzung und die Identifikation der relevanten Materialflüsse, welche zur Ermittlung der Ist - Situation zu Projektbeginn der BEG Kapfenberg hinsichtlich der Walzzyklusplanung des Block- und Mehrlinienwalzwerkes benötigt werden.

### **5.1 Unternehmensprofil der Böhler Edelstahl**

Das Unternehmen Böhler Edelstahl ist neben der Schmiede- und Schweißtechnik ein Teil der Böhler Uddeholm AG mit Sitz in Kapfenberg. Wo heute die Unternehmen von Böhler stehen, hat die Arbeit mit Stahl eine lange Tradition. Bereits im Jahre 1870 vertrieben Albert und Emil Böhler mit ihrem Wiener Handelshaus Stahl aus verschiedenen Produktionsstätten. Aufgrund der großen Geschäftserfolge erwarben sie um 1894 die Produktionsstätten im steirischen Kapfenberg und modernisierten und erweiterten die Produktion. Die herausragende Qualität des Stahles war schon damals Gradmesser des Erfolges. Damit wurde der Grundstein gelegt, für ein Unternehmen, das bereits nach wenigen Jahren weltweit als Synonym für besten Edelstahl galt und im Geschäftsjahr 2008 einen Umsatz von 692 Mio. Euro erzielen konnte. Auch heute gehört die BEG mit knapp 1900<sup>191</sup> Beschäftigten am Standort Kapfenberg weltweit zu den bedeutendsten Anbietern von Schnellarbeitsstählen, Werkzeugstählen sowie Sonderwerkstoffen und konzentriert sich dabei auf Werkstofflösungen für höchste Ansprüche. Böhler hat von jeher die Entwicklung mitbestimmt und setzt weltweit die metallurgischen Maßstäbe. Ein Beweis dafür sind mehr als 200 verschiedene Stahlmarken. Ihren Einsatz finden diese Stähle bei der Produktion von Gütern, als Formen für die Kunststoffteilefertigung, als Kaltarbeitsstahl für das Stanzen, Biegen und Schneiden, als Warmarbeitsstähle für das Druckgießen oder als höchstbeanspruchte Sonderwerkstoffe in Flugzeugen, Turbinen und in der Medizintechnik. Insgesamt wurden im Jahr 2008 144.381 Tonnen Stahl an Kunden in aller Welt geliefert.<sup>192</sup>

---

<sup>191</sup> Angabe von 2008.

<sup>192</sup> Vgl. BEG Kapfenberg (2008).

### **5.1.1 Aufgabenstellung der Praxisarbeit**

Ein wesentliches Unternehmensziel der BEG ist die ständige Verbesserung der Logistikleistung im Sinne des KVP - Prozesses. Einen Beitrag dazu soll die Optimierung und Abstimmung der Walzzyklen vom Block- und Mehrlinienwalzwerk auf die in der Wertschöpfungskette anschließenden Prüf- und Adjustagelinien am Standort Kapfenberg in Anlehnung an die 4 - Schritte Methode des Prozessmanagements liefern. Da im Moment keine kontinuierliche Auslastung an den Prüf- und Adjustagelinien der BEG gegeben ist, sind im Rahmen dieser Arbeit jene Ursachen und Einflussfaktoren zu ermitteln, welche für die hohen Auslastungsschwankungen an den Prüf- und Adjustagelinien verantwortlich sind. Im Anschluss daran sind Optimierungsmöglichkeiten in der Walzzyklusplanung vorzuschlagen, deren Realisierung eine kontinuierliche Auslastung der Prüf- und Adjustagelinien und somit eine eindeutige Verbesserung der bestehenden Wertschöpfungskette sicherstellen. Ebenso erfolgt die Ableitung einer einfachen Vorgehensweise für die Walzzyklusplanung, mit deren Hilfe die Komplexität der Planung beherrscht werden kann. Besonderer Fokus soll dabei auf die Auswirkungen der Optimierungspotenziale auf die einzelnen Arbeitsbereiche der BEG gelegt werden.

### **5.1.2 Herausforderungen in der Aufgabenstellung**

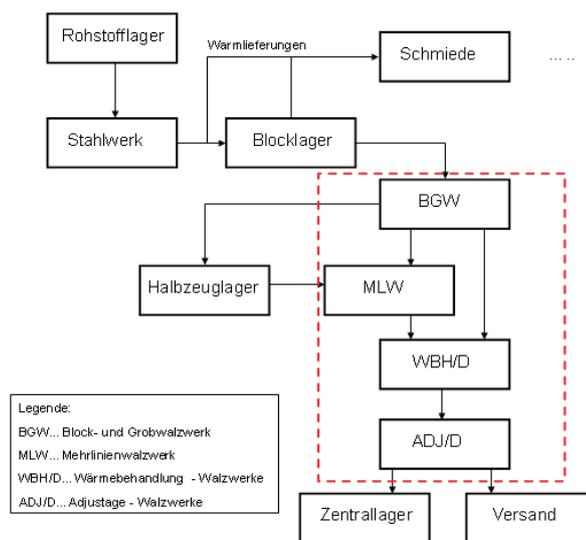
Wie bereits zu Beginn dieser Arbeit erwähnt, ist der Prozess der Stahlherstellung hoch komplex. Zielsetzung sollte das Schaffen eines kontinuierlichen Fertigungsflusses sein, damit eine gleichmäßige Anlieferung an die Prüf- und Adjustagelinien garantiert werden kann. Dabei gilt aber die Tatsache zu beachten, dass keine vollständige Auslastungsanpassung der vorhergehenden Arbeitstationen an die Prüf- und Adjustagelinien vorgenommen werden kann, da das wirtschaftliche Betreiben der Walzwerke ebenso wie die Tatsache, dass eine kundenindividuelle Fertigung mit dementsprechenden unterschiedlichen Auftragsmengen und -zeiten vorherrscht, berücksichtigt werden muss. Um die Komplexität der Aufgabenstellung von Beginn an zu minimieren, wurde in einem ersten Schritt das Gesamtsystem BEG auf die für diese Aufgabenstellung relevanten Bereiche abgegrenzt.

## **5.2 Systemabgrenzung und Identifikation der wesentlichen Materialflüsse im Unternehmen**

In einem ersten Schritt wurde die Begutachtung der im Unternehmen herrschenden Materialflüsse vorgenommen (siehe vereinfachte Darstellung dazu in Abbildung 44). Je nachdem welche Produktgruppe (Blöcke, Stabstahl gewalzt oder geschmiedet, Draht, Blankstahl oder

Freiformschmiedestücke) hergestellt wird, ergibt sich eine unterschiedliche Betriebsreihenfolge, durch die die Fertigung durchläuft.

Vom Rohstofflager ausgehend kommen die Rohstoffe in das Stahlwerk, wo die Blöcke hergestellt werden. Diese werden im Blocklager zwischengelagert um anschließend entweder in der Schmiede oder in den Walzwerken weiterverarbeitet zu werden. Eine Warmlieferung aus dem Stahlwerk direkt an die Schmiede ist auch möglich. Werden die Blöcke an die Walzwerke angeliefert, so erfolgt zunächst die Bearbeitung im Block- und Grobwalzwerk (BGW), um im Anschluss daran entweder an das Mehrlinienwerk (MLW), an das Halbzeuglager oder direkt an die Wärmebehandlung zur weiteren Verarbeitung angeliefert zu werden. Das Mehrlinienwalzwerk kann ebenso Zwischenerzeugnisse aus dem Halbzeuglager beziehen. Nachdem die Produkte in der Wärmebehandlung (WBH) der je nach Auftrag geforderten Wärmebehandlung unterzogen wurden, erfolgt nach der Endfreigabe entweder die direkte Anlieferung der Fertigerzeugnisse an den Versand oder die Endprodukte werden im Zentrallager eingelagert.



**Abbildung 44: vereinfachte Materialflussdarstellung der BEG Kapfenberg<sup>193</sup>**

Nach der Verschaffung eines groben Überblicks über die komplexe Fertigung der BEG, wurde versucht, basierend auf der 4 - Schritte Methode des Prozessmanagements, eine erste Abgrenzung des Systems vorzunehmen und die für diese Arbeit relevanten Bereiche zu ermitteln. Dazu wurde der für die Masterarbeit relevante Materialfluss der Walzlinie für die Optimierung der Walzwerke ermittelt (siehe dazu Markierung in Abbildung 44) und es erfolgte die Abgrenzung jener Arbeitsgänge, welche in den relevanten Betrachtungsbereich

<sup>193</sup> In Anlehnung an BEG Kapfenberg (2009).

fallen, was nach der in Abschnitt 2.2.2 vorgestellten Vorgehensweise des Systemdenkens „Vom Groben ins Detail“ realisiert wurde.

Ausgehend vom Blocklager der BEG Kapfenberg erfolgt in der Walzlinie (siehe dazu Abbildung 45) die Anlieferung mit Materialien an das Blockwalzwerk, wobei von dort ausgehend das gewalzte Halbzeug im Mehrlinienwalzwerk zu Stabstahl bzw. Draht weiterverarbeitet wird. Ebenso kann direkt eine Materialanlieferung aus dem BGW an die Wärmebehandlung (WBH) erfolgen. Anschließend wird je nach gefordertem Verfahren (Glühen, Härten, Vergüten usw.) die dementsprechende Wärmebehandlung durchgeführt. Den Abschluss des Fertigungsflusses stellt die vom Abmessungsbereich der Materialien abhängige Anlieferung dieser aus der WBH an die Prüf- und Adjustagelinien 1 - 14 dar, auf welchen die Erzeugnisse gerichtet, poliert oder geschält werden.

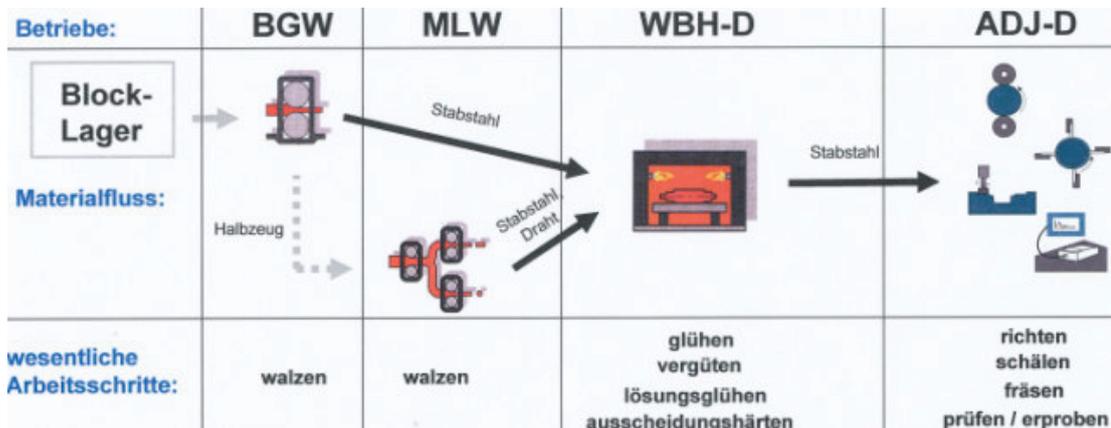
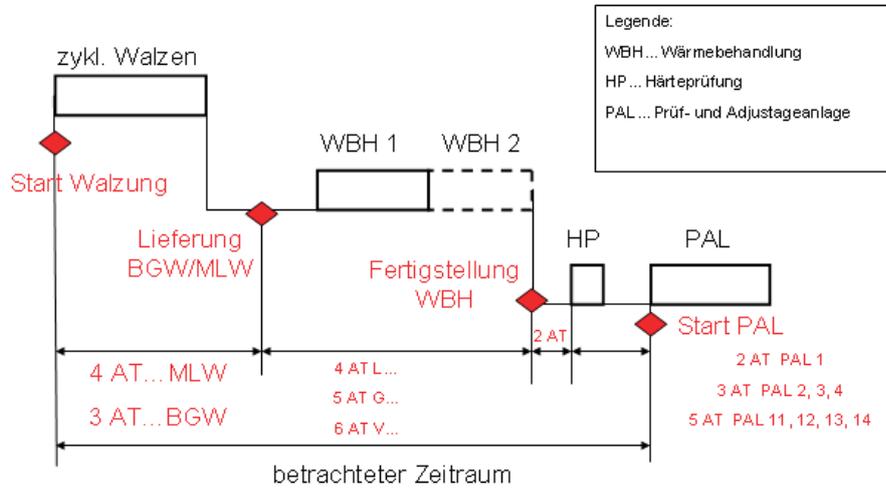


Abbildung 45: relevante Betriebe, Materialflüsse und Arbeitsschritte für Masterarbeit<sup>194</sup>

Somit konnte festgestellt werden, dass der zu untersuchende Zeitraum mit dem Start der zyklischen Walzung (darunter versteht man jene Walzungen, welche einem wiederkehrenden Walzintervall unterliegen) beginnt und beim Anlieferungstermin an die Prüf- und Adjustagelinien endet. Auf diese Erkenntnis aufbauend, konnten nun die tatsächlich in der Produktion herrschenden Durchlaufzeiten errechnet werden, welche in Abbildung 46 veranschaulicht werden. So ergibt sich vom Start der zyklischen Walzung bis zur Anlieferung an das MLW eine Durchlaufzeit von 4 Arbeitstagen und an das BGW eine Durchlaufzeit von 3 Arbeitstagen. Je nachdem welches Wärmebehandlungsverfahren zum Einsatz kommt unterscheiden sich hier die Durchlaufzeiten zwischen 4 bis 6 Arbeitstage, auf welche aber später noch im Detail eingegangen wird. Von der Fertigstellung der Wärmebe-

<sup>194</sup> Quelle: BEG Kapfenberg (2009).

handlung bis zur anschließenden Härteprüfung vergehen 2 Arbeitstage und je nachdem auf welcher Prüf- und Adjustagelinie die Erzeugnisse weiterverarbeitet werden, herrscht eine Durchlaufzeit von 2 bis 5 Arbeitstagen vor.



**Abbildung 46: Durchlaufzeiten zyklisches Walzen - Anlieferung PAL**

Um eine erste Übersicht über die Materialanlieferungen an die Prüf- und Adjustagelinien (PAL) aus den Walzwerken zu erhalten, erfolgte zunächst basierend auf dem Abmessungsbereich der Walzungen, also je nach Walzdurchmesser, eine erste, grobe Zuordnung dieser zu den jeweiligen Prüf- und Adjustagelinien (siehe Auszug aus Tabelle 2). So ist beispielhaft zu erkennen, dass alle gewalzten Fabrikate sowohl aus dem BGW, als auch aus dem MLW mit einem Walzdurchmesser > 42 mm auf der Prüf- und Adjustagelinie 1 weiterverarbeitet werden.

**Tabelle 2: Zuordnung Rundabmessungen zu Prüf- und Adjustagelinien**

PAL	Walzwerk	Abmessungen (bez. auf Walzdurchmesser)	Anmerkungen
1	MLW/ BGW	> 42	Rohmaß ≤ 125 geschält und poliert, schwarz > 125 - 180 richten in Deuchendorf, schälen in Kapfenberg
2	MLW	≤ 42	Fabrikate 3000 (rund schwarz) Fabrikat 3002 (rund geschält)
3	MLW	≤ 23	selbe Fabrikate wie PAL 4
4	MLW	≤ 42	Fabrikat 3004 (Stabstahl geschält und poliert) Fabrikat 3009 (Stabstahl geschält, poliert, bandgeschliffen)

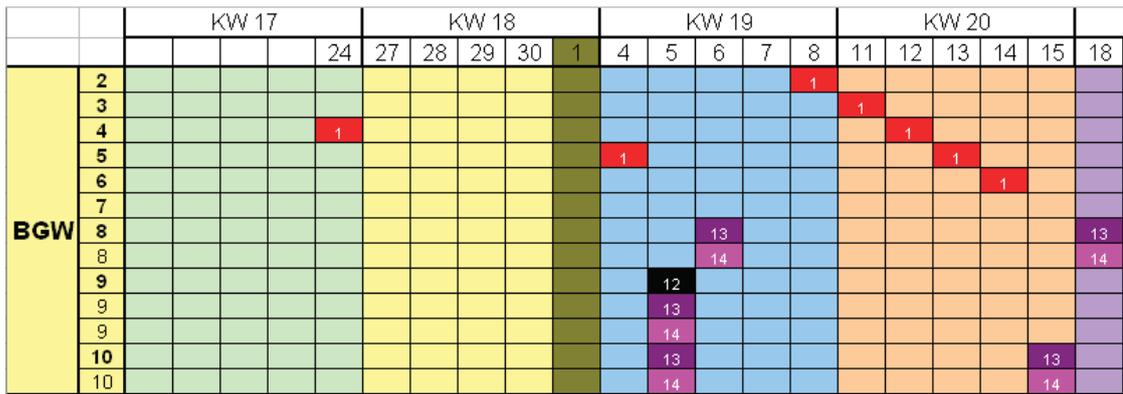
Anschließend wurden die einzelnen Walzgruppen je nach Abmessungsbereich einer Prüf- und Adjustagelinie zugeordnet (siehe Auszug Tabelle 3). Hier ist zu erkennen, dass z.B. die Walzgruppe 10, welche Flachabmessungen ≤ 300 mm enthält, auf der Prüf- und Adjustagelinie 13 weiterverarbeitet wird, da das Arbeitsaggregat auf diesen Abmessungsbereich ausgelegt ist.

Tabelle 3: Zuordnung Walzgruppen zu Prüf- und Adjustagelinien

					Prüf- und Adjustageanlage							
					1	2	3	4	11	12	13	14
Walzwerk	Walzgruppe	Dimension										
		Profil	unt. Grenze	obere Grenz.								
BGW	2	rund	57,00	66,50	x							
		rund	> 42		x							
	3	rund	66,51	84,50	x							
		rund	> 42		x							
	4	rund	84,51	111,50	x							
		rund	> 42		x							
	5	rund	111,51	145,00	x							
		rund	> 42		x							
	6	rund	145,01	180,00	x							
		rund	> 42		x							
	7	rund	180,01	220,00	x							
		rund	> 42		x							
	8	flach	0,00	224,90							x	x
		flach	<= 300								x	
		flach	<= 450									x
	9	quadrat.	0,00	999,99						x	x	x
		quadrat.	<= 80							x		
		quadrat.	<= 92,20								x	
		quadrat.	<= 9999,99									x
	10	flach	225,00	999,99							x	x
	flach	<= 300								x		
	flach	<= 450									x	

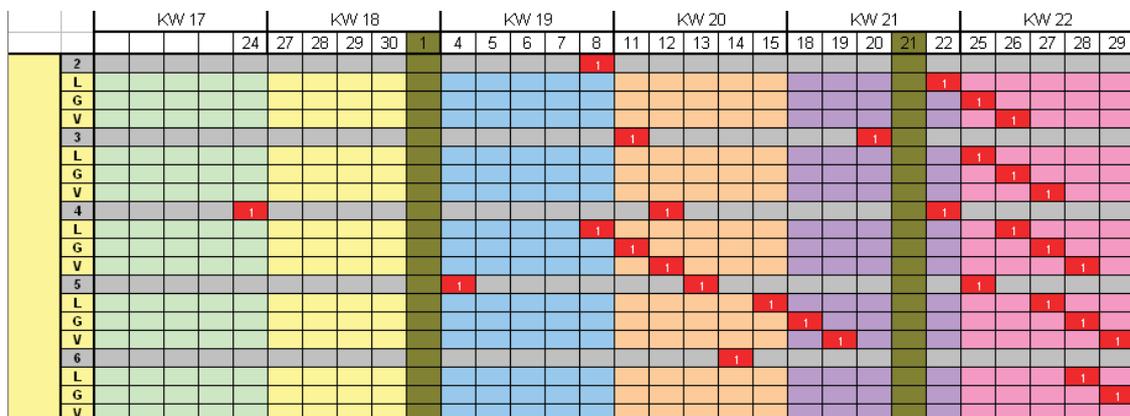
Weiters ergab sich, dass die Wärmebehandlung mit ihren Übergangszeiten ebenso berücksichtigt werden muss, da eine Vernachlässigung dieser zu einer Verfälschung der Analyseergebnisse führen würde. Dennoch konnte eine Vereinfachung vorgenommen werden, da von allen bei der BEG Kapfenberg durchgeführten Wärmebehandlungen 91% durch Glühen, Lösungsglühen und Vergüten realisiert werden und alle übrigen Wärmebehandlungen zu einem minimalen Anteil zur Anwendung kommen und somit für die Analyseergebnisse keinen relevanten Einfluss darstellen und damit vernachlässigbar waren.

Um einen ersten Eindruck darüber zu erlangen, in wieweit eine gleichmäßige Anlieferung an die Prüf- und Adjustagelinien gegeben ist, erfolgte die Erstellung einer Übersicht, in welcher die Anlieferungszeitpunkte an die Prüf- und Adjustagelinien ausgehend vom jeweiligen Walzturnus je Walzgruppe ersichtlich sind (siehe Abbildung 47). Vertikal wurden hierbei die Walzgruppen mit ihren Nummern und horizontal dazu die zu beliefernden Prüf- und Adjustagelinien (von PAL 1 - 14) aufgetragen. In Abbildung 47 ist zu erkennen, dass die Erzeugnisse einer Walzung aufgrund ihrer Abmessungen auf mehreren Prüf- und Adjustagelinien weiterbearbeitet werden können (z.B. Flachabmessungen von Walzgruppe 9 können auf PAL 12, 13 oder 14 weiterverarbeitet werden).



**Abbildung 47: Zuordnung der Walzgruppen zu den Prüf- und Adjustagelinien**

Um die Aussagekraft dieser Zuordnung zu verstärken, wurden in einem nächsten Schritt, die auf Basis der Materialflussuntersuchung ermittelten relevanten Wärmebehandlungszeiten Glühen, Lösungsglühen und Vergüten in die Zuordnung aufgenommen, um den zeitlichen Einfluss der Übergangszeiten abbilden zu können (siehe Abbildung 48). Beispielhaft für die Walzgruppe 2, welche in der KW 19 gewalzt wird, erfolgt die Anlieferung an die Prüf- und Adjustagelinie 1 in der KW 21 bzw. 22, je nach Wärmebehandlung um einen Tag versetzt, da sich die unterschiedlichen Wärmebehandlungszeiten jeweils in ihrer Arbeitszeit um einen Tag unterscheiden (Lösungsglühen (L) = 4 Arbeitstage, Glühen (G) = 5 Arbeitstage und Vergüten (V) = 6 Arbeitstage).



**Abbildung 48: Zuordnung mit Berücksichtigung der Wärmebehandlungsarten**

Aufgrund dieser ersten Zuordnungen konnte die Annahme bestätigt werden, dass bei einem Großteil der Prüf- und Adjustagelinien keine kontinuierliche Anlieferung aus den Walzwerken gegeben ist. Ebenso wurde festgestellt, dass eine Optimierung der Anlieferung an die Adjustagelinien nur unter Berücksichtigung der oben genannten Wärmebehandlungen zu sinnvollen Ergebnissen führt.

### 5.3 Die Produktionsplanung der BEG

In diesem Abschnitt erfolgt eine kurze Einführung in die unternehmensinterne Produktionsplanung und das firmeneigene Produktionsplanungssystem, da die Ausarbeitungen im Rahmen dieser Masterarbeit in Zusammenarbeit mit der Produktionsplanungsabteilung der BEG Kapfenberg entstanden sind und der Planungsablauf eine wichtige Hintergrundinformation für das klare Verständnis und die bessere Nachvollziehbarkeit dieser Arbeit darstellen.

Die BEG verfügt über kein handelsübliches Planungssystem, da das verwendete Planungssystem speziell auf die Anforderungen der BEG abgestimmt ist und bisweilen kein Tool auf dem Markt angeboten wurde, welches den Anforderungen hinsichtlich der Planung besser gerecht worden wäre.

Vorab soll nun auf die logistischen Rahmenbedingungen eingegangen werden, welche als Restriktionen in der Planung berücksichtigt werden müssen. Zum einen unterscheidet die BEG zwischen Standard- und kundenspezifischen Produkten. Standardprodukte entsprechen von ihren Eigenschaften her dem „Böhler - Standard“ (Festigkeit, Wärmebehandlungszustand usw.), deren Fertigung nach fix vorgegebenen Arbeitsplänen realisiert werden kann und deren Durchlaufzeiten als konstant angenommen werden können. Zum anderen werden aber auch kundenspezifische Produkte gefertigt, welche vom „Böhler - Standard“ hinsichtlich ihrer Fertigungsmerkmale abweichen und entsprechend den Kundenspezifikationen angefertigt werden müssen, was sich in der Planung aufgrund der sich ständig ändernden Durchlaufzeiten eindeutig bemerkbar macht und mitunter zu dementsprechenden Auslastungsschwankungen in den Walzwerken und den Folgeaggregaten führt. Man spricht in diesem Fall von einer Kundeneinzelfertigung, wodurch keine Kampagnenfertigung, d.h. eine Fertigung auf Lager für diese Produkte realisierbar ist und eine dementsprechende Erhöhung der Komplexität in der Produktionsplanung zur Folge hat. Die große Produkt- und Variantenvielfalt, welche durch unzählige Stahlmarken in unterschiedlichsten Dimensionen und Ausführungen gekennzeichnet ist, erschwert die Produktionsplanung maßgeblich und auch eine Harmonisierung der Arbeitsinhalte auf den Aggregaten ist aufgrund der sich ständig wechselnden Engpässe entsprechend dem Auftragseingangsmix kaum umsetzbar. Berücksichtigung in der Planung müssen ebenso die technologisch bedingten Produktionszyklen finden, da je nach Walzgruppe eine unterschiedliche Fertigungsdauer anzunehmen ist.

Das Unternehmen verfügt über ein Produktionsplanungssystem (PPS), welches sich aus dem Produktionsfeinplanungs- (PFP) und dem Produktionsverfolgungssystem (PVS) zusammensetzt. Im PFP erfolgt die in Abschnitt 3.3.2.1 beschriebene strategische Produktionsprogrammplanung, d.h. die Planung der Kundenaufträge über einen längeren Zeithorizont unter Berücksichtigung der verfügbaren Kapazitäten. Hierbei erfolgt die Planung aller Fertigungsschritte über die gesamte Wertschöpfungskette des Unternehmens unter Berücksichtigung der terminlichen und kapazitiven Machbarkeit. Die Aufgaben des PVS sind die Durchsetzung der Vorgaben des PFP (operative Produktionsprogrammplanung), in dem betriebsweise Wochenarbeitsvorräte mit tagweiser Reihenfolge festgelegt werden. Aufgabe dieses Tools ist auch die effiziente Koordinierung der Aggregate, indem die Minimierung der Liegezeiten zwischen den einzelnen Arbeitsstationen angestrebt werden soll. Es erfolgt also die Planung der Arbeitsgänge je Betrieb, um einerseits ein frühzeitiges Erkennen bzw. Berücksichtigen von Kapazitätsengpässen zu ermöglichen, andererseits soll dadurch auch eine Verbesserung der Steuerung der Arbeitsschritte durch feinere Soll - Vorgaben realisiert werden. Die Aufgabe der Grobplanung, d.h. die längerfristige Auftragsplanung über alle Unternehmensbereiche unter Berücksichtigung der Machbarkeit erfolgt im PFP und die detaillierte Feinplanung, d.h. die betriebsweise Ermittlung der optimalen Bearbeitungsreihenfolge der einzelnen Aufträge auf den Aggregaten unter Berücksichtigung von Rüstkostenoptimierung und Termineinhaltung kommt dem Produktionsverfolgungssystem zu.

Weiters wird nun die tageweise Terminplanung im Detail erläutert, wobei es folgende Anforderungen an die Terminierung zu berücksichtigen gilt: Es liegen für jeden Einzelarbeitsplatz bzw. den Arbeitsplatzgruppen wochenweise Kapazitätsobergrenzen vor. Ebenso gilt es in der Planung die Kontingente, d.h. Kapazitätsreservierungen für bestimmte Kunden, Marken und Produkte zu berücksichtigen. Beachtung müssen auch die gegebenen Kapazitätseinschränkungen finden um bestimmte technische Restriktionen berücksichtigen zu können.

Die BEG Kapfenberg verfolgt eine wie in Abschnitt 3.3.1.2 dargestellte rollierende Planung. Ausgehend vom im SAP festgelegten Kundenwunschtermin erfolgt dabei im Planungssystem eine Rückwärtsterminierung über alle Aggregate bis hin zum notwendigen Termin der Walzung. Der berechnete Walztermin auf Wochenbasis dient als Ausgangspunkt für die Kapazitätsplanung der Walzwerke, jedoch erfolgt die tatsächliche Planung der Walzgruppeneinlastungen in die Walzlinien in den Werken vor Ort. Nicht jede Walzgruppe wird wöchentlich gewalzt, da nur eine Auftragsbündelung eine dementsprechende Wirtschaftlichkeit der Walzwerke gewährleisten kann. Je nachdem, ob die gewünschte Walz-

gruppe in der dafür vorgesehenen Woche gewalzt wird, kann der Kundenwunschtermin realisiert werden. Ergibt sich eine Abweichung vom gewünschten zum tatsächlichen Termin der Walzung erfolgt im Anschluss eine Vorwärtsterminierung, um dem SAP - System den tatsächlichen Fertigstellungstermin rückmelden zu können.

### **5.4 Ermittlung der Datenstruktur für Analysetätigkeiten**

Um die vorhandene Ist - Situation der Materialanlieferungen an die Walzwerke und die Prüf- und Adjustagelinien der BEG wahrheitsgemäß abbilden zu können, mussten die dafür notwendigen Firmendaten erhoben werden und daher wurden in einem nächsten Schritt Überlegungen hinsichtlich jener relevanten Datenstruktur angestellt, welche zur Durchführung der Analysetätigkeiten notwendig ist. Dabei wurde festgestellt, dass die relevanten Eckdaten aus dem Produktionsverfolgungsprogramm der BEG Kapfenberg kommen und in zwei wesentliche Datenarten - Auftragsdaten und Arbeitsgangsdaten gegliedert werden können. Die Auftragsdaten umfassen folgende Merkmale:

- Vertriebsauftragsnummer
- Vertriebsauftragsposition
- Vertriebsauftragslosnummer
- Vertriebsauftragslosstatus
- Fertigungsauftragsnummer
- Fertigungsauftragslos
- Stahlmarke
- Fabrikat
- Fertigungsverfahren
- Materialart
- Breite und Stärke (Endmaße)
- Wärmebehandlungsart
- Ausführung
- Bestellgewicht

- Auftragsträgerbetrieb
- Kundenwunschtermin (SAP)
- Wunschtermin des Versandes

Ebenso wurden für die folgenden Arbeitsgänge die benötigten Daten ermittelt:

- Walzarbeitsgänge (BGW und MLW):
  - Walzstärke und –breite
  - Walzmaterialart
  - Walzgruppe
  - Walzmenge
  - Taktung der Walzung (zyklisch oder nicht zyklisch)
  - Soll- und Iststarttermin der Walzung
  - Übergangszeit zum nächsten Arbeitsschritt
- Wärmebehandlungsarbeitsgänge:
  - Menge
  - Wärmebehandlungsschlüssel
  - Soll- und Iststarttermin der Wärmebehandlung
  - Übergangszeit zum nächsten Arbeitsschritt
- Adjustagearbeitsgänge ( Richten je Prüf- und Adjustagelinie und Schälén):
  - Menge (für Richten und Schälén)
  - Soll- und Iststarttermin (Richten und Schälén)
  - Kostenstelle (Richten und Schälén)
  - Arbeitsplannummer für Schälén
  - Übergangszeiten (Richten und Schälén)
- Endfreigabe:
  - Menge
  - Soll- und Iststarttermin

- Übergangszeit

Diese große Anzahl an Daten wurde benötigt um einerseits eine möglichst detaillierte Analyse durchführen zu können, andererseits waren diese auch als Selektionskriterien notwendig, um alle Aufträge eindeutig auf die dafür vorgesehenen Prüf- und Adjustagelinien zuzuordnen zu können, wobei dies im Punkt 5.5 näher erläutert wird.

## 5.5 EDV – Auswertung

In diesem Absatz wird nun auf den Aufbau der mit Hilfe der unternehmensinternen EDV - Abteilung erstellten Auswertung eingegangen.

In einem ersten Schritt erfolgte die Unterscheidung des Fabrikates in Stabstahl bzw. Halbzeug, welche sich durch die Fabrikatsnummer, beginnend mit 2000 ist Halbzeug und Zahlen größer 3000 umfassen Stabstahl, eindeutig unterscheiden lassen. In einem weiteren Schritt wurden jeweils Kalenderwochen und Jahre zu den jeweiligen Ist- bzw. Sollstartterminen hinzugefügt, da diese für eine wochenweise Auswertung benötigt wurden (Auszug siehe Abbildung 49).

FA_LOS	MARKE	PRODUKT	FABRIKAT	WALZGRUPPE	BGW1 IST	KW	JAHR	BGW1 MENGE	BGW1 KZ TAKT_AG	UZ_BGW2
1	A911SA	STB	3086	4	01.02.2008	5	2008	875	X	13
1	A911SA	STB	3002	81	20.03.2008	12	2008	4550	X	0
1	P800	STB	3009	81						
1	P800	STB	3009	81						
1	P800	STB	3009	81						
1	P800	STB	3009	81						
1	P800	STB	3009	81						

Abbildung 49: Auszug aus EDV - Auswertung

Ebenso konnte aufgrund der Kostenstellen- und Arbeitsplatznummern eine eindeutige Zuordnung zu den Prüf- und Adjustagelinien (siehe Tabelle 4) realisiert werden.

Tabelle 4: Kosten- bzw. Arbeitsplatzzuordnung

Richten	
3611 00000	PAL 1
3631 00000	PAL 2, 3, 4
3621 00000	PAL 11
3622 00000	PAL 12
3623 00000	PAL 13
3624 00000	PAL 14
1851 00000	EHB

(WBH Kapfenberg)

Schälen	
3678 00001	PAL 1
3678 00004	PAL 2, 4
3678 00103	PAL 3
1854 00001	EHB

(WBH Kapfenberg)

3672 0000	Fräsen
-----------	--------

## 5.6 Darstellung der Ist - Situation der Produktionsplanung

Mit Hilfe von Excel - Pivot - Tabellen konnte nun die momentane Ist - Situation der BEG ausgewertet und mit Diagrammen veranschaulicht werden.

### 5.6.1 Auslastungen der Walzwerke und der Prüf- und Adjustagelinien

Zunächst wurde die mengenmäßige Auslastung pro Woche für das Kalenderjahr 2008 aufgrund der Sollstarttermine sowohl für die beiden Walzwerke - Blockwalzwerk (siehe Abbildung 50) und Mehrlinienwalzwerk (siehe Abbildung 51), als auch für alle Prüf- und Adjustagelinien, beispielhaft wird hier immer die Prüf- und Adjustagelinie 1 angeführt, (siehe Abbildung 52) ermittelt. Da im Blockwalzwerk sowohl Halbzeug (HZ) als auch Stabstahl (STS) gefertigt werden, wurde diese Erzeugnisunterscheidung in die Auswertung mit aufgenommen.

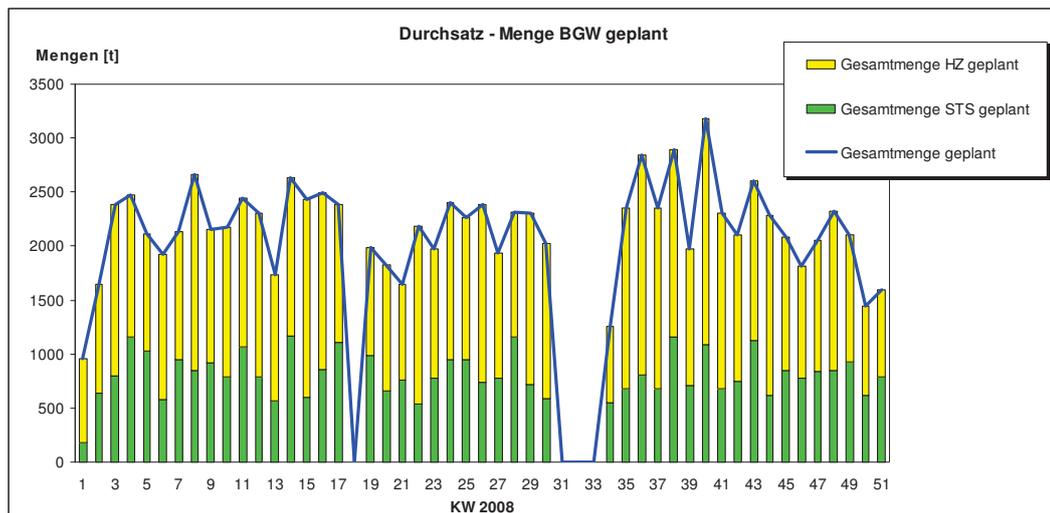


Abbildung 50: geplanter Durchsatz Blockwalzwerk 2008

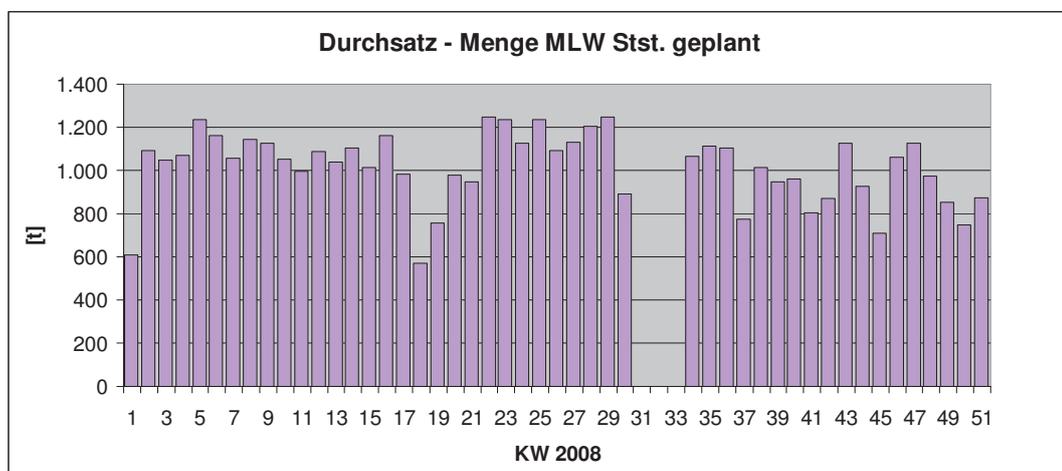
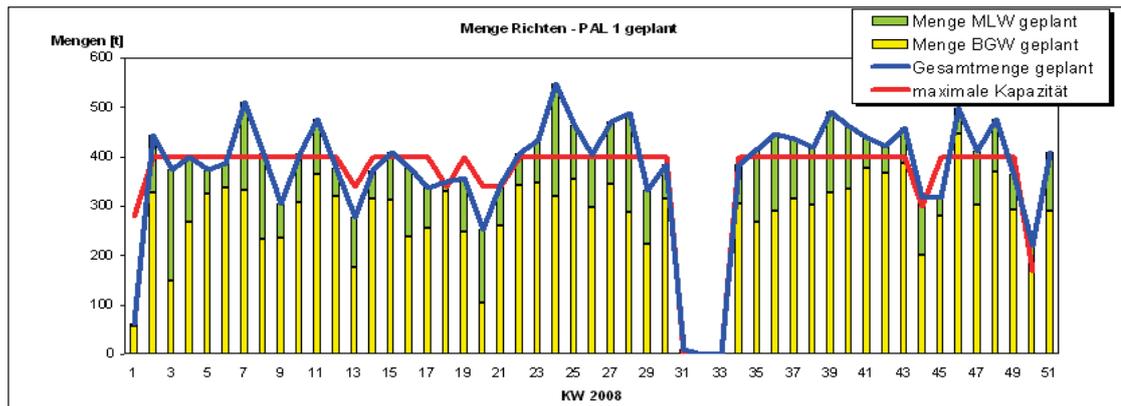


Abbildung 51: geplanter Durchsatz Mehrlinienwalzwerk



**Abbildung 52: geplanter Durchsatz PAL 1 – 2008**

Die maximalen Kapazitäten, welche auf den einzelnen Prüf- und Adjustagelinien verarbeitet werden können, wurden für jede Kalenderwoche des Jahres 2008 unter Berücksichtigung der gesetzlichen Feiertage und Böhler internen Stillstände (z.B. Betriebsurlaub) bestimmt und mit in die Auswertung aufgenommen, um die Richtigkeit dieser Auswertung sicherzustellen. Ein Berechnungsbeispiel dieser ist für die Prüf- und Adjustagelinie 1 in den nachfolgenden Tabellen 5 und 6 angeführt:

**Tabelle 5: maximale Kapazität der PAL 1**

maximale Plan - Kapazität [t] / KW:		400 für 20 Schichten im Normalbetrieb pro 7 Tage
KW	Schichten	Ausbringung [t]
1	14	280
13	17	340
18	17	340
20	17	340
21	17	340
44	15	300
50	17	340

Tabelle 6: maximale Ausbringung [t] pro Kalenderwoche 2008 - PAL 1

KW	Schichten	maximale Ausbringung [t]
1	14	280
2	20	400
3	20	400
4	20	400
5	20	400
6	20	400
7	20	400
8	20	400
9	20	400
10	20	400
11	20	400
12	20	400
13	17	340
14	20	400
15	20	400
16	20	400
17	20	400
18	17	340
19	20	400
20	17	340
21	17	340
22	20	400
23	20	400
24	20	400
25	20	400
26	20	400
27	20	400
28	20	400
29	20	400
30	20	400
31	0	0
32	0	0
33	0	0
34	20	400
35	20	400
36	20	400
37	20	400
38	20	400
39	20	400
40	20	400
41	20	400
42	20	400
43	20	400
44	15	300
45	20	400
46	20	400
47	20	400
48	20	400
49	20	400
50	20	168

Es folgte die bereits beschriebene Auswertung auf Basis der Iststarttermine, um diese mit den Ergebnissen der Sollstartauswertung in einem Vergleich gegenüberstellen zu können (siehe Abbildungen 53 bis 55).

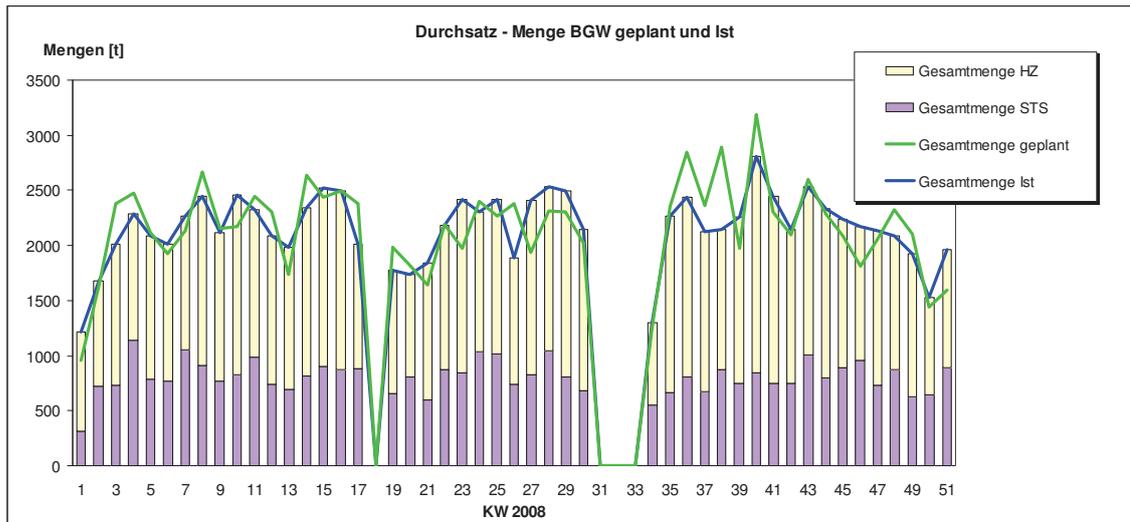


Abbildung 53: Gegenüberstellung Soll- und Iststartermine der Walzungen im BGW 2008

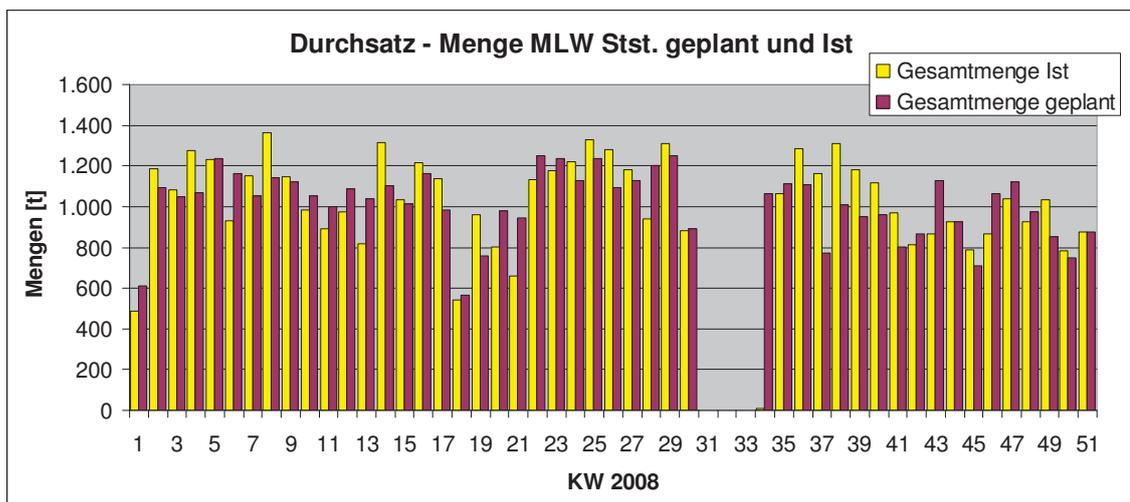


Abbildung 54: Gegenüberstellung Soll- und Iststartermine der Walzungen im MLW 2008

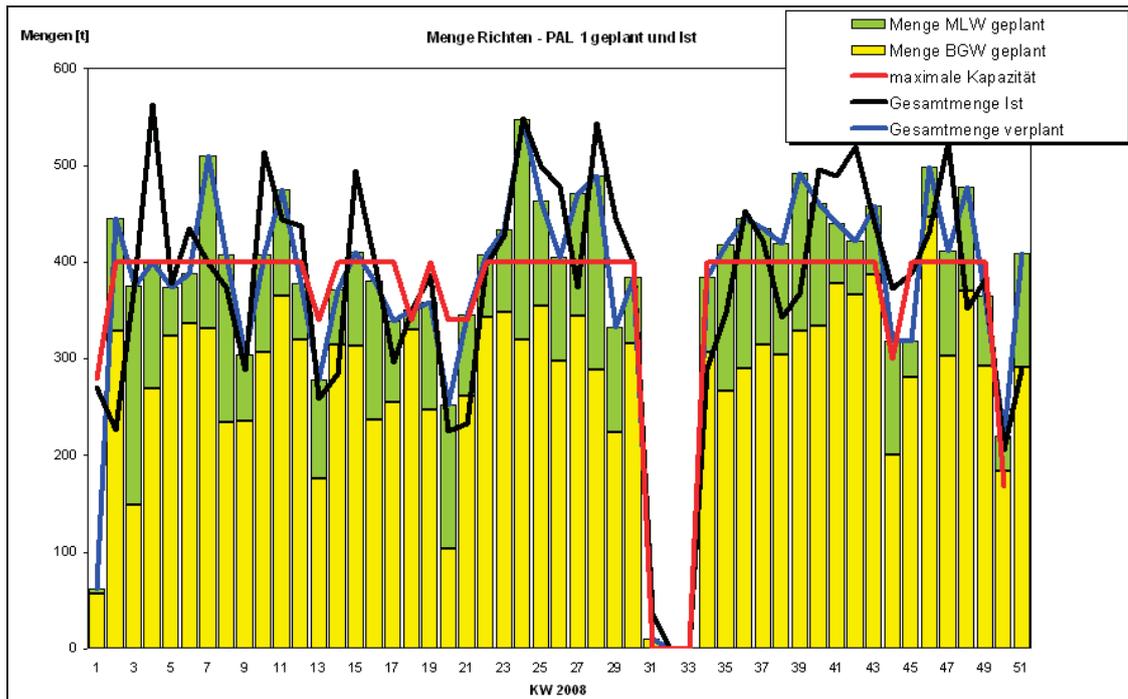


Abbildung 55: Gegenüberstellung Soll- und Iststartermine PAL 1 - 2008

Die durchgeführten Auswertungen ließen zwar auf erste Verbesserungsmöglichkeiten schließen, da keine gleichmäßige Auslastung an den Arbeitsaggregaten erkennbar war, jedoch war eine detailliertere Betrachtung notwendig, um die dafür verantwortlichen Einflussfaktoren ermitteln zu können. So entschied man sich in einem weiteren Schritt die geplanten Mengen je Walzgruppe für das Jahr 2008 beider Walzwerke zu betrachten (siehe Abbildungen 56 und 57).

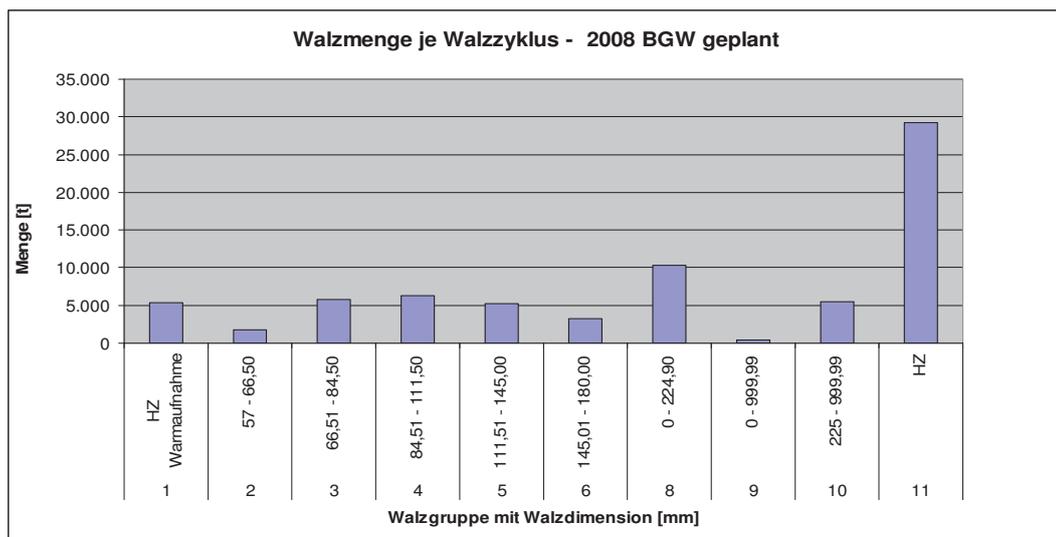


Abbildung 56: geplante Walzmengen je Walzgruppe BGW 2008

Dabei konnte festgestellt werden, dass die Walzgruppen 40, 44, 52 und 64 insgesamt 83,5% aller Walzungen im Mehrlinienwerk ausmachen und im BGW die entscheidenden Mengen auf die Walzgruppe 11 zurückzuführen sind.

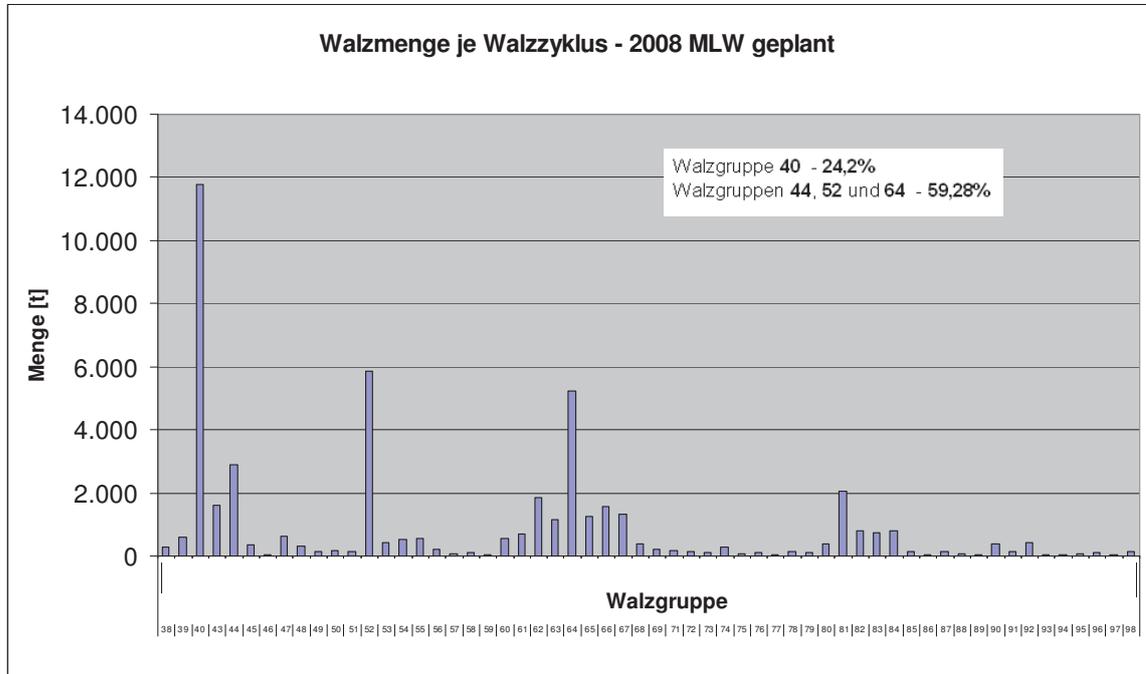


Abbildung 57: geplante Walzmengen je Walzgruppen MLW 2008

### 5.6.2 Termintreue der BEG

Da bei der BEG auch die Termintreue einen wesentlichen Performance Key darstellt und diese zugleich in der Literatur als wichtiger Indikator für die Logistikleistung eines Unternehmens gilt (siehe Abschnitt 3.1), wurden im Rahmen dieser Masterarbeit auch die für eine Kalenderwoche geplanten und in dieser Woche tatsächlich gefertigten Mengen sowohl der beiden Walzwerke als auch der Prüf- und Adjustagelinien gegenübergestellt (siehe Abbildungen 58 bis 60). Dabei konnten erhebliche Abweichungen vom geplanten Walztermin festgestellt werden, was die Tatsache, dass die momentane Termintreue des Blockwalzwerkes bei 62,1% und des Mehrlinienwalzwerkes bei nur 37,1% liegt, wiederum bestätigt. Die Termintreue z.B. der Prüf- und Adjustagelinie 1 von 60,1% lässt sich vor allem darauf zurückzuführen, dass eine verspätete Walzung eine Terminverzögerung in der gesamten Wertschöpfungskette mit sich zieht und kaum ausgleichbar ist. Diese Feststellung spiegelte sich in den Termintreueauswertungen aller Prüf- und Adjustagelinien wieder.

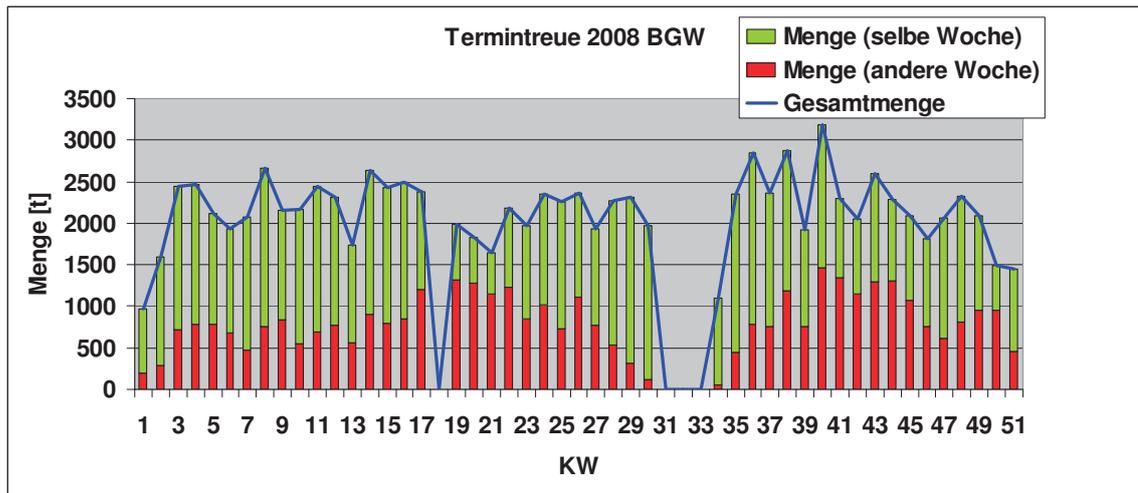


Abbildung 58: Termintreue (innerhalb einer Woche) BGW - 2008

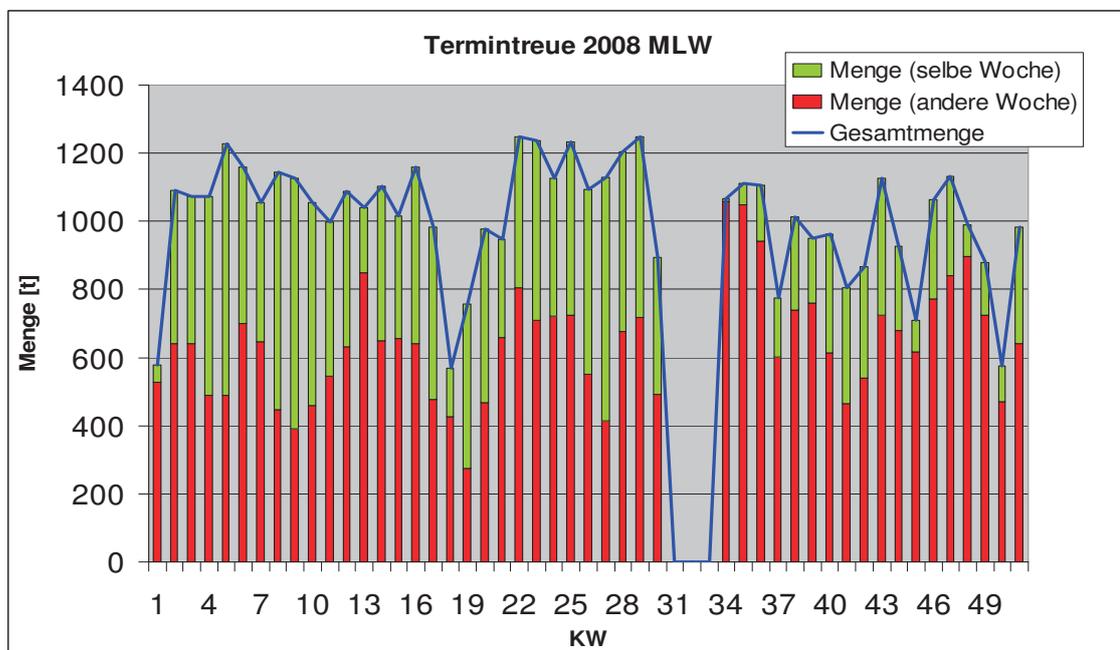


Abbildung 59: Termintreue (innerhalb einer Woche) MLW - 2008

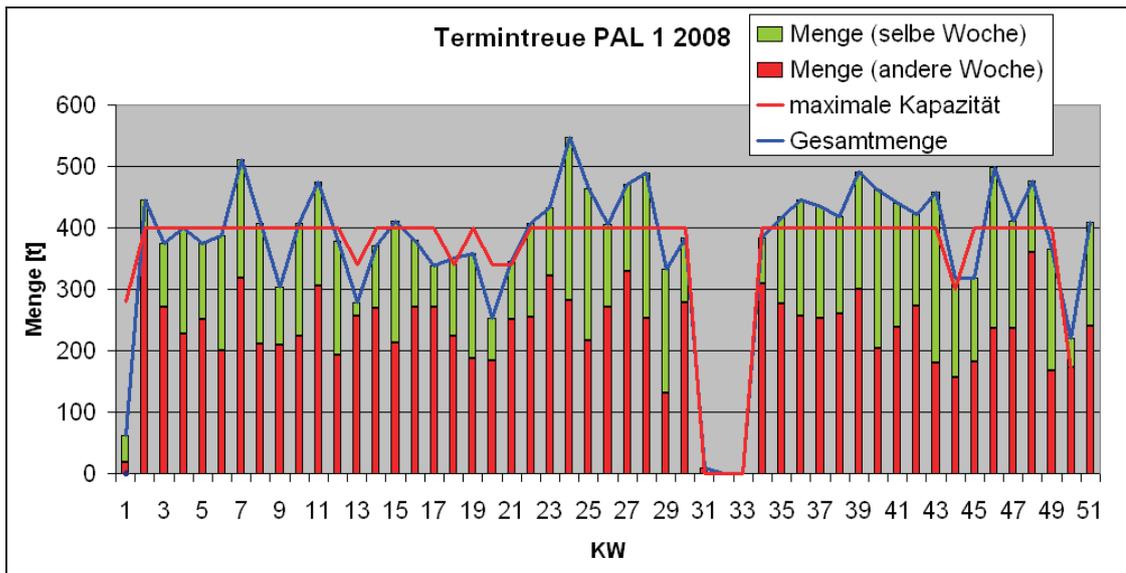


Abbildung 60: Termintreue (innerhalb einer Woche) PAL 1 - 2008

Davon ausgehend wurde eine zweite Untersuchung durchgeführt, wobei hier alle zu einem Stichtag geplanten und alle mit einer Differenz von  $\pm 2,5$  Kalendertagen, also einer Abweichung von insgesamt 5 Kalendertagen, gefertigten Mengen gegenübergestellt wurden (siehe Abbildungen 61 bis 63). Dies führte zur Erkenntnis, dass die Terminabweichungen zwar geringer im Vergleich zu einer wochenweisen Terminuntersuchung ausfielen, dennoch wurde festgestellt, dass diese Untersuchungen keine zufrieden stellenden Ergebnisse lieferten und seitens der BEG Handlungsbedarf besteht.

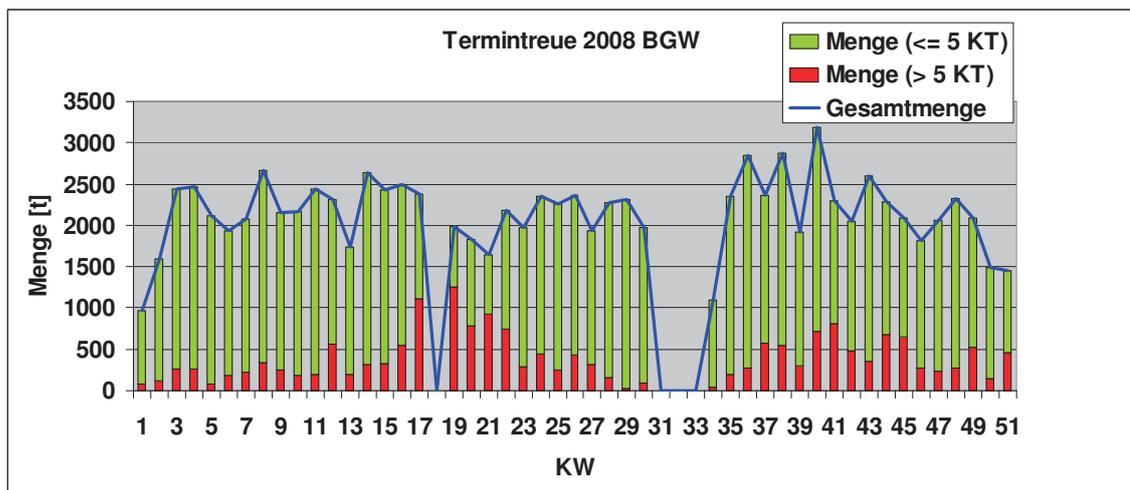


Abbildung 61: Termintreue (innerhalb 5 Kalendertagen) BGW – 2008

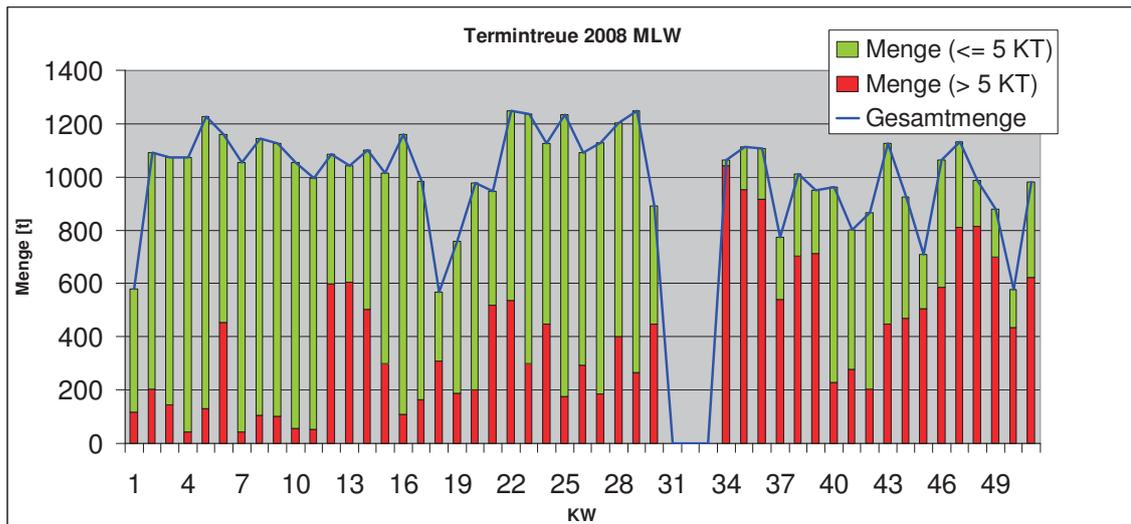


Abbildung 62: Termintreue (innerhalb 5 Kalendertagen) MLW - 2008

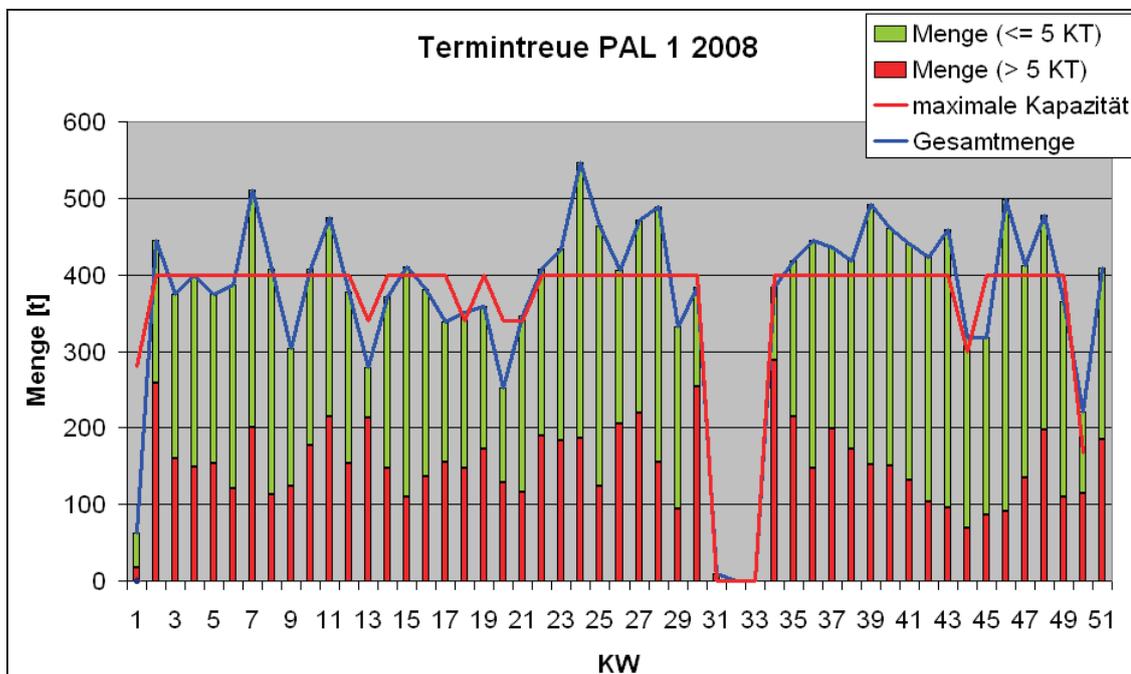


Abbildung 63: Termintreue (innerhalb 5 Kalendertagen) PAL 1 - 2008

## 5.7 Wesentliche Erkenntnisse der Ist - Analyse

Zusammenfassend brachte die Ermittlung des in der BEG herrschenden Ist - Zustandes die folgenden, wesentlichen Erkenntnisse:

- Es herrschen hohe Auslastungsschwankungen in den beiden Walzwerken BGW und MLW.
- Dies führt in weiterer Folge zu Engpässen bzw. Leerläufen an allen anschließenden Arbeitsstationen des Fertigungsflusses, u.a. auch an den Prüf- und Adjustagelinien

- Die momentane Logistikleistung des Unternehmens, welche sich mitunter in der Termintreue widerspiegelt, stellt sowohl beim Vergleich der tatsächlich gefertigten Mengen mit den geplanten innerhalb einer Kalenderwoche, als auch bei einer weiteren Untersuchung mit einer Terminabweichung von +/- 2,5 Kalendertagen, sowohl für die Walzwerke als auch für die Prüf- und Adjustagelinien ein nicht zufrieden stellendes Ergebnis dar.

Aufbauend auf diese Erkenntnisse werden nun im nächsten Kapitel die Schwachstellenanalyse und die ermittelten Verbesserungsansätze beschrieben.

## 6 Schwachstellenanalyse und Verbesserungsansätze

In diesem Kapitel werden die durch die Auswertung der Ist - Situation ermittelten Schwachstellen diskutiert um daraus in weiterer Folge Optimierungspotenziale und Verbesserungsansätze ableiten zu können. Eine detaillierte und genau dokumentierte Darstellung des momentanen Ist - Zustandes gilt in der Theorie wie auch in der Praxis als wesentlicher Grundstein für das Aufzeigen anfallender Optimierungspotenziale, denn durch die sorgfältige und genaue Abbildung des Ist können die darauf aufbauenden Analysetätigkeiten un-  
gemein erleichtert werden.

### 6.1 Interpretation der Ist - Situation der BEG

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen (siehe Abschnitt 5.7) konnten folgende Erkenntnisse festgestellt werden:

- Sowohl die beiden Walzwerke BGW und MLW, als auch die einzelnen Prüf- und Adjustagelinien unterliegen sehr großen Auslastungsschwankungen.
- Ebenso besteht aufgrund der stark schwankenden Anlieferungsmengen aus den Walzwerken zur Weiterverarbeitung an den Prüf- und Adjustagelinien wochenweise eine Überkapazität bzw. eine zu geringe Auslastung der Arbeitsaggregate.
- Die Termintreue der BEG liegt bei einer Differenz von 5 Kalendertagen zwischen dem geplanten und tatsächlichen Fertigungstermin bei knapp 81,8 % des Blockwalzwerkes, bei 61,0 % des Mehrlinienwalzwerkes, jedoch nur bei 33,9 % z.B. für die Prüf- und Adjustagelinie 1. Das schlechte Ergebnis der Termintreue (unter 40%) spiegelt sich an allen Prüf- und Adjustagelinien wider.

Zurückzuführen sind die Untersuchungsergebnisse auf die folgenden Aspekte:

- Einerseits herrscht eine Kundenfertigung, in welcher jeder Kunde seinen individuell auf seine Bedürfnisse und Anforderungen gewünschten Stahl bestellt. Dies führt wiederum zu sehr unterschiedlichen Auftragsbearbeitungszeiten, was je nach Auftragseingangsmix zu Engpässen bzw. Lerrläufen an den Aggregaten führen kann.
- Andererseits ist auch die Tatsache, dass das wirtschaftliche Betreiben der Walzwerke in Hinblick auf die Minimierung der anfallenden Rüstkosten nur durch eine Auftragsbündelung realisiert werden kann, was in Folge zu Auslastungsschwankungen an den anschließenden Arbeitsaggregaten führt, unumstritten.

- Die Feststellung, dass signifikante Abweichungen zwischen den in der Planung vorgegebenen und den tatsächlich realisierten Abarbeitungsterminen herrschen, stellt ein internes Problem dar, welches mitunter für die schlechte Termintreue der BEG verantwortlich ist und seitens des Unternehmens zu klären gilt.

In einem ersten Schritt wurde daher versucht, für jede Prüf- und Adjustagelinie den Auftragsträgerbetrieb, Blockwalzwerk oder Mehrlinienwalzwerk zu ermitteln, von welchem das meiste Material zur Weiterverarbeitung an die einzelnen PALs angeliefert wird. Eine Zusammenfassung dieser Erkenntnisse ist in Tabelle 7 dargestellt:

**Tabelle 7: Anlieferungsmenge aus BGW bzw. MLW an Prüf- und Adjustagelinien**

PAL 1:	bezieht Großteil aus <b>BGW</b> pro Woche <b>293 t</b> aus BGW
PAL 2,4:	Anlieferung ausschließlich aus <b>MLW</b> pro Woche <b>217 t</b> aus MLW
PAL 3:	Anlieferung ausschließlich aus <b>MLW</b> pro Woche <b>68 t</b> aus MLW
PAL 2,3,4:	Anlieferung größtenteils aus <b>MLW</b> pro Woche <b>285 t</b> aus MLW
PAL 11:	bezieht Großteil aus <b>BGW</b> pro Woche <b>121 t</b> aus BGW
PAL 12:	Großteil aus <b>MLW</b> pro Woche <b>201 t</b> aus MLW und <b>33 t</b> aus BGW
PAL 13:	bezieht Großteil aus <b>BGW</b> pro Woche <b>83 t</b> aus BGW und <b>29 t</b> aus MLW
PAL 14:	Anlieferung größtenteils aus <b>BGW</b> pro Woche <b>152 t</b> aus BGW und <b>7 t</b> aus MLW

Ebenso wurden diese Mengen je Walzgruppe sowohl für das Blockwalzwerk BGW, als auch das Mehrlinienwalzwerk MLW (siehe Abbildungen 64 und 65) dargestellt, um einen besseren Überblick darüber zu erhalten, von welchen Walzgruppen die größten Mengen verarbeitet werden.

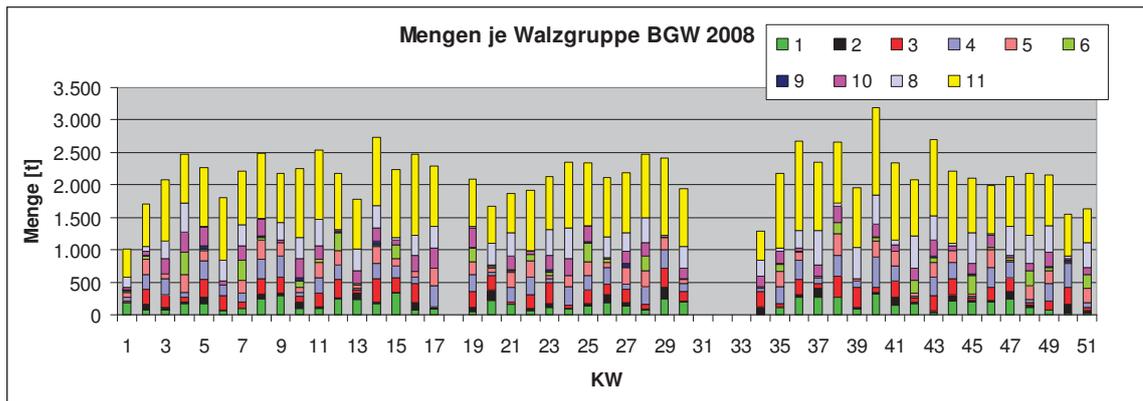


Abbildung 64: Mengen je Walzgruppe BGW - 2008

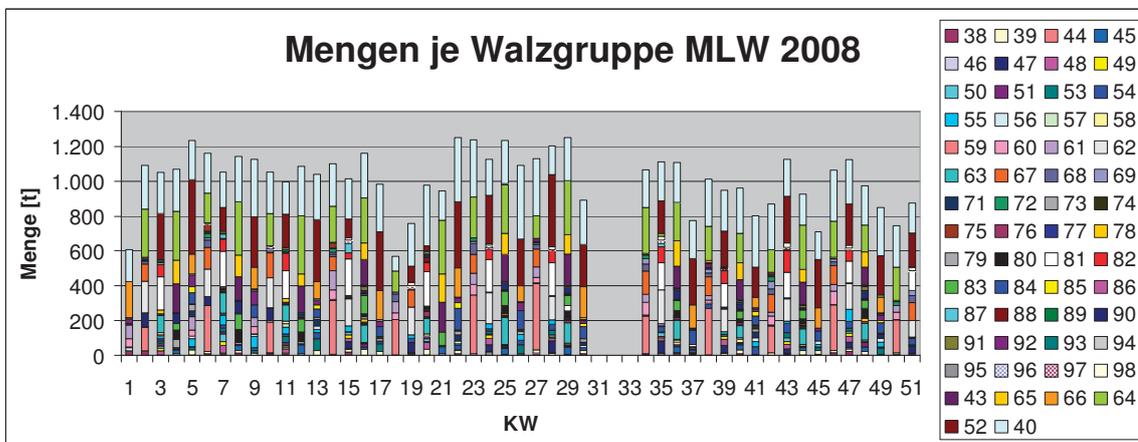


Abbildung 65: Mengen je Walzgruppe MLW - 2008

Aufgrund dieser Darstellungen ließ sich eindeutig erkennen, dass die Walzzyklen des Mehrlinienwalzwerkes aufgrund der großen Anzahl an unterschiedlichen Walzgruppen schwieriger zu planen und umzusetzen sind als vergleichsweise jene im Blockwalzwerk. Im BGW dominiert die Walzung von Halbzeugen der Walzgruppe 11, die restlichen Walzgruppen kommen in einem sehr kleinen Ausmaß zum Vorschein. Das MLW verfügt über eine Vielzahl an verschiedenen Walzzyklen, welche es alle zu koordinieren und abuarbeiten gilt. Hierbei kommt den Walzgruppen 40, 44, 52 und 64 ein Anteil von 83,5% an den zu walzenden Mengen zu. Diese Tatsache gilt es vor allem bei der Ausarbeitung von Optimierungspotenzialen zu berücksichtigen, da eine Veränderung der Walzzyklusplanung im Blockwalzwerk einfacher und mit einem dementsprechend geringeren Aufwand zu verwirklichen ist als vergleichsweise eine Walzturnusänderung im Mehrlinienwalzwerk.

In den Darstellungen der Prüf- und Adjustagelinien sind auch jene Mengen eingetragen, welche wochenweise gefertigt werden müssten, um eine kontinuierliche Auslastung der Aggregate zu erhalten (abgekürzt in Darstellung mit k. A. = kontinuierliche Auslastung).

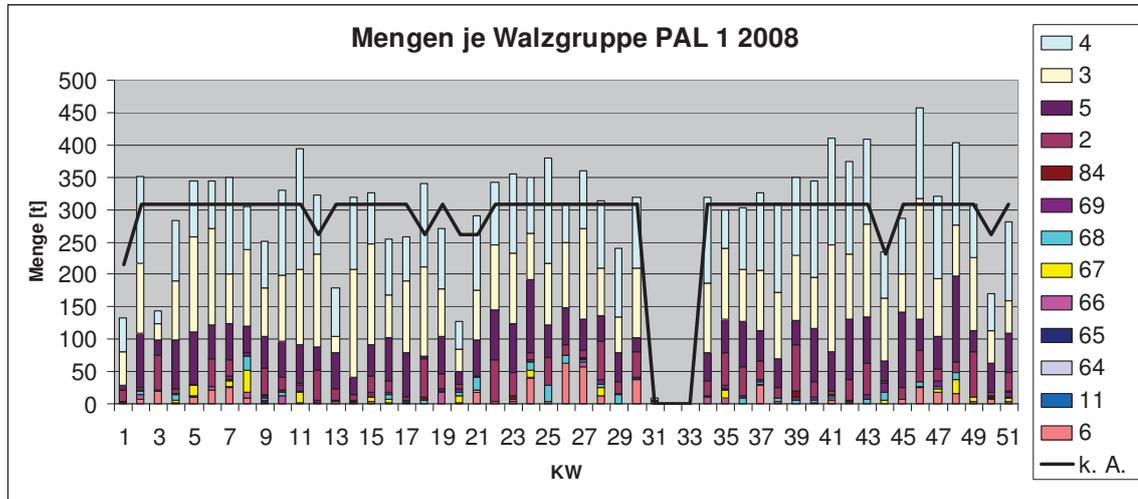


Abbildung 66: Mengen je Walzgruppe PAL 1 - 2008

Die Darstellung der Walzmengen je Walzgruppe für die verschiedenen Prüf- und Adjustagelinien (siehe Abbildung 66) ließ den Schluss zu, dass bei jeder PAL drei bis vier Walzgruppen mengenmäßig dominieren, welche bei der Ausarbeitung der Optimierungspotenziale fokussiert werden sollten, da nur eine Walzintervalländerung dieser eine signifikante Verbesserung bei der Materialanlieferung an den Prüf- und Adjustageaggregaten bringen kann. Die mengenmäßig schwach vertretenen Walzgruppen an den Prüf- und Adjustagelinien stellen nicht die eigentlichen Haupteinflussfaktoren für die enormen Auslastungsschwankungen dar. So gilt es beispielhaft für die PAL 1 (siehe dazu Tabelle 8) auf die Walzgruppen 2,3,4 und 5 zu achten.

Tabelle 8: gewalzte Mengen PAL 1 - 2008

Walzgruppe	gewalzte Menge/ Jahr
2	1.282.366
3	4.703.348
4	4.963.780
5	2.666.584
6	465.251
11	1.329
64	4.601
65	16.639
66	96.695
67	184.754
68	253.662
69	125.623
81	35.932

## 6.2 Verbesserungsansätze

In diesem Abschnitt sollen nun jene Überlegungen aufgezeigt werden, in welche Richtung die Verbesserungsansätze zielen könnten. Dabei standen mehrere Optimierungsansätze zur Auswahl, wobei man sich nach firmeninterner Absprache für den unter 6.2.1 beschriebenen Verbesserungsvorschlag entschieden hat, da dieser für die BEG den größten Nutzen verspricht und eine Realisierung dessen am ehesten möglich ist.

### 6.2.1 Adjustageorientierter Ansatz

Der adjustageorientierte Ansatz hat die kontinuierliche Anlieferung der Prüf- und Adjustagelinien mit Materialien aus den beiden Walzwerken BGW und MLW zum Ziel, d.h. es wird die gleichmäßige Auslastung aller Prüf- und Adjustagelinien angestrebt. Der Fokus wird dabei auf die kontinuierliche Anlieferung der PALs gelegt und alle in der Wertschöpfungskette vorher liegenden Arbeitsplätze sollen danach ausgerichtet werden.

Um dies zu erreichen wäre es notwendig, auf Basis der verarbeiteten Mengen an den Prüf- und Adjustagelinien des Jahres 2008 jene Mengen zu errechnen, welche wochenweise gefertigt werden müssten, damit eine gleichmäßige Auslastung angestrebt werden kann. Dazu müssen die an den Prüf- und Adjustagelinien verarbeiteten Mengen des Jahres 2008 durch die Kalenderwochen des selbigen Jahres dividiert werden. Davon ausgehend sollte nun eine Rückwärtsterminierung durchgeführt werden, um die dafür notwendigen Walztermine zu ermitteln.

Der hier vorgestellte Ansatz hätte zwar den Vorteil, dass die kontinuierliche Auslastung aller Prüf- und Adjustagelinien sichergestellt werden könnte, jedoch die dafür vorgesehenen Walzungen könnten vermutlich in keinem wirtschaftlich vertretbaren Ausmaß für die BEG realisiert werden. Eine Auftragsbündelung im Block- und Mehrlinienwalzwerk ist, wie bereits schon mehrfach erwähnt, dringend notwendig, um die abzuarbeitenden Kundenaufträge in einem vertretbaren Zeitraum zu bewältigen und eine dementsprechende Produktivität der Walzlinien zu erreichen. Würde man den hier beschriebenen Ansatz zu 100% verfolgen, könnte keine Optimierung der Rüstzeiten an den Walzlinien erreicht werden und ein enormer Anstieg der Leerkosten wäre die Folge.

### 6.2.2 Kundenorientierter Ansatz

Der kundenorientierte Ansatz verfolgt als Fertigstellungstermin der Fertigungsaufträge den Kundenwunschtermin. Dabei soll ausgehend vom Kundenwunschtermin und der Bestell-

menge eine Rückwärtsterminierung durchgeführt werden, um die dabei benötigten Walztermine und dementsprechenden Auslastungen an den Prüf- und Adjustagelinien zu er rechnen. Diese Untersuchung soll in erster Linie zeigen, dass es aus wirtschaftlichen und technologischen Gründen nicht machbar ist, die vom Kunden zwar gewünschten, jedoch in der Realität nicht umsetzbaren Termine, zu ermöglichen. Da jede Walzung für die BEG Kapfenberg erst ab einer bestimmten Menge wirtschaftlich ist und daher eine Bündelung von Aufträgen unausweichlich ist, kann eine vollständige Erfüllung der Kundenwuschtermine nicht realisiert werden. Auch das Abarbeiten der Kundenwuschtermine an den Prüf- und Adjustagelinien würde noch höhere Auslastungsschwankungen zur Folge haben, da eine Vielzahl an Aufträgen nicht angenommen werden könnte um die vergleichsweise geringe Anzahl an Kundenaufträgen taggenau nach dessen Wunsch zu fertigen. Dennoch soll dieser Ansatz die Möglichkeit aufzeigen, inwieweit sich die Erfüllung der Kundenwuschtermine und die wirtschaftliche Abarbeitung der Aufträge vereinbaren lassen. Hierbei sollte vor allem die Frage beantwortet werden, inwieweit die dem Kunden zugesagte Fertigstellung der Enderzeugnisse taggenau sichergestellt werden kann und in welchem Zeitbereich die Terminabweichungen, der tatsächlich realisierbaren mit den von den Kunden gewünschten Terminen liegen dürfen, um eine dementsprechende Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens sicherzustellen.

### **6.2.3 Walzwerkorientierter Ansatz**

Bei diesem Ansatz sollen die auszuarbeitenden Optimierungspotenziale in Richtung Zykluszeitenabstimmung gelenkt werden. Das heißt, dass ausgehend von den jährlichen Bestellmengen pro Walzgruppe eine Überlegung hinsichtlich der sinnvollen Bildung der Walztranchen angestrebt werden soll, was in weiterer Folge zu einer Änderung der Zykluszeiten der Walzungen führen würde. Dazu müssen alle für die Anlieferung an die verschiedenen Prüf- und Adjustagelinien mengenmäßig am stärksten auftretenden Walzgruppen hinsichtlich ihre Walzintervalle untersucht werden, um daraus Optimierungspotenziale bezüglich deren Zykluszeiten ableiten zu können. Kürzere Zykluszeiten würden eine kontinuierlichere Anlieferung an die Folgeaggregate bedeuten und Auslastungsschwankungen könnte so besser entgegengewirkt werden. Dadurch könnte auch die Flexibilität in der Materialanlieferung aus dem Block- und Mehrlinienwalzwerk an die verschiedenen Prüf- und Adjustagelinien erhöht werden, was eine deutliche Verbesserung der gesamten Prozessperformance zur Folge hätte. Ebenso können die Kundenwuschtermine durch diesen Ansatz besser berücksichtigt werden, da verkürzte Zykluszeiten auch mehr Flexibilität in der Auftragspla-

nung bedeuten und dadurch mehr Aufträge angenommen werden können bzw. termingerechter realisierbar sind.

Nach Diskussion der gerade vorgestellten Ansätze entschied man sich für den unter 6.2.1 vorgestellten Ansatz, aufgrund der Annahme, dass dieser zum einen die größte Verbesserung für alle in der Produktion befindlichen Aggregate hinsichtlich der Auslastung verspricht und zum anderen auch den realisierbarsten Verbesserungsvorschlag darstellt.

## **7 Optimierungsmöglichkeiten und deren Auswirkungen**

Im abschließenden Kapitel des Praxisteils wird nun auf die Optimierungsmöglichkeiten und ausgearbeiteten Lösungsansätze eingegangen, wobei der Fokus auf die Auswirkungen dieser auf die Walzwerke BGW und MLW, sowie die Prüf- und Adjustagelinien und deren Relevanz für die gesamte Wertschöpfungskette der BEG gelegt wird. Die Ausarbeitung der Optimierungspotenziale zielt auf den unter 6.2.1 vorgestellten adjustageorientierten Ansatz ab.

### **7.1 Erarbeitung der Optimierungsmöglichkeiten auf Basis der Schwachstellenanalyse**

Die Erkenntnisse aus der Abbildung der Ist - Situation und der Analyse der Schwachstellen haben in Folge nach der Diskussion der Zielsetzung des Verbesserungsansatzes zum Verfolgen der Optimierung hinsichtlich der kontinuierlichen Auslastung der Prüf- und Adjustagelinien geführt. Vorab sei erwähnt, dass die ausgearbeiteten Verbesserungsvorschläge auf Basis der Auftragsdaten des Jahres 2008 beruhen und die dementsprechenden Optimierungspotenziale vom momentanen Auftragseingangsmix abhängen. Deshalb entschied man sich nach längeren Überlegungen gegen eine Simulation der Situation des Jahres 2008, da diese nur ein theoretisches Optimum für den momentanen Auftragseingangsmix liefern würde und damit keine allgemein gültigen Erkenntnisse gewonnen werden könnten. Angestrebt wurde vielmehr die Ausarbeitung einer effizienten Vorgehensweise, mit welcher auch in Zukunft unter Berücksichtigung der Änderung des Auftragseingangsmix eine Optimierung hinsichtlich der Walztranchen und der Materialanlieferung an die Prüf- und Adjustagelinien erzielt werden kann.

Die wesentliche Aussage der Schwachstellenanalyse ist die Feststellung, dass die Auslastungsschwankungen der Prüf- und Adjustagelinien aufgrund der bereits erwähnten Auftragsbündelung im Block- und Mehrlinienwalzwerk entstehen und es dadurch in weiterer Folge je nach Ausbringung der gewalzten Mengen zu Engpässen bzw. Leerläufen an den Folgeaggregaten kommt. Die Walzung einer großen Walzgruppenmenge führt demnach an den weiterverarbeitenden Prüf- und Adjustagelinien zu einer Materialanstauung, kleine Mengen hingegen können oftmals schneller als geplant verarbeitet werden und haben somit Leerzeiten an manchen Prüf- und Adjustagelinien zur Folge, da nicht unmittelbar darauf-

folgend wieder Material zur Verarbeitung an diesen vorhanden ist. Es lässt sich daraus schließen, dass die Taktung der Walzungen und die Abarbeitung an den Folgeaggregaten nicht harmonisieren, was wiederum durch die Änderung der Walzzyklusintervalle ausgeglichen werden soll.

Um den momentanen Material- bzw. Fertigungsfluss der BEG Kapfenberg zu optimieren, bedarf es der Änderung der vorliegenden Walzzyklusintervalle. Zu beachten gilt es hierbei auch die durch die Änderung der Walzreihenfolge entstehenden Änderungen der Rüstzeiten, da eine Minimierung der Rüstkosten sowohl im Block- als auch im Mehrlinienwalzwerk angestrebt werden muss, um eine wirtschaftliche Produktion gewährleisten zu können.

In einem ersten Schritt wurden dazu jene Walzgruppen betrachtet, welche an den verschiedenen Prüf- und Adjustagelinien mengenmäßig am stärksten auftreten. Beispielhaft sei die Vorgehensweise der Optimierung an der Prüf- und Adjustagelinie 1 dargestellt, welche im Zuge dieser Praxisarbeit für alle Prüf- und Adjustagelinien durchgeführt wurde. Aufgrund der mengenmäßigen Auswertung aller Walzgruppen, welche auf der PAL 1 weiterverarbeitet werden (siehe dazu Abbildung 67), konnten die Walzgruppen 4, 3, 5 und 2 mit den mengenmäßig am größten auftretenden Anteilen identifiziert werden. Je eher die Auftragsmengen dieser Walzgruppen in kurzen Abständen gewalzt werden können, umso kleiner werden die Mengen je Walzungen und dadurch die stoßweise Anlieferung an die PALs vermieden.

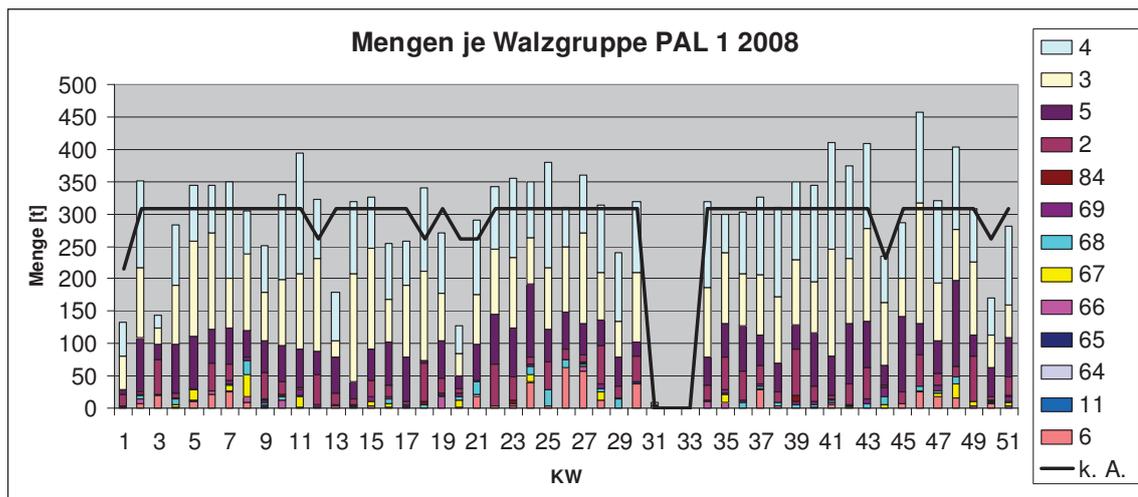


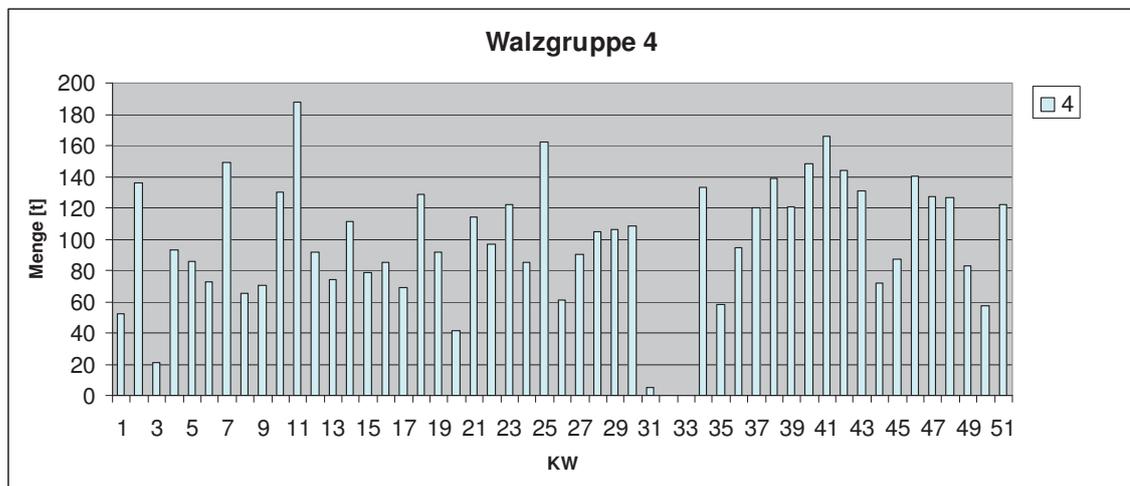
Abbildung 67: mengenmäßige Betrachtung je Walzgruppe - PAL 1

Die nachfolgende Tabelle 9 enthält alle Mengen und Walzintervalle jener Walzgruppen, welche vom Block- als auch Mehrlinienwalzwerk kommend, auf der Prüf- und Adjustagelinie 1 weiterverarbeitet werden.

**Tabelle 9: Walzgruppenübersicht - PAL 1**

Walzgruppe	gewalzte Menge/ Jahr	Walzintervall
2	1.282.366	4
3	4.703.348	3
4	4.963.780	1,5
5	2.666.584	1,5
6	465.251	0
11	1.329	0
64	4.601	0
65	16.639	4
66	96.695	4,5
67	184.754	4
68	253.662	5
69	125.623	5
81	35.932	4

Davon ausgehend wurden nun die Walzgruppen 4, 3, 5 und 2 im Detail untersucht, um die bestehenden Walzintervalle ermitteln zu können und Optimierungsmöglichkeiten dieser zu erkennen (siehe dazu die Abbildungen 68 bis 71).



**Abbildung 68: Walzgruppe 4 - PAL 1**

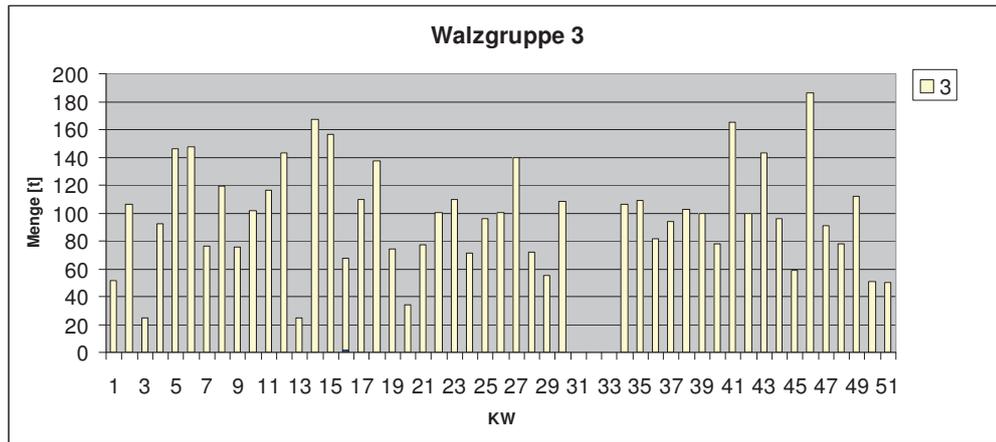


Abbildung 69: Walzgruppe 3 - PAL 1

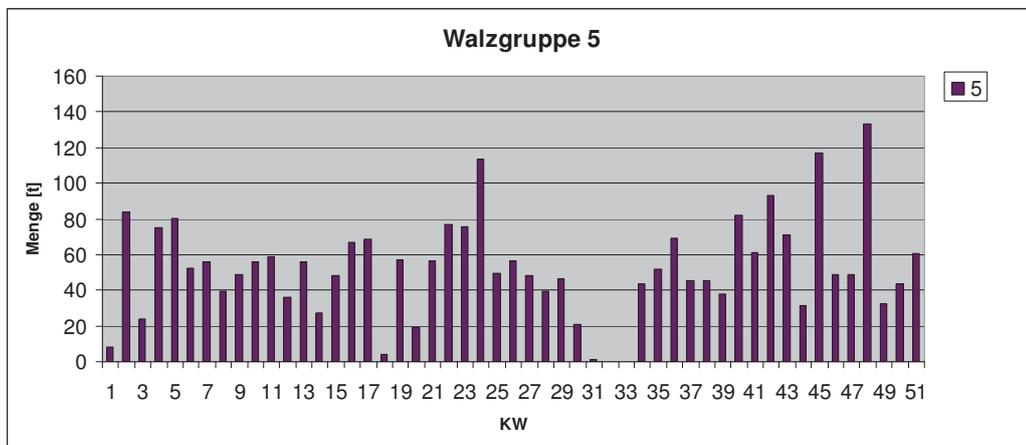


Abbildung 70: Walzgruppe 5 - PAL 1

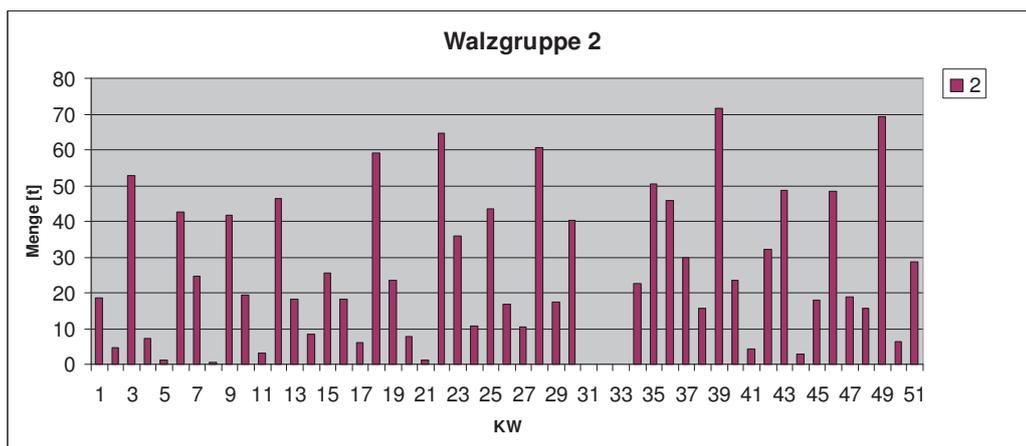


Abbildung 71: Walzgruppe 2 - PAL 1

Dabei ergaben sich für die Walzgruppen 2 - 5 die in Tabelle 10 angeführten Walzintervalle. Ein erste Annahme zur Verbesserung der bisherigen Situation wäre eine Verkürzung der

Walzintervalle der Gruppe 2 von vier auf zwei Wochen und die Einführung eines 1,5 - wöchigen Walzintervalls für die Walzgruppe 3.

**Tabelle 10: Walzintervalländerungen betreffend PAL 1**

<b>mengenmäßige Betrachtung:</b>		
Walzgruppe	Walzmenge [t]	Walzintervall (bisher)
2	1.282	4 - wöchig
3	4.703	3 - wöchig
4	4.964	~ 1,5 - wöchig
5	2.667	~ 1,5 - wöchig

<b>Möglichkeit der Verbesserung:</b>	
--------------------------------------	--

Walzgruppe <b>2</b>	<b>2 - wöchiges Walzintervall</b>
Walzgruppe <b>3</b>	<b>1,5 - wöchiges Walzintervall</b>
Walzgruppe <b>4</b>	
Walzgruppe <b>5</b>	

Aus den Untersuchungen der Prüf- und Adjustagelinien ließ sich folgender genereller Schluss ziehen: Jene Walzgruppen, welche mengenmäßig am stärksten auftreten, müssen in sehr kurzen Walzintervallen, d.h. am öftesten gewalzt werden. Hingegen mengenanteilmäßig schwache Walzgruppen können in größeren Abständen voneinander gewalzt werden. Zur Veranschaulichung dieser wesentlichen Erkenntnis ist die Abbildung 72 gegeben, welche basierend auf dem unter Abschnitt 3.3.3 beschriebenen quantitativen Entscheidungsmodell ausgearbeitet wurde. Hierbei ist der anzustrebende Zielbereich der Walzungen in Dreiecksform dargestellt. Als Zielfunktion  $F(x)$  kann somit die Minimierung der Walzintervalle der mengenmäßig am stärksten auftretenden Walzgruppen formuliert werden.

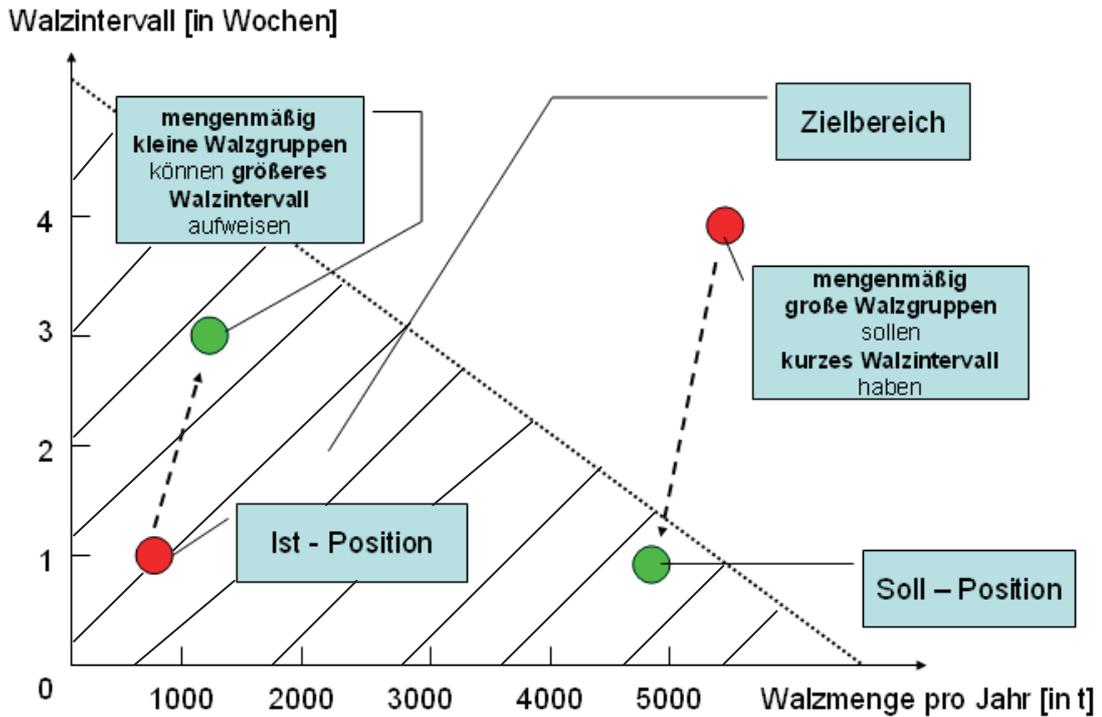


Abbildung 72: schematische Darstellung des Zielbereiches

Es wurden nun für jede Prüf- und Adjustagelinie die gewalzten Mengen, welche auf diesen auftreten mit ihren Walzintervallen gegenübergestellt, um daraus auf jene Walzgruppen zu schließen, die aus dem oben definierten Zielbereich fallen und dessen es einer genaueren Betrachtung und eventuell einer Änderung des Walzintervalls bedarf (siehe dazu beispielhaft für PAL 1 Abbildung 73).

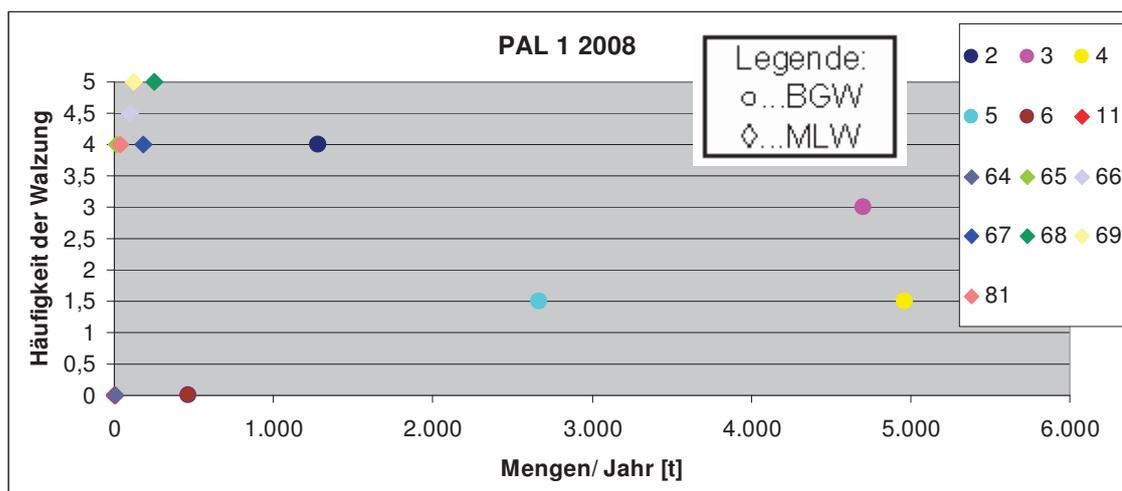


Abbildung 73: Gegenüberstellung Walzintervall - gewalzte Menge pro Jahr - PAL 1

Für die Prüf- und Adjustagelinie 1 ist aus dieser Darstellung eindeutig ersichtlich, dass die Walzgruppe 2 und 3 ein kürzeres Walzintervall benötigen. Dies wiederum bestätigt die be-

reits vorher erwähnte Annahme der Verbesserungsmöglichkeit mit einer Verkürzung des Walzintervalls von vier auf zwei Wochen der Walzgruppe 2 und der Einführung eines 1,5 - wöchigen Walzintervalls für die Walzgruppe 3.

## 7.2 Auswirkung der Optimierungen auf die einzelnen Fertigungsbereiche

In diesem Abschnitt wird nun auf die Auswirkungen der veränderten Walzintervalle, betreffend die beiden Walzwerke, BGW und MLW, als auch die Prüf- und Adjustagelinien eingegangen. Abschließend folgt die Betrachtung der Optimierungspotenziale hinsichtlich der gesamten Wertschöpfungskette der BEG.

### 7.2.1 Begutachtung der Walzwerke BGW und MLW

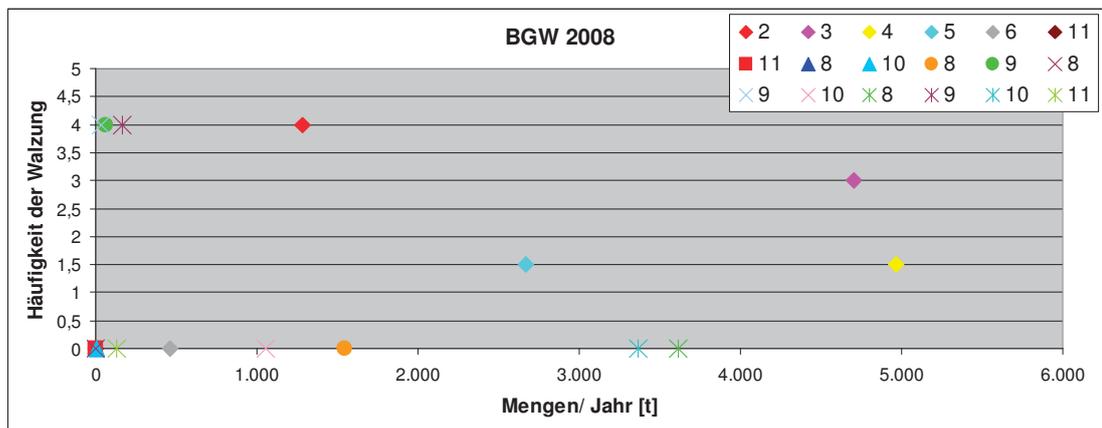


Abbildung 74: Gegenüberstellung Walzintervalle - gewalzte Mengen

pro Jahr - BGW

Legendenerklärung:

- ◇ geht auf PAL 1
- auf PAL 2,4
- △ auf PAL 11
- auf PAL 12
- × auf PAL 13
- \* auf PAL 12

Aus der Gegenüberstellung der Walzintervalle mit den gewalzten Mengen des Blockwalzwerkes (siehe Abbildung 74) ist zu erkennen, dass ein Großteil der bereits im Unternehmen vorhandenen Walzintervalle im Zielbereich liegen und nur die Walzintervalle der Walzgruppen 2 und 3 verkürzt werden müssten. Eine Änderung des Intervalls zweier Walzgruppen scheint durchaus umsetzbar und hat auch keine drastische Steigerung der Rüstzeiten bzw. -kosten zur Folge. Die Auswirkungen dieser Optimierung sind für das BGW minimal und bedeuten kaum eine Änderung der Zykluszeiten des Blockwalzwerkes.

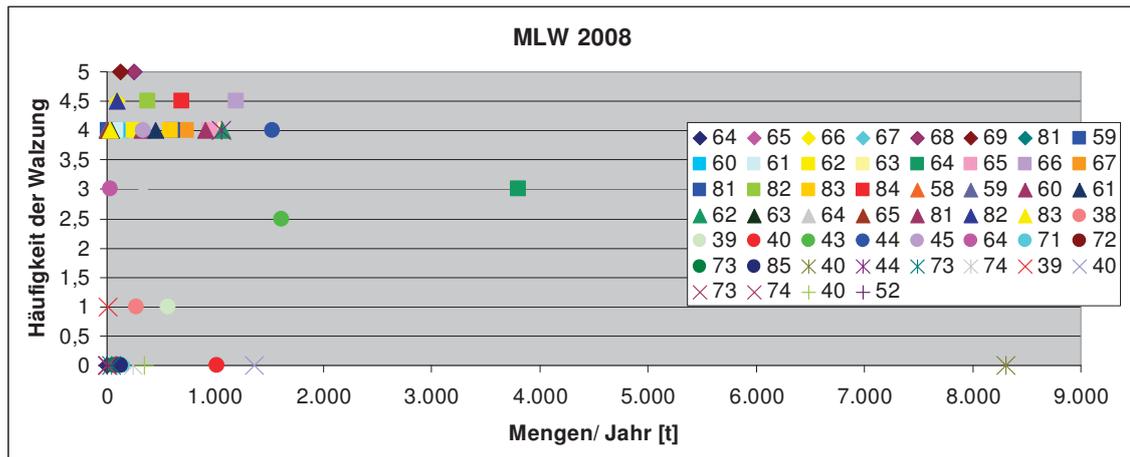


Abbildung 75: Gegenüberstellung Walzintervalle - gewalzte Mengen

pro Jahr - MLW

Legendenerklärung:

◇	geht auf PAL 1
□	auf PAL 2,4
△	auf PAL 3
○	auf PAL 11
✱	auf PAL 12
✕	auf PAL 13
+	auf PAL 14

Bei der Abbildung des Mehrlinienwalzwerkes (siehe Abbildung 75) ist zu erkennen, dass eine Veränderung der Zykluszeiten der Walzgruppen 64, 44 und 66 sinnvoll wäre, um eine Optimierung für das Werk zu erreichen. Die Abänderung der bestehenden Walzintervalle des MLW ist jedoch schwieriger realisierbar als im BGW, da hier eine größere Anzahl von Walzgruppen abgearbeitet werden muss, was zu einer dementsprechend komplexeren Planung der Walzlinienbelegung führt.

## 7.2.2 Auswirkungen auf die Adjustagebetriebe

Eine Änderung, in unserem Fall eine Verkürzung der Walzintervalle, bringt natürlich auch dementsprechende Auswirkungen für die Prüf- und Adjustagelinien mit sich. Durch die Verkürzung der Walzintervalle der großen Walzmengen kann eine kontinuierlichere Auslastung an den Prüf- und Adjustageaggregaten erreicht werden, da durch die regelmäßigeren Walzung ein kontinuierlicher Materialabgang aus dem Walzwerk gewährleistet werden kann, was in weiterer Folge zu einem kontinuierlicheren Materialfluss entlang des gesamten Fertigungsflusses und somit auch zu einer Minimierung der Auslastungsschwankungen führt. Eine vollkommene Glättung aller Auslastungsschwankungen wird sich in der Praxis zwar nicht umsetzen lassen, aber eine Verbesserung in der Materialanlieferung wird dadurch mit Sicherheit erreicht. Ein weiterer positiver Aspekt, welcher mit der vorgeschlagene-

nen Zykluszeitenänderung einhergeht, ist die Tatsache, dass dadurch auch die Anzahl an auftretenden Engpässen bzw. Leerzeiten an den Prüf- und Adjustagelinien minimiert werden kann und somit ein wirtschaftlicheres Betreiben der Aggregate möglich ist.

### **7.2.3 Betrachtung der Folgen für die Wertschöpfungskette**

Hierbei erfolgt nun die Betrachtung der Verbesserungsauswirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der BEG. Durch die Verkürzung der Walzintervalle großer Walzmengen wird nicht nur eine kontinuierlichere Auslastung an den Prüf- und Adjustagelinien erreicht, sondern viel entscheidender ist die Tatsache, dass im Sinne der Kybernetik ein über alle Arbeitsstationen des Unternehmens gleichmäßiger Fertigungsfluss erzielt werden kann und damit die Ausrichtung auf ein Gesamtziel angestrebt wird. Dies wiederum bedeutet für alle Aggregate eine gleichmäßigere Auslastung und Engpässe bzw. Leerzeiten können an allen Arbeitsgängen minimiert werden. Kürzere Walzintervalle bewirken ebenso eine Erhöhung der Flexibilität der Fertigung, womit auf Änderungen des Produktionsprogramms rascher reagiert werden kann. Jedoch gilt die Tatsache zu beachten, dass das wirtschaftliche Betreiben der Walzwerke durch eine Auftragsbündelung sichergestellt werden muss, denn eine willkürliche Verkürzung unnötiger Walzintervalle könnte mit diesem Ziel in Konflikt geraten. Weiters gilt zu sagen, dass die Verbesserung des Fertigungsflusses zwar keine Optimallösung für ein einzelnes Arbeitsaggregat bietet, jedoch die gesamte Prozessperformance deutlich verbessert werden kann.

Abschließend sei nun auf die Tatsache verwiesen, dass die Auswertung des Ist - Zustandes deutliche Abweichungen zwischen der Planung der Auftragsreihenfolgeabarbeitung und deren Umsetzung aufgezeigt hat. Dies jedoch stellt ein firmeninternes, die Mitarbeiter an den Anlagen betreffendes Problem dar. Das Abweichen von der geplanten Reihenfolge der Auftragsabarbeitung kann zu schwerwiegenden Folgen hinsichtlich Termintreue usw. führen. Diesem Problem kann entgegengewirkt werden, in dem man den Mitarbeitern eine die gesamte Wertschöpfungskette betrachtende Denkweise näher bringt und das „Optimieren von Teilbereichen“ minimiert, denn nur eine solche Unternehmensphilosophie kann die Kundenzufriedenheit und damit den langfristigen Erfolg des Unternehmens sichern.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Den Inhalt des letzten Kapitels bildet nun die Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse aus der Praxis, die festgestellten Übereinstimmungen bzw. Abweichungen zwischen den in der Theorie vorgeschlagenen und in der Praxis tatsächlich verwirklichtbaren Lösungsansätzen, sowie ein Ausblick auf die durch diese Arbeit festgestellten Maßnahmen und daraus abgeleiteten zukünftigen Handlungsbedarfe seitens der BEG.

Ausgehend von der Betrachtungsweise der Systemtheorie stellt ein Unternehmen ein System mit Elementen (Abteilungen) dar, die in gegenseitiger Beziehung zueinander stehen und daher Wechselwirkungen aufeinander ausüben. Dies wiederum verursacht Komplexität, die es zu beherrschen gilt, damit das langfristige Überleben der Unternehmen sichergestellt werden kann. Aber nicht nur die Komplexitätsbeherrschung ist für die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens entscheidend, sondern auch die ständige Verbesserung der Logistikleistung und der im Unternehmen herrschenden Prozesse. Damit dies realisiert werden kann, bedarf es zum einen eines gut funktionierenden Prozessmanagements, andererseits soll durch die Gewinnung von Kennzahlen, auf Basis derer Verbesserungen angestrebt werden können, die ständige Optimierung der Logistikleistung eines Unternehmens verfolgt werden.

Die BEG strebt eine ständige Verbesserung der Logistikleistung im Sinne des KVP - Prozesses an, wobei es in erster Linie die Auslastungsschwankungen an den Prüf- und Adjustagelinien zu minimieren galt. Dafür wurde nach dem 4 - Schritte Modell des Prozessmanagements in einem ersten Schritt die momentane Ist - Situation der Maschinenauslastungen sowohl der beiden Walzwerke BGW und MLW als auch der Prüf- und Adjustagelinien der BEG erfasst. Darauf aufbauend wurde eine Schwachstellenanalyse durchgeführt, um jene Einflussfaktoren zu ermitteln, die für die unregelmäßige Anlieferung der Vormaterialien an die Prüf- und Adjustagelinien verantwortlich sind. Als wesentliche Einflussfaktoren konnten hierbei die Walzzyklen ermittelt werden, deren nicht optimale Abstimmung auf die Folgeaggregate zu den dort auftretenden Problemen führt. Nach einer firmeninternen Rücksprache, entschloss man sich für die Optimierung der Walzzykluszeiten sowohl im Mehrlinien- als auch im Blockwalzwerk der BEG Kapfenberg, da dieser Ansatz den größten Nutzen für das Unternehmen versprach. Es konnte festgestellt werden, dass es der Änderung der Walzintervalle der mengenmäßig am stärksten auftretenden Walzgruppen bedarf, da nur eine Verkürzung derer Walzintervalle zu einer Steigerung der Kontinuität des Fertigungsflusses führt. Durch eine Anpassung der Zykluszeiten dieser kann zwar keine

100%ige Optimierung hinsichtlich der Auslastungsschwankungen an den Prüf- und Adjustagelinien realisiert werden, dennoch kann eine deutliche Minimierung der dort auftretenden Schwankungen ermöglicht werden. Die vollständige Minimierung dieser ist aufgrund der Tatsache, dass eine Walzintervallabstimmung auch immer unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit zu erfolgen hat und der damit verbundenen, notwendigen Auftragsbündelung in den Walzwerken nicht möglich. Die in der Theorie vorgestellten Ansätze für die jeweiligen Problemstellungen stellen ein hilfreiches Instrument bei der Umsetzung dieser Praxisarbeit dar, da der Grundgedanke, welcher durch die Literatur vermittelt werden sollte, relativ leicht und verständlich auf die in der Praxis auftretenden Probleme abgeleitet werden konnte. Auch die schlechte Termintreue der BEG Kapfenberg war ein wesentlicher Indikator für die Beurteilung der dort herrschenden Logistikleistung. Diese hat ihre Hauptursachen aber nicht nur in der fehlenden Abstimmung der Walzzyklen, sondern lässt sich vor allem auf die großen Abweichungen zwischen der Produktionsprogrammplanung und deren Umsetzung zurückführen. Dieser Tatsache kann durch eine Schulung der Mitarbeiter hinsichtlich einem abteilungsübergreifenden Denken bzw. einer die gesamte Wertschöpfungskette betrachtenden Denkweise entgegengewirkt werden.

## Literaturverzeichnis

Arndt, Holger (2008): Supply Chain Management – Optimierung logistischer Prozesse. 4. aktualisierte und überarbeitete Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN: 978 - 3 - 8349 - 094 - 3.

Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst (2004): Handbuch Logistik. 2. aktualisierte und korrigierte Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. ISBN: 3 - 540 - 40110 - 5.

Ashby, William Ross (1974): Einführung in die Kybernetik. Frankfurt am Main: Springer Verlag. ISBN: 3 - 446 - 12972 - 3.

Bechte, Wolfgang (1984): Steuerung der Durchlaufzeit durch belastungsorientierte Auftragsfreigabe bei Werkstattfertigung. Düsseldorf: VDI - Verlag GmbH. ISBN: 978 - 1 - 4244 - 2708 - 6.

Becker, Jörg; Kugeler, Martin; Rosemann, Michael (2000): Prozessmanagement – Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. ISBN: 3 - 540 - 65993 - 5.

BEG Kapfenberg: Profil. URL: [http://www.boehleredelstahl.com/german/413\\_DEU\\_HTML.php](http://www.boehleredelstahl.com/german/413_DEU_HTML.php) (Stand: 2008; Zugriff: 24.08.2009; MEZ: 14:12 Uhr).

BEG Kapfenberg (2009): Optimierungsmöglichkeiten der Walzzyklen. Besprechungsunterlagen. Böhler Edelstahl GmbH.

Bertalanffy, Ludwig von (1973): General Systems Theory – Foundations, Development, Applications. 4. Auflage, New York: George Braziller Inc. ISBN: 0 - 14 - 060004 - 3.

Bleicher, Kristin (1971): Die Organisation der Unternehmung in systemorientierter Sicht. In: ZfO, Jg.40, Nr. 4, S. 171 - 177.

Bossel, Hartmut (2004): Systeme, Dynamik, Simulation – Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Norderstedt: Books on Demand GmbH. ISBN: 3 - 8334 - 0984 - 3.

Bronner Rolf (1991): Komplexität. In: Frese, Erich (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation. Stuttgart: Schaeffer Poeschel Verlag. ISBN: 3 - 7910 - 8050 - 4.

Cen, Ihsan (1995): Produktionsstrategien auf Basis von Kernprozessen. Dissertation, Universität St. Gallen.

Delfmann, Werner (1997): Analyse und Gestaltung integrierter Logistiksysteme auf der Basis von Prozessmodellierung und Simulation. München: Deutscher Universitäts - Verlag. ISBN: 3 - 8244 - 6644 - 9.

Dellmann, Klaus; Pedell, Karl - Ludwig (1994): Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. Stuttgart: Schäffer - Poeschel Verlag. ISBN: 3 - 7910 - 0785 - 8.

DIN 19226: Leittechnik - Regelungstechnik und Steuerungstechnik - Begriffe zum Verhalten dynamischer Systeme. Berlin. Beuth Verlag.

Dombrowski, Uwe; Sixt, Alexander; Hanke Tobias (2008): Systematische Bestandsoptimierung durch Anwendung der normierten Materialreichweite. PPS Management, Heft 3, S. 25 - 28.

- Engelhardt, Corinna (2006): Prozessmanagement. Vorlesungsskriptum, Montanuniversität Leoben.
- Engelhardt, Corinna; Krenn, Barbara; Zsifkovits, Helmut (2006): Produktionsplanung, -steuerung und Logistik. Vorlesungsskriptum, Montanuniversität Leoben.
- Flechtner, Joachim (1970): Grundbegriffe der Kybernetik – Eine Einführung. 5. Auflage, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft GmbH.
- Foerster, Heinz von (1993): KybernEthik. Berlin: Merve Verlag. ISBN: 3 - 88396 - 111 - 6.
- Freidank, Carl - Christian (2007): Kostenrechnung. 8., überarbeitete und erweiterte Auflage, München: Oldenbourg Verlag. ISBN: 3 - 486 - 58120 - 1.
- Gaitanides, Michael. (1994): Prozessmanagement – Grundlagen und Zielsetzungen. In Gaitanides, Michael (Hrsg.): Prozessmanagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering. München: Hanser Verlag. ISBN: 3 - 446 - 17715 - 9.
- Gälweiler, Aloys (1987): Strategische Unternehmensführung. Frankfurt, New York. Campus Verlag. ISBN: 3 - 593 - 33755 - X.
- Grant, Robert (1994): Contemporary Strategy Analysis. 3. Auflage, Cambridge: Blackwell Verlag. ISBN: 978 - 1 - 4051 - 6308 - 8.
- Grünig, Rudolf; Kühn, Richard (2000): Grundlagen der strategischen Planung – Ein integraler Ansatz zur Beurteilung von Strategien. 2., überarbeitete Auflage, Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag. ISBN: 3 - 258 - 06175 - 0.
- Grünig, Rudolf (1996): Das Planungskonzept – Instrumente zur Gestaltung der Planung und ihrer Kontrolle. 2. Auflage, Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag. ISBN: 978 - 3 - 258 - 06389 - 8.
- Günther, Hans - Otto; Tempelmeier, Horst (2005): Produktion und Logistik. 6. Auflage, Berlin: Springer Verlag. ISBN: 3 - 540 - 23246 - X.
- Hagen, Nils; Nyhuis, Peter; Frühwald, Christian; Felder, Martin (2002): Prozessmanagement in der Wertschöpfungskette. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag. ISBN: 3 - 258 - 07043 - 1.
- Hagen, Nils (2007). Prozessmanagement. Vorlesungsskriptum. Montanuniversität Leoben.
- Heß, Gerhard (2006): Logistik - Controlling. In Koether, Reinhard (Hrsg.): Taschenbuch der Logistik. 2., aktualisierte Auflage, München, Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN: 10 - 3 - 446 - 40670 - 0.
- Hinkelmann, Knut: Geschäftsprozessmanagement: Prozessidentifikation. URL: [http://knut.hinkelmann.ch/lectures/gpm/GPM\\_Prozessidentifikation](http://knut.hinkelmann.ch/lectures/gpm/GPM_Prozessidentifikation) (Stand: 10.8.2009; Zugriff: 10.8.2009; MEZ: 11:17 Uhr).
- Hümmer, Bernd; Hess, Gerhard (1990): Die Implementierung von Strategien. Diskussionsbeiträge des Lehrstuhls für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Unternehmensführung. Universität Erlangen - Nürnberg.
- Jacob, Herbert (1996): Produktions- und Absatzprogrammplanung. In: Kern, Werner; Schröder, Hans - Horst; Weber, Jürgen (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. 2. Auflage, Stuttgart: Schäffer - Poeschel Verlag. ISBN: 3 - 409 - 32750 - 9.
- Kaiser, Andreas (1995): Integriertes Variantenmanagement mit Hilfe der Prozesskostenrechnung. Dissertation, Universität St. Gallen.

- Kiener, Stefan; Maier - Scheubeck, Nicolas; Obermaier, Robert; Weiß, Manfred (2006): Produktionsmanagement. 8. Auflage, München: Oldenbourg Verlag. ISBN: 3 - 486 - 58059 - 0.
- Kistner, Klaus - Peter; Steven, Marion (2001): Produktionsplanung. 3. überarbeitete Auflage, Heidelberg: Physica Verlag. ISBN: 3 - 790 - 81426 - 1.
- Klaus, Georg et al. (1976): Wörterbuch der Kybernetik. 4. Auflage, Berlin: Dietz Verlag. ISBN: 3 - 418 - 00630 - 2.
- Klaus, Peter; Krieger, Winfried (1998): Gabler - Lexikon Logistik – Management logistischer Netzwerke und Flüsse. Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN: 3 - 409 - 19502 - 5.
- Koether, Reinhard (2000): Material- und Fertigungswirtschaft sowie Logistik. In Wollenberg, Klaus (Hrsg.): Taschenbuch der Betriebswirtschaft. München, Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN: 3 - 446 - 21248 - 5.
- Koether, Reinhard (2006): Logistik als Managementaufgabe. In Koether, Reinhard (Hrsg.): Taschenbuch der Logistik. 2., aktualisierte Auflage, München, Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN: 10 - 3 - 446 - 40670 - 0.
- Kompetenzzentrum für Prozessmanagement. Glossar. URL: <http://www.prozessmanagement-news.de/bpm/opencms/de/glossar> (Stand: 12.08.2009; Zugriff: 12.08.2009; MEZ: 12:54 Uhr).
- Lerner, Alexander (1970): Grundzüge der Kybernetik. Berlin: Verlag Technik. ISBN: 3 - 528 - 05395 - X.
- Luhmann, Niklas (2004): Einführung in die Systemtheorie. 2. Auflage, Heidelberg: Carl - Auer - Systeme Verlag. ISBN: 3 - 89670 - 459 - 1
- Malik, Fredmund (2002): Strategie des Managements komplexer Systeme – Ein Beitrag zur Management - Kybernetik evolutionärer Systeme. 7. Auflage, Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag. ISBN: 3 - 258 - 06482 - 2.
- Mildenberger, Udo; Thiede, Christoph (2007): Controlling. In Härdler, Jürgen (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage, München: Carl Hanser Verlag. ISBN: 10 - 3 - 446 - 40759 - 6.
- Nyhuis, Peter; Wiendahl Hans - Peter (2003): Logistische Kennlinien – Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. 2., erweiterte und neubearbeitete Auflage, Berlin: Springer Verlag. ISBN: 3 - 540 - 04370 - 02.
- Nyiri, Alexander (2007): Corporate Performance Management – Ein ganzheitlicher Ansatz zur Unternehmenssteuerung. Wien: Facultas Verlag. ISBN: 978 - 3 - 7089 - 0146 - 6.
- Pawellek, Günther (2007): Produktionslogistik – Planung - Steuerung - Controlling. München: Carl Hanser Verlag. ISBN: 978 - 3 - 446 - 41057 - 2.
- Pieper, David (2008): Bestandsmanagement in Distributionsnetzwerken. München: Grin Verlag. ISBN: 978 - 3 - 638 - 90274 - 8.
- Plinke, Wulff (1997): Industrielle Kostenrechnung. 4. Auflage, Berlin: Springer Verlag. ISBN: 3 - 540 - 61544 - X.
- Reichmann, Thomas (1995): Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. 4. Auflage, München: Vahlen Verlag. ISBN: 3 - 8006 - 2531 - 8.
- Reinsch, Steffen (2003): Kennzahlenbasierte Positionierung der Logistik von Lieferketten. Dissertation, Universität Hannover.

- Simon, Fritz (2007): Einführung in die Systemtheorie und Konstruktivismus. 2. Auflage, Heidelberg: Carl - Auer - Systeme Verlag. ISBN: 978 - 3 - 89670 - 547 - 1.
- Schönsleben, Paul (2007): Integrales Logistikmanagement – Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken. 5., bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin: Springer Verlag. ISBN: 978 - 3 - 540 - 68178 - 6.
- Schuh, Günther (2005): Produktkomplexität managen – Strategien, Methoden, Tools. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, München, Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN: 3 - 446 - 40043 - 5.
- Syska, Andreas (2006): Produktionsmanagement – Das A - Z wichtigster Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN: 978 - 3 - 8349 - 0235 - 1.
- Thaler, Klaus (2006): Nutzung und Integration von Standardsoftware für Logistikaufgaben. In Koether, Reinhard (Hrsg.): Taschenbuch der Logistik. 2., aktualisierte Auflage, München, Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN: 10 - 3 - 446 - 40670 - 0.
- Thommen, Jean - Paul (2004): Managementorientierte Betriebswirtschaftslehre. 7. Auflage, Zürich: Versus Verlag. ISBN: 3 - 409 - 43016 - 4.
- Ulrich, Hans (1970): Die Unternehmung als produktives soziales System. Bern, Stuttgart: Haupt Verlag. ISBN: 3 - 518 - 188607.
- Ulrich, Hans (1984): Skizze eines allgemeinen Bezugsrahmens für die Managementlehre. In Ulrich, Hans (Hrsg.): Grundlegung einer allgemeinen Theorie der Gestaltung, Lenkung und Entwicklung zweckorientierter, sozialer Systeme. St. Gallen: Diskussionsbeitrag 4/1984 der Universität St. Gallen.
- Ulrich, Hans; Probst, Gilbert (1991): Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln: Ein Brevier für Führungskräfte. Bern, Stuttgart: Haupt Verlag. ISBN: 3 - 258 - 03976 - 3.
- Weber, Jürgen(2002): Logistik- und Supply - Chain - Controlling. 5. Auflage, Stuttgart: Schäffer - Poeschel Verlag. ISBN: 978 - 3 - 640 - 12795 - 5.
- Westpahl, Jan (2001): Komplexitätsmanagement in der Produktionslogistik. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. ISBN: 10 - 3 - 824 - 47475 -1.
- Wiendahl, Hans - Peter (2006): Fertigungssteuerung mit BOA und CONWIP. In Koether, Reinhard (Hrsg.): Taschenbuch der Logistik. 2., aktualisierte Auflage, München, Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN: 10 - 3 - 446 - 40670 - 0.
- Wirtschaftslexikon                      Gabler.                      Reagibilität.                      URL:  
<http://www.wirtschaftslexikon.gabler.de/reagibilitaet>      (Stand: 13.03.2009;      Zugriff:  
13.08.2009; MEZ: 18:23 Uhr).

