

Masterarbeit

„Analyse und Verbesserung eines Produktionsplanungsprozesses“

Überführung einer mehrdimensionalen Planungsstruktur in
einen schlanken und einfachen Planungsprozess bei
Hagleitner Technology International GmbH.

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

B.Sc. Boris Prodanovic
0635191

Betreuer/Gutachter:

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Steiner
Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits

Leoben, 21.05.2017

Eidesstattliche Erklärung

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

Boris Prodanovic

Leoben, 21.05.2017

Danksagung

Hiermit möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer von Seiten der Universität Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits für die Unterstützung bedanken. Bei jeglichen Fragen oder Problemen wurde mir unkompliziert und umgehend hilfreicher Rat erteilt.

Derselbe Dank muss an meinen Betreuer von Seiten der Firma Hagleitner Dipl.-Ing. Klaus Steiner ausgesprochen werden. Es wurde mir ermöglicht, nach meiner Bachelorarbeit auch meine Masterarbeit für die gleiche Firma zu schreiben. Auch von dieser Seite wurde mir jegliche Hilfe umgehend erteilt und mir bestmögliches Vorankommen ermöglicht.

Großer Dank gilt Herrn Harbacek Günther, den ich während der gesamten Projektzeit begleiten durfte. Er ermöglichte mir einen tiefen Einblick in die Aufgabe eines Feinplaners mit jahrelanger Erfahrung in der Chemieproduktion zu bekommen. Er hat es keine Sekunde gescheut, sein gesamtes Wissen der chemisch-technischen Produktion sowie der Produktionsplanung- und steuerung an mich weiterzugeben. Es wurde keine einzige Frage meinerseits unbeantwortet zurückgelassen.

In weiterer Folge gilt auch großer Dank Dr. Johann Kappacher, der in dieser kurzen Praktikumszeit als Bereichsleiter für die chemisch-technische Produktion meine Arbeit wertschätzen gelernt hat und mir nach dem Praktikumsabschluss direkt eine Fixeinstellung als Abteilungsleiter in seinem Bereich anbot. Ich konnte seither unschätzbare Wissen in den verschiedensten Bereichen generieren und kann somit an dieser Stelle nur noch einmal herzlichen Dank aussprechen.

Ich möchte mich auch bei Frau Dr. Carla Verhaelen bedanken, die mir in der gesamten Zeit tatkräftig Hilfestellungen geboten hat.

An dieser Stelle muss nun der größte Dank an meine Eltern und meinem Bruder ausgesprochen werden, die mir seit Beginn meines Studiums an der Montanuniversität Leoben in jeder nur erdenklichen Hinsicht maximale Unterstützung zukommen ließen. Ohne diese Hilfe wäre das ganze Studium nicht möglich gewesen.

Kurzfassung

„Analyse und Verbesserung eines Produktionsplanungsprozesses“

Überführung einer mehrdimensionalen Planungsstruktur in einen schlanken und einfachen Planungsprozess bei Hagleitner Technology International GmbH.

Bei der chemisch-technischen Produktion der Hagleitner Technology International GmbH handelt es sich um einen mehrdimensionalen Herstellungsprozess. Neben mengenmäßigen und terminlichen Komponenten müssen bei der Planung verschiedene chemische und technische Restriktionen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund gestaltet sich die Produktionsplanung und –steuerung sehr komplex.

Eine Analyse der IST-Situation soll die Planungsbereiche identifizieren, die als Haupttreiber für die hohe Komplexität des Gesamtprozesses auftreten. Es sollen Methoden und Konzepte sowohl aus der Assemblierungs-Industrie als auch aus der Prozessindustrie angewendet werden, um die Komplexität des Planungsprozesses zu reduzieren.

Bekannte Konzepte werden auf die vorliegende Unternehmensstruktur unter Berücksichtigung der aufbau- und ablauftechnischen Rahmenbedingungen angepasst und umgesetzt. Es wird konkret Kanban als Steuerungsverfahren für die Herstellung einer Produktfamilie implementiert. Die komplexe Produktionsplanung über zwei Produktionsstufen konnte in einen einstufigen Planungsprozess überführt werden. Künftig muss lediglich die letzte Fertigungsstufe geplant werden. Die vorgelagerte Produktionsstufe wird nach dem Pull-Prinzip gesteuert und erleichtert somit die Planungsaufgabe. Zusätzlich gewinnt die gesamte Wertschöpfungskette an Flexibilität durch die Einführung neuer Supermärkte.

Des Weiteren müssen alle nötigen Voraussetzungen für die Umsetzung der gewählten Steuerung geschaffen werden, so zum Beispiel die Schaffung neuer Schnittstellen zu vorhandenen IT-Systemen, die Abbildung neuer Prozessabläufe und die Schulung betroffener Mitarbeiter.

Abstract

“Analysis and improvement of a production planning process”

Transformation of a multidimensional planning structure into a lean and plain planning process in cooperation with Hagleitner Technology International GmbH.

Regarding the chemical production of Hagleitner Technology International GmbH we speak about a multidimensional production process. In addition to quantitative and time managing components the production planning has to consider chemical and technical restrictions. Due to that fact the production planning and scheduling is very complex.

An analysis of the current situation is supposed to identify the responsible areas of planning that drive the complexity of the overall process. Methods and concepts from assembly industries and process industries should be implemented to reduce the complexity of the entire planning process.

In this case the Kanban-concept was chosen for the production of a specific product family. The complex, two-dimensional production planning was transformed into a one-dimensional planning process. In the future simply the last production level has to be planned. The upstream production level is regulated with use of the pull-concept and simplifies the planning process. In addition the entire value chain is gaining more flexibility by the implementation of new supermarkets.

Established concepts were adapted and implemented to the current corporate structure considering limiting factors. Furthermore all requirements for implementing chosen concepts have to be established, such as interfaces with IT-systems, mappings of new processes and training of affected employees.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Danksagung	II
Kurzfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	VII
1 Einführung	1
1.1 Vorstellung des Unternehmens und der Produkte	1
1.2 Projektzeitrahmen	2
1.3 Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit	3
2 Theorieteil	5
2.1 Prozessindustrie – Verfahrenstechnische Produktion	6
2.1.1 Charakteristiken der Prozessindustrie	8
2.1.2 Prozessor-orientierte Produktionsstruktur	11
2.1.3 Prozessor-orientierte Ressourcenplanung.....	16
2.2 Produktionsplanung und- steuerung.....	16
2.2.1 Programmplanung	19
2.2.2 Mengenplanung.....	21
2.2.3 Termin- und Kapazitätsplanung.....	22
2.2.3.1 Durchlaufterminierung	23
2.2.3.2 Kapazitätsterminierung	25
2.2.4 Verfahren der Produktionssteuerung	26
2.2.4.1 Push-Prinzip und Pull-Prinzip	29
2.2.4.2 Kanban.....	31
2.2.4.3 Prinzipien und Voraussetzungen zur Einführung von Kanban..	33
2.2.4.4 Prioritätsregelverfahren	35
2.3 Überblick IT-Systeme	35
2.4 5S/6S – Konzept	37

3	Praxisteil.....	39
3.1	Aufnahme IST-Situation	39
3.1.1	Bulk-Produktion.....	39
3.1.1.1	Produktionsanlagen	40
3.1.1.2	Produktionsablauf.....	42
3.1.2	Abfüllung.....	43
3.1.3	Innerbetrieblicher Transport - Mizusumashi	46
3.1.4	Planung Chemieproduktion.....	47
3.1.4.1	Grobplanung – Programm- und Materialplanung	48
3.1.4.2	Feinplanung – Termin- und Kapazitätsplanung sowie Produktionssteuerung	49
3.1.5	Überblick Software-Unterstützung	54
3.1.6	Schwachstellen im aktuellen Planungsprozess.....	55
3.1.7	Zusammenfassung IST-Aufnahme.....	56
3.2	Ableitung des SOLL-Zustandes und Lösungsansätze	57
3.2.1	Generelle Vorgehensweise	58
3.2.2	Value Stream Map der aktuellen Produktion	59
3.2.3	Mögliche Lösungsansätze	67
3.3	Lösungsansatz: Bulk-Produktion über Kanban steuern.....	70
3.3.1	ShowerMAID-Produktion aktuell	71
3.3.2	Konzept der neuen Kanban-Steuerung	71
3.3.3	Maßnahmen zur Umsetzung der Pull-Steuerung	77
3.3.4	Vorteile – Nachteile einer Kanban-Steuerung.....	79
3.3.5	Zusammenfassung der Einführung von Kanban an der showMAID- Abfülllinie	81
4	Zusammenfassung der Resultate und Ausblick weiterer Anwendungsmöglichkeiten.....	82
5	Literaturverzeichnis	85

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Produktionsverfahren in der Verfahrens- und Fertigungsindustrie.....	7
Tabelle 2: Übersicht Produktionskessel und Puffer	41
Tabelle 3: Dauer für Produktionsmenge > 5000 kg.....	63
Tabelle 4: Dauer für Produktionsmenge 2500 kg - 5000 kg	63
Tabelle 5: Dauer für Produktionsmenge < 2500 kg.....	64
Tabelle 6: Dauer für Produktionsmenge < 1300 kg (mobiler Kessel)	64
Tabelle 7: Max. Leistung Bulk-Produktion	65
Tabelle 8: Leistung Abfüllung.....	65
Abbildung 1: Projekt-Zeitrahmen	2
Abbildung 2: Produktgruppen der chemischen Industrie.....	6
Abbildung 3: Prozessphase und Fließressourcen	9
Abbildung 4: Übersicht Ressourcen in der Prozessindustrie	11
Abbildung 5: Übersicht Produktionsfaktoren.....	12
Abbildung 6: Produktionsstrukturen.....	13
Abbildung 7: Konzept des Prozesszugs	15
Abbildung 8: Übersicht Produktionsplanung und -steuerung.....	18
Abbildung 9: Zusammensetzung des Produktionsprogramms	20
Abbildung 10: Vergleich klassische und durchlauforientierte Losgrößenbildung	22
Abbildung 11: Termin- und Kapazitätsplanung	23
Abbildung 12: Zusammensetzung der Auftragsdurchlaufzeit	24
Abbildung 13: Modell der Fertigungssteuerung	27
Abbildung 14: Material- und Informationsfluss bei Pull- und Push-Steuerung.....	30
Abbildung 15: Bulk-Produktion	43
Abbildung 16: Ablauf Abfüllung	44
Abbildung 17: Überblick Grobplanung	49
Abbildung 18: Überblick Feinplanung.....	50

Abbildung 19: Übersicht Software	54
Abbildung 20: VSM Chemieproduktion	60
Abbildung 21: Ablauf showerMAID Abfüllung	73
Abbildung 22: Ablauf Mizusumashi	75
Abbildung 23: Ablauf Bulk-Produktion	77

1 Einführung

Die vorliegende Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Hagleitner Technology International GmbH¹ erstellt. Es erfolgte eine Einstellung des Verfassers als Diplomand über einen Zeitraum von fünf Monaten. In dieser Zeit stellte die Firma einen Arbeitsplatz, Laptop sowie nötige Lizenzen für Software zur Verfügung.

Die Arbeit lässt sich in fünf wesentliche Bereiche einteilen. In der Einführung wird das Unternehmen Hagleitner sowie das Projekt und dessen Ziele beschrieben. Im praktischen Teil wird eine konkrete Problemstellung bearbeitet. Dem praktischen Teil vorgelegt, findet sich der Theorieteil. Dieser arbeitet in Form einer Literaturrecherche Themengebiete auf, die für den Praxisteil wichtig sind. Relevante Methoden und Konzepte werden in theoretischer Form aufgearbeitet, um dem Leser eine Verständnisgrundlage für den Praxisteil bereitzustellen. Anschließend werden die Resultate des Projektes vorgestellt und abschließend findet sich eine Zusammenfassung der Arbeit sowie ein Ausblick für die künftige Nutzung des gewonnenen Wissens in weiteren Unternehmensbereichen.

1.1 Vorstellung des Unternehmens und der Produkte

Das Unternehmen mit Hauptsitz in Zell am See im Pinzgau wurde 1971 gegründet und vertreibt seine Produkte mittlerweile in 55 Ländern. Dabei wird mit weltweit 177 Partnern zusammengearbeitet. Die aktuelle Zahl der Mitarbeiter liegt bei über 900 und für das Geschäftsjahr 2015/2016 konnte ein Umsatz von über 112 Millionen Euro verzeichnet werden. Am Unternehmenshauptsitz befinden sich die zentrale Verwaltung, die Entwicklung sowie die eigene Produktion. Des Weiteren wird von dort die gesamte Vertriebslogistik und der Export gesteuert, und mit einem eigenen Bahnanschluss seit 2004 unterstützt.

Es werden innovative Lösungen im Bereich der professionellen Hygiene angeboten. Reinigungs- und Desinfektionsprodukte sowie die dazugehörigen Spendersysteme werden in den Bereichen Waschraum-, Wäsche-, Küchen- und Objekthygiene an Kunden in der ganzen Welt geliefert. Die angebotene Produktpalette enthält mehr als 600 Produkte.

¹ Einfachheitshalber weiter nur als „Hagleitner“ bezeichnet

Die Produktion bei Hagleitner ist in vier große Bereiche unterteilt. Diese Bereiche sind die Papierkonvertierung, die Produktion der Chemieprodukte, die Spenderassemblierung und der Spritzguss. Für das vorliegende Projekt ist nur die Chemieproduktion von Bedeutung.

1.2 Projektzeitrahmen

Vor Projektstart wurde ein Zeitrahmen erstellt, der als Orientierungshilfe für alle beteiligten Parteien dienen und dabei helfen sollte, den zeitlichen Überblick zu behalten. Der Zeitrahmen für das Projekt sah folgendermaßen aus:

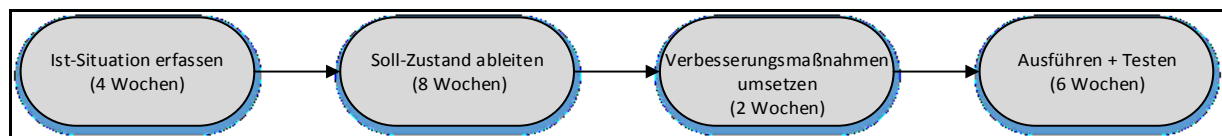


Abbildung 1: Projekt-Zeitrahmen

Ist-Situation erfassen: 4 Wochen

Aktuelle Abläufe und Prozesse sollen durch aktives Beobachten, Mitarbeitergespräche und „learning-by-doing“ kennengelernt werden. Im gleichen Zuge wird eine Dokumentation erstellt und die erfassten Daten werden in schriftlicher Form zusammengeführt. Hierzu gehören die Extraktion von Daten aus den IT-Systemen sowie die Auswertung dieser. Die erfassten Daten sollten in weiterer Folge eine Schwachstellenanalyse ermöglichen und Problembereiche aufzeigen.

Soll-Zustand ableiten: 8 Wochen

In den Bereichen, wo sich Schwachstellen herausgestellt haben, sollen Verbesserungspotentiale genauer analysiert werden. Anschließend sollen verschiedene Lösungsvarianten für vorliegende Probleme erarbeitet werden. Die möglichen Lösungsvarianten sollen verglichen und die passende Lösung gewählt werden. Es sollen auch Maßnahmen zur Umsetzung der Verbesserungen erarbeitet werden.

Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen: 2 Wochen

Die gewählte Lösungsvariante wird in die Praxis umgesetzt. Es erfolgt eine Einbettung der neuen Strukturen und Abläufe in das Tagesgeschäft. Neben den physischen Abläufen müssen die dazugehörigen Informationsflüsse und die Schnittstellen zu den IT-Systemen angepasst oder sogar neu geschaffen werden. Ganz wichtig bei der Umsetzung sind Schulungen der Mitarbeiter. Mit einer guten Einführung und Erklärung

neuer Systeme soll den Mitarbeitern die Skepsis und Angst gegenüber Neuerungen genommen werden.

Operative Ausführung und Tests: 6 Wochen

Es findet eine Überwachung der neu eingeführten Abläufe statt. Diese werden auf Stabilität und Ausfallsicherheit getestet und die dazugehörigen Kennzahlen erfasst. Ein Vorher- Nachher-Vergleich soll Aufschluss darüber geben, ob gewünschte Ziele erreicht wurden oder ob weitere Maßnahmen nötig sind.

„Alle verwendeten Informationen und Daten wurden dem Diplomanden von der Firma Hagleitner zur Verfügung gestellt. Sämtliche Tabellen, Diagramme und Abbildungen wurden aus bereitgestellten Informationen vom Diplomanden eigenhändig erstellt. Sollten Dokumente irgendeiner Form von anderen firmeninternen Personen verwendet werden, wird explizit auf diese Personen verwiesen. Des Weiteren wurde die Arbeit für eine Dauer von drei Jahren im Interesse der Firma Hagleitner gesperrt.“

1.3 Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit

Im Fokus dieser Arbeit liegt die Produktionsplanung der Firma Hagleitner. Der Projektrahmen ist auf die Produktion chemischer Flüssigprodukte² beschränkt. Die anderen Produktionsbereiche sind nicht Gegenstand dieser Arbeit. Die Chemieproduktion ist ein zweistufiges Verfahren. Die erste Produktionsstufe wird als Bulk-Produktion, die die Herstellung chemischer Flüssigprodukte zur Aufgabe hat, bezeichnet. Dieser nachgelagert befindet sich die Chemieabfüllung, die die tatsächliche Abfüllung der Produkte sowie die weitere Verpackung und die Palettierung dieser umfasst. Für eine derartige Produktionsstruktur wird bei Blömer der Begriff „Make&Pack-Produktion“ verwendet³.

Aufgrund der zweistufigen Produktionsstruktur erstreckt sich auch die Planung von Produktionsaufträgen über zwei Dimensionen und es entsteht ein enorm komplexer Planungsprozess. Aufgrund dieser Tatsache wurde der Entschluss gefasst vorliegendes Projekt zu starten und Untersuchungen anzustellen, ob es Möglichkeiten gibt die Komplexität des Planungsprozesses zu reduzieren.

Hier stellt sich die konkrete Aufgabe, dass der aktuelle Planungsprozess begleitet, kennengelernt und grundlegend verstanden werden muss. Das soll in der ersten Pro-

² Weiter als Chemieproduktion bezeichnet

³ Vgl. (Blömer, 1999), S. 9 f.

jektphase „Ist-Situation erfassen“ erfolgen. In dieser Zeit sollen intensive Beobachtungen mit Fokussierung auf Probleme im Planungsprozess und die Treiber der enormen Komplexität erfolgen. Ergebnis dieser ersten Phase soll die Erfassung der Schwachstellen sowie eine detaillierte Darstellung des aktuellen Planungsprozesses in schriftlicher und grafischer Form sein.

Basierend auf den beobachteten Problemen im Planungsprozess soll ein gewünschter Soll-Zustand abgeleitet werden. Die erkannten Probleme sollen herangezogen werden um Verbesserungspotenziale zu ermitteln, die zur Erreichung des Soll-Zustands führen sollen. Hierzu wird eine intensive Literaturrecherche angestellt und fundiertes Wissen aus der Literatur zusammengetragen. Bewährte Methoden und Konzepte aus den Bereichen Produktionsplanung und –steuerung sollen aufgearbeitet und die Möglichkeit, diese in die betriebliche Praxis umzusetzen, geprüft werden. Ziel ist es, die Konzepte, die dabei helfen könnten den aktuellen Ablauf des Planungsprozesses zu vereinfachen und die Komplexität dieser Aufgabe zu reduzieren, so zu adaptieren, dass sie in der vorliegenden Chemieproduktion implementiert werden können. Bezogen auf den Projektzeitrahmen sollen diese Aufgaben mit Phase zwei „Soll-Zustand ableiten“ abgeschlossen sein.

Die tatsächliche Umsetzung gewählter Maßnahmen in der betrieblichen Praxis erfolgt in Phase drei „Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen“. In diesem Projektabschnitt gilt es sämtliche Anpassungen durchzuführen, die nötig sind, damit die Maßnahmen zur Reduktion der Komplexität im Planungsprozess greifen können.

In der letzten Phase sollen die Umsetzungen im operativen Tagesgeschäft getestet werden. Ziel ist es, die neuen Abläufe auf Stabilität zu prüfen und intensiv auf mögliche Fehler zu beobachten. Gegebenenfalls gilt es diese auszumerzen, um eine nachhaltige Planung gewährleisten zu können.

Der Projektrahmen umfasst lediglich Untersuchungen der Produktionsplanung. Sollten im Projektverlauf Verbesserungspotentiale direkt am Produktionsprozess selbst beobachtet werden, würden diese dokumentiert und für künftigen Verbesserungsprojekte vorgemerkt werden.

Damit eine Grundlage für das Verständnis von Ideen aus dem Theorieteil geschaffen wird, greift der Theorieteil diese auf und erklärt Begriffe und Konzepte, wie sie von verschiedenen Autoren beschrieben werden.

2 Theorieteil

Die Systematisierung von Daten- und Steuerungsflüssen ist aus Industrien wie dem Maschinenbau und der Automobilbranche entstanden. Eine gemeinsame Terminologie sowie Beschreibung von logistischen Objekten und Verfahren zur Planung und Steuerung wurden entwickelt und auf einen gemeinsamen Standard gebracht. So hat sich beispielsweise vor über vierzig Jahren das bekannte MRP II-Konzept⁴ entwickelt.

Diesen Industriebereichen stehen die Hersteller von chemischen Produkten, Papier, Lebensmitteln, Mineralöl, Gummi und Stahl gegenüber. Sie sind alle Zugehörige der Prozessindustrie. Für diese Hersteller ist es nicht möglich, die bestehenden Standardisierungen im Bereich Terminologie oder grundsätzlicher Planungs- und Steuerungsverfahren zu übernehmen, da sich die Prozessherstellung nicht mit der Herstellung von Autos oder Maschinen vergleichen lässt. Somit hat sich für die Prozessindustrie noch kein einheitlicher Standard durchgesetzt.⁵

Die Produktion chemischer Flüssigprodukte bei Hagleitner ist in diesem Industriebereich anzusiedeln. Somit ist es für das vorliegende Praxisbeispiel von Bedeutung grundlegende Begriffe und Konzepte der Prozessindustrie zusammenzuführen und zu erklären.

Anschließend wird das Thema Produktionsplanung und- steuerung aufgearbeitet. Es werden die Teilbereiche Programm-, Mengen- sowie Termin- und Kapazitätsplanung diskutiert. Des Weiteren werden ein Modell und dazugehörige Verfahren der Produktionssteuerung vorgestellt. Hierbei wird speziell auf die Kanban-Steuerung eingegangen. Derartige Modelle können selbstverständlich nicht direkt auf die Praxis übertragen werden, können jedoch dabei unterstützen eventuell vorhandene Schwachstellen im aktuellen Planungsprozess zu erkennen.

Außerdem wird noch ein theoretischer Überblick über verwendete IT-Systeme im Unternehmen geschaffen. Hierbei wird ausschließlich auf ERP⁶-Systeme und MES⁷-Systeme eingegangen, da diese für den praktischen Teil relevant sind.

Abschließend wird das „5S“- bzw. „6S“-Konzept erklärt, da dieses einen Blick auf die grundlegende Sauberkeit und Sicherheit am Arbeitsplatz wirft. Sowohl für die Planung

⁴ Abgrenzung der Begriffe Material Requirement Planning (MRP) und Manufacturing Resource Planning (MRP II) (Zsifkovits, 2013), S. 269

⁵ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 401

⁶ ERP...Enterprise Resources Planning

⁷ MES... Manufacturing Execution System

als auch für die Produktion selbst sollte das eine Grundvoraussetzung sein, um qualitativ hochwertige Produkte oder Dienstleistungen anbieten zu können.

2.1 Prozessindustrie – Verfahrenstechnische Produktion

Dr. Peter Loos differenziert die chemische Industrie anhand von Produktgruppen. Dazu werden die Merkmale Produktdifferenzierung und Produktionsmenge herangezogen. Die grundsätzlich unscharfe Trennung zwischen niedrigen und hohen Produktionsmengen wird bei etwa 10.000 t Jahresproduktionsmenge angesetzt. Produktdifferenzierung spiegelt sich in Form von undifferenzierten Standardprodukten und differenzierten Speziallösungen wider. Bei differenzierten Produkten ist sowohl die chemische Zusammensetzung als auch der Herstellungsprozess oftmals ein Betriebsgeheimnis, während bei Standardprodukten die chemischen Spezifikationen und die Gewinnungsmethode allgemein bekannt sind.⁸

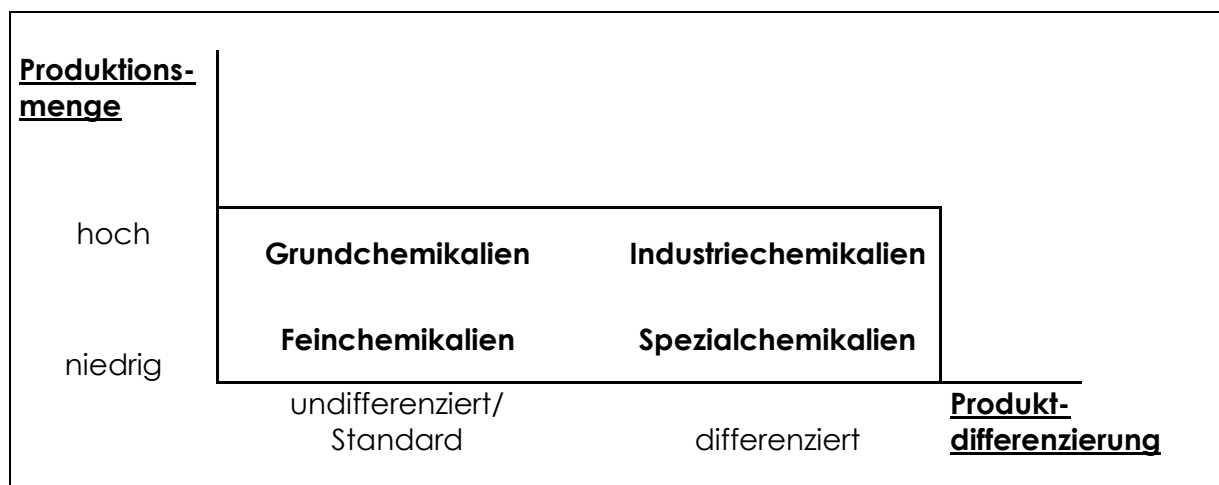


Abbildung 2: Produktgruppen der chemischen Industrie⁹

Wie sich aus Abbildung 2 erkennen lässt, ergeben sich je nach Produktionsmenge und Differenzierungsgrad vier Hauptproduktgruppen. Zu den Grundchemikalien¹⁰ gehören standardisierte Produkte die in großen Mengen hergestellt werden. Die Gruppe der Feinchemikalien umfasst standardisierte Produkte in kleiner Produktionsmenge, wie zum Beispiel pharmazeutische Wirkstoffe, ätherische Öle, Kosmetik und Konservierungsstoffe. Zu Industriechemikalien zählen Düngemittel, Kunststoffe, Harze, Kautschuk, Lösungsmittel, Farbstoffe, Tenside, Treibgase, Füllstoffe, etc. Zur Gruppe von

⁸ Vgl. (Loos, 1997), S. 74

⁹ Eigene Darstellung nach (Loos, 1997), S. 75

¹⁰ Beispiele wichtiger Grundchemikalien sind Schwefel-, Salz-, Phosphor- Salpetersäure, Ammoniak, Chlor, Natriumcarbonat/ -hydroxid, Aluminiumhydroxid, Ethylen, Propen, Butadien, Benzol, Toluol, Xylol, Methanol, Styrol, Vinylchlorid, Formaldehyd und Harnstoffe (Loos, 1997), S. 75

Spezialchemikalien gehören differenzierte Produkte mit kleiner Produktionsmenge. Das können beispielsweise pharmazeutische Produkte, Herbizide und Pestizide, Schmierstoffe, Anstrich- und Beschichtungsstoffe sowie Wasch- und Reinigungsmittel sein.¹¹ Die Produktion chemischer Flüssigprodukte bei Hagleitner ist eindeutig der Gruppe der Spezialchemikalien zuzuordnen.

Nach Schönsleben umfasst der Begriff „Prozessindustrie“ (auch grundstoffverarbeitende Industrie genannt) die Hersteller, die mit einer sogenannten Prozessherstellung produzieren“. Unter „Prozessherstellung“ versteht man eine Produktion, die die Wertschöpfung durch Mixen, Separieren, Umformen oder chemische Reaktionen erzielt.¹²

Eine Definition nach Schoner lautet folgendermaßen: „Die Verfahrensindustrie, die synonym auch als Prozessindustrie bezeichnet wird, umfasst alle Betriebe, die Gebrauchs- oder Verbrauchsgüter mit verfahrenstechnischen Produktionsmethoden herstellen. Zu diesen Produkten zählen u. a. Arzneimittel, Nahrungsmittel, Raffinerieprodukte, bauchemische Produkte, ...etc.“¹³

<u>Grundverfahren der Verfahrenstechnik</u> Stoffänderung durch:	<u>Grundverfahren der Fertigungstechnik</u> Formänderung durch:
<u>Physikalische Grundverfahren (mechanisch, thermisch, elektrisch/elektromagnetisch):</u> <ul style="list-style-type: none"> - Trennen (Filtern, Zentrifugieren, Destillieren, Elektroosmose, ...) - Mischen (Rühren, Kneten, Sintern, ...) 	<u>Urformen</u> (Gießen, Sintern) <u>Umformen</u> (Schmieden, Walzen, Falten, ...) <u>Trennen</u> (Sägen, Feilen, Bohren, Hobeln, ...)
<u>Chemische Grundverfahren:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Thermisch (Brennen, Rösten) - Katalytisch (Polymerisieren, Oxidieren, ...) - Photochemisch (Chlorierung, ...) - Elektrolytisch - Hochdruckverfahren 	<u>Fügen</u> (Schweißen, Lötten, Verschrauben, ...) <u>Beschichten</u> (Lackieren, Galvanisieren, ...) <u>Änderung der Stoffeigenschaften</u> (Härten, Glühen, Stauchen, ...)
<u>Biologische Grundverfahren</u> <ul style="list-style-type: none"> - Gären 	

Tabelle 1: Produktionsverfahren in der Verfahrens- und Fertigungsindustrie¹⁴

¹¹ Vgl. (Loos, 1997), S. 75

¹² Zit. (Schönsleben, 2007), S. 401

¹³ Zit. (Schoner, 2008), S. 17

¹⁴ Eigene Darstellung nach (Schoner, 2008), S. 16

In Tabelle 1 werden verschiedene Produktionsverfahren gelistet, um bekannte Verfahren vorzustellen und diese den Bereichen Prozessindustrie bzw. Fertigungsindustrie zuzuordnen.

In der Prozessindustrie wird der Begriff „Prozessor“ verwendet und bezeichnet dabei eine verarbeitende Einheit. Diese umfasst die Produktionsinfrastruktur, die sich aus Betriebsmitteln und Kapazitäten zusammensetzt, wie zum Beispiel Maschinen, Apparate und übrige Einrichtungen. Da es sich bei diesen Prozessoren um sehr teure Elemente handeln kann, wird bei den meisten Prozessor-orientierten Konzepten Gewicht auf die Auslastung der Kapazitäten gelegt.¹⁵

2.1.1 Charakteristiken der Prozessindustrie

In diesem Kapitel werden charakteristische Merkmale und Begriffe der Prozessindustrie Überblicksmäßig wiedergegeben. Dies wird an Schönslebens „Integrales Logistikmanagement“ angelehnt, da dort ein treffender Überblick geschaffen wurde.

Ein wichtiges Merkmal der Prozessindustrie sind **„Kuppelproduktionen“**, die verschiedene Produkte im selben Prozessschritt herstellen. Der Produktionsprozess wurde zwar zur Herstellung eines Hauptprodukts entworfen, jedoch können auf Grund chemischer oder physikalischer Reaktionen Kuppel- oder Nebenprodukte entstehen. Nebenprodukte werden oftmals mit oder ohne Aufbereitung erneut dem Produktionsprozess zugeführt. Entstehende Kuppelprodukte können manchmal in nachstehenden Produktionsprozessen verwendet werden, so zum Beispiel Dampf oder andere Formen von Energie. Nebenprodukte, die keinen Wert aufweisen, werden als Abfallprodukt bezeichnet und generieren zusätzliche Kosten für die Entsorgung.¹⁶ Siehe hierzu auch „Zyklische Produktion“ in Punkt 2.1.2.

Schönsleben definiert: „Eine Fließressource ist ein Zwischenprodukt, das während der Prozessphase nicht gespeichert werden soll und kontinuierlich fließt“.¹⁷ Das tritt beispielsweise bei der Produktion von Chemikalien, Farben, Ölen usw. auf. Ein Produkt muss eine Abfolge von Arbeitsschritten, eine sogenannte Prozessphase, ohne Unterbrechung durchlaufen. Abbildung 3 zeigt **„Fließressourcen“**, die zwischen zwei Herstellungsschritten entstehen. Diese sollen nicht zwischengelagert werden bzw. sind oftmals

¹⁵ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 401

¹⁶ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 403

¹⁷ Zit. (Schönsleben, 2007), S. 408

gar nicht lagerfähig. Somit können sie sich nicht als gepufferte Arbeit vor einem Prozessschritt anstauen. Dadurch wird ein Freiheitsgrad der Kapazitätsplanung eliminiert. In der Praxis finden sich dennoch oft Pufferbehälter vor Herstellungsschritten, jedoch nicht zur Erhaltung des Freiheitsgrades der Planung, sondern zur Sicherung der Prozessstabilität.¹⁸

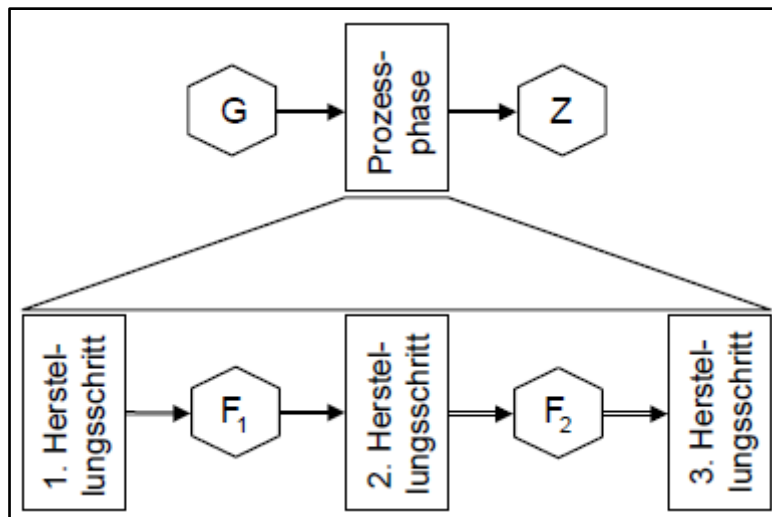


Abbildung 3: Prozessphase und Fließressourcen¹⁹

Überwiegend findet man bei den Anlagenlayouts die kontinuierliche- oder die hochvolumige Linienproduktion. Lange Zeit waren auch sogenannte „**Monoanlagen**“ üblich, an denen aus wirtschaftlichen Gründen extreme Massenproduktion betrieben wurde. Mittlerweile geht der Trend jedoch zu Mehrzweckanlagen mit modularer Bauweise, um einfach den Produktwechsel und somit eine Reaktion auf sich verändernde Belastungsbedingungen zu ermöglichen. Inflexible Anlagen dieser Art kommen weiterhin aufgrund staatlicher Auflagen vor. In Bereichen wie Nahrungsmittel- oder Medikamentenproduktion liegen strenge Qualitäts- und Prüfvorschriften vor. Die Validierungen von Produktionsprozessen nach Richtlinien zur Qualitätssicherung sind auf einzelne Anlagen bezogen. Somit würde ein Maschinenwechsel eine erneute Validierung des Produktionsprozesses auf der zweiten Anlage erfordern.²⁰

Eine „**Mehrproduktanlage**“ ermöglicht die Herstellung verschiedener Produkte je nach Marktanforderungen. Ohne wesentliche Veränderungen der Anlage können ähnliche Produkte, oftmals aus einer Produktfamilie, erzeugt werden indem Rüst- oder Reini-

¹⁸ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 408 f.

¹⁹ Quelle: (Schönsleben, 2007), S. 409

²⁰ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 409 f.

gungsvorgänge durchgeführt werden. Neben der Sortimentsflexibilität ist die kapazitive Flexibilität wichtig, da sie es ermöglicht in verschiedenen Mengen wirtschaftlich produzieren zu können. So kommen derartige Mehrproduktanlagen verstärkt in Bereichen vor, die verhältnismäßig kleine Absatzmengen mit relativ großer Wertschöpfung erfordern. In der chemischen Industrie würden Jahresabsatzmengen in der Größenordnung von einigen hundert Tonnen als klein zählen. Absätze im Bereich von Millionen Tonnen pro Jahr werden als groß eingestuft und somit oft auf Monoanlagen produziert.²¹ Die chemisch-technischen Produktionsanlagen der Firma Hagleitner sind Mehrproduktanlagen. Spezielle Reinigungsprogramme sowie Rüstvorgänge ermöglichen es, die Anlagen flexibel zu nutzen und diese nicht an einzelne Produkte zu binden.

Weitere Merkmale der Prozessindustrie sind **„große Lose und lange Durchlaufzeiten“**. Oftmals werden große Lose von bestimmten Prozessabläufen vorgegeben, um hochqualitative Produkte erzeugen zu können. Des Weiteren sind Rüst- und Bereitstellungszeiten (z.B. Reinigung von Reaktoren) im Regelfall sehr lang, wodurch zu kleine Lose wirtschaftlich nicht tragbar wären. Die langen Durchlaufzeiten erschweren die Planung immens und machen das System anfällig gegenüber Verbrauchsänderungen. Oftmals erfolgt auch die Wertschöpfung auf niederen Produktionsstufen, wodurch in weiterer Folge Prognosefehler besonders teuer werden können.²²

„Chargenverfolgung“ ist ein weiteres wichtiges Thema. Herkunftsnachweise können oftmals Teil von gesetzlichen Regelungen vorgegeben und somit unumgänglich sein. Lose, Batches oder Chargen müssen dann klar identifiziert werden, um eine lückenlose Rückverfolgung ermöglichen zu können. Sollten Zwischenprodukte weiteren Verarbeitungsprozessen zugeführt werden, so müssen diese eine Rückverfolgung auf die ursprüngliche Charge ermöglichen.²³

Aus Gründen des Verbraucherschutzes muss die Chargenrückverfolgung besonders in der pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie gewährleistet sein. Des Weiteren erfordern **„Sicherheits- und Umweltschutzbestimmungen“** besondere Maßnahmen bei der Lagerung und Entsorgung der verwendeten Materialien. So müssen beispielsweise gewisse Chemikalien in explosionsgeschützten Bereichen gelagert werden. Abfallprodukte der Produktion müssen oftmals einem besonderen Recyclingprozess zugeführt

²¹ Vgl. (Biesenbach, 2007), S. 13 f.

²² Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 410

²³ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 410 f.

werden.²⁴ Im praktischen Teil dieser Arbeit stellt sich die Wichtigkeit des Explosionsschutzes im Bereich Lagerung und Produktion heraus. Diese Themen werden in Punkt 3.3.1 aufgegriffen.

2.1.2 Prozessor-orientierte Produktionsstruktur

Zunächst muss der Begriff „Ressource“ geklärt werden. In der Prozessindustrie haben sämtliche Ressourcen die gleiche Wertigkeit. Verschiedene Arten von Ressourcen werden durch eine geeignete Spezialisierung detaillierter beschrieben. Grundsätzlich steht der Begriff Ressource zusammenfassend für alle verbrauchten oder produzierten Faktoren wie Produkte, Materialien, Kapazitäten, Anlagen sowie Energieformen. In Abbildung 4 findet man eine Darstellung, die Ressourcen nach den Kriterien „produzierbar“ und „verbrauchbar“ klassifiziert.

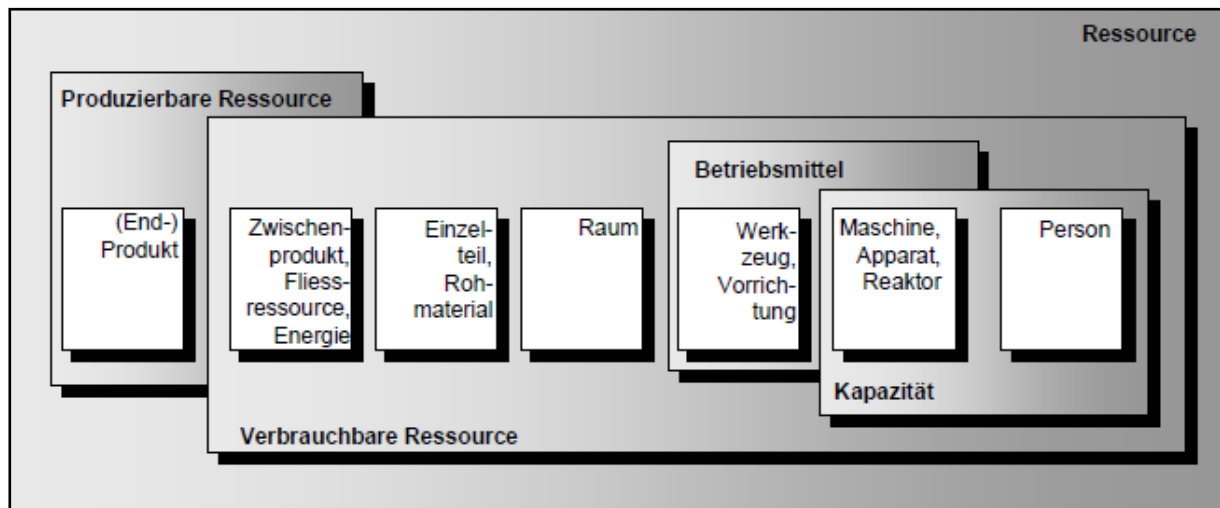


Abbildung 4: Übersicht Ressourcen in der Prozessindustrie²⁵

Die Ressource Kapazität ist beispielsweise eine Spezialisierung einer verbrauchbaren Ressource. Die Kapazität selbst kann in Form einer Person und ihrer Arbeitszeit vorkommen oder in Form einer Maschine bzw. Anlage.²⁶ Die Summe aller verbrauchbaren Ressourcen lässt sich unter dem Begriff „Elementarfaktoren“ zusammenfassen. Um die Gesamtheit aller benötigten Produktionsfaktoren zu beschreiben, müssen die Elementarfaktoren um die „dispositiven Faktoren“ erweitert werden. Dispositive Faktoren umfassen die Bereiche Leitung, Planung und Organisation.²⁷ Der Projektrahmen für die

²⁴ Vgl. (Schoner, 2008), S. 17

²⁵ Quelle: (Schönsleben, 2007), S. 413

²⁶ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 413

²⁷ Vgl. (Wannenwetsch, 2007), S. 406

vorliegende Arbeit wird sich im Wesentlichen auf den dispositiven Faktor Planung beschränken. Vollständigkeitshalber werden die Faktoren Leitung und Organisation aufgeführt, werden jedoch nicht näher betrachtet.

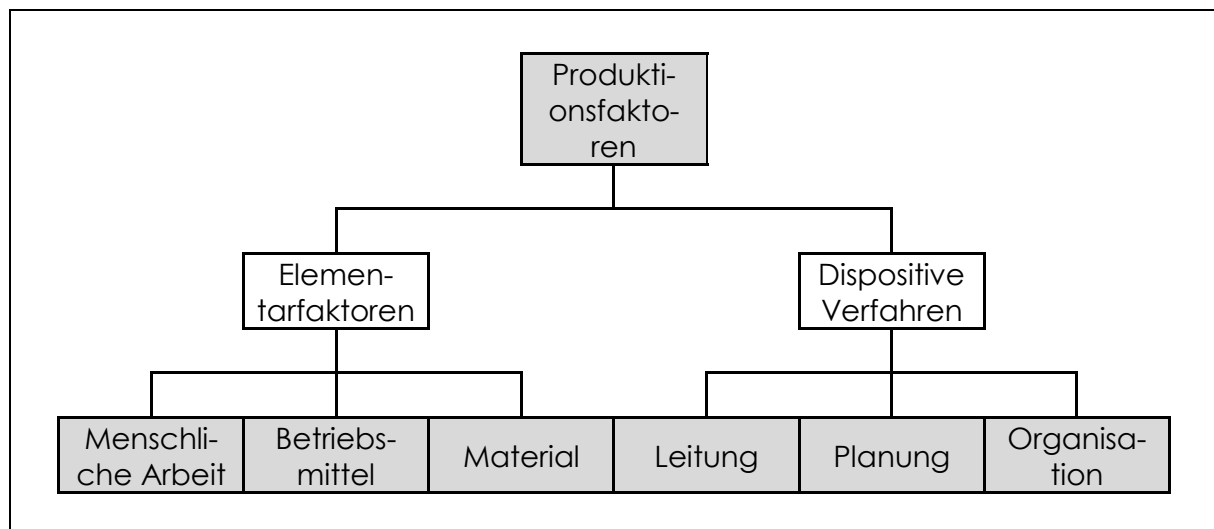


Abbildung 5: Übersicht Produktionsfaktoren²⁸

Bei L. King wird als eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale zwischen der Fertigungs- und der Prozessindustrie, die Form des Materialflusses genannt. In der fertigen Industrie kann die vorwiegend konvergierende Produktionsstruktur als „A type process“ bezeichnet werden. Eine riesige Menge an Einzelteilen wird direkt oder über Baugruppen zu einem Fertigprodukt zusammengeführt. Das Gegenteil kommt in der Prozessindustrie vor. Aus einem oder wenigen Rohstoffen können sehr viele verschiedene Endprodukte hergestellt werden. Die Produktionsstruktur hat dann die Form des Buchstaben V und wird somit als „V type process“ bezeichnet.²⁹ Als einfaches Beispiel aus der Praxis beschreibt L. King eine Folienproduktion.³⁰

Übersicht Produktionsstruktur

Schoner unterteilt die Produktionsstrukturen in vier Elementartypen und zwei zusätzliche Sonderfälle. Die Form der Strukturen und die Beziehungen von Produkten untereinander lassen sich mit Hilfe eines Gozinto-Graphen³¹ darstellen. In diesem gerichteten Graphen stellen die Knoten Materialien (Rohstoffe, Produkte) und die Kanten die Beziehungen der Materialien zueinander dar. Mit Hilfe von Gewichtungen der Kanten lassen

²⁸ Quelle: (Wannenwetsch, 2007), S. 405

²⁹ Vgl. (King, 2009), S. 26 ff.

³⁰ Vgl. (King, 2009), S. 28 – S. 32

³¹ Detailliertere Beschreibung des Gozinto-Graphen (Schulte, 2001), S. 129 – S. 132

sich die Mengenbeziehungen darstellen. In Abbildung 6 sind die verschiedenen Produktionsstrukturen mit Gozinto-Graphen ohne gewichtete Kanten dargestellt.³²

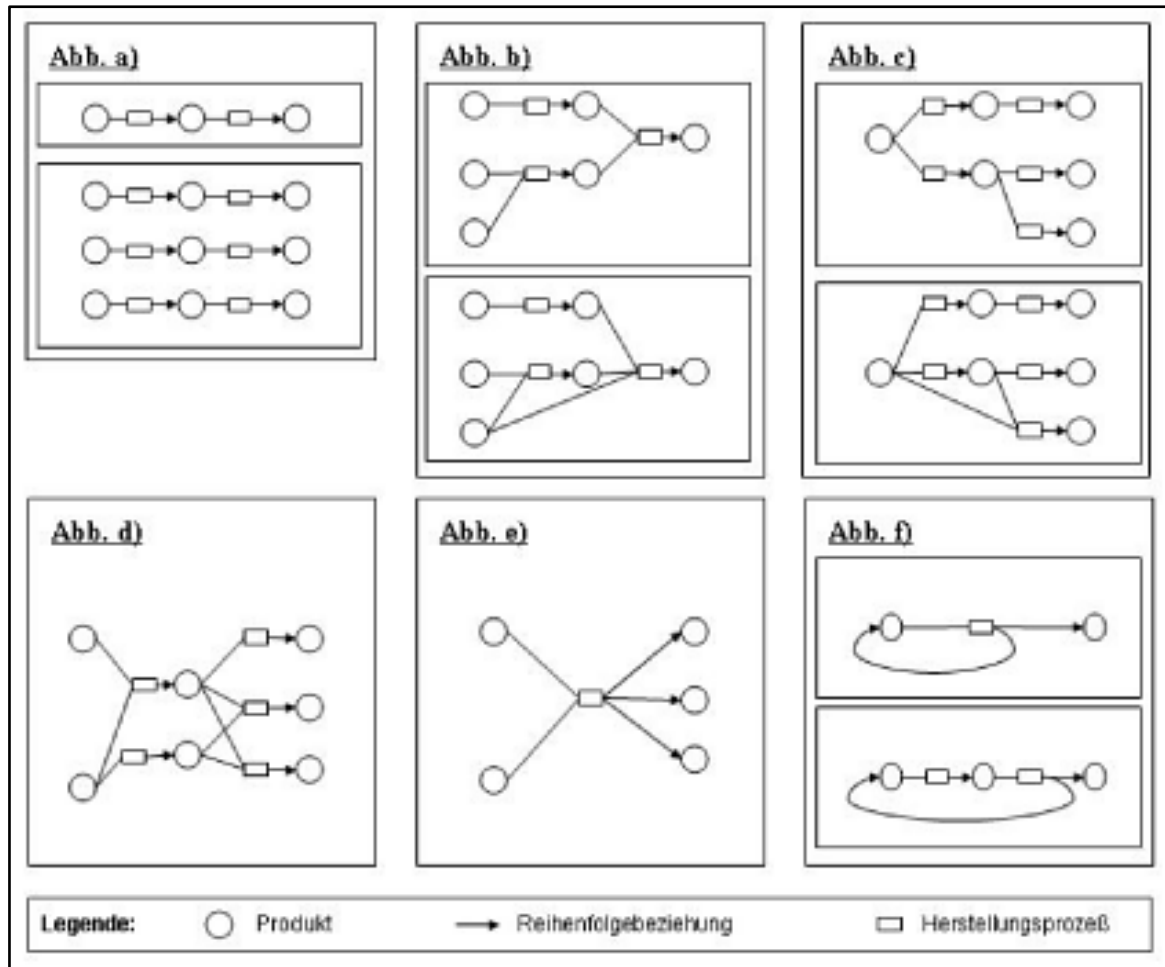


Abbildung 6: Produktionsstrukturen³³

Durchgängige Produktion (Abb. 6, a)

Aus einem Rohstoff wird ein Endprodukt hergestellt. Eine weitere Unterscheidung wird zwischen serieller Produktion bei Herstellung von nur einem Endprodukt und der parallelen Produktion gemacht.

Konvergierende Produktion (Abb. 6, b)

Aus mehreren Rohstoffen wird ein Endprodukt hergestellt.

Divergierende Produktion (Abb. 6, c)

Aus einem Rohstoff werden verschiedene Endprodukte hergestellt.

³² Vgl. (Schoner, 2008), S. 18

³³ Quelle: (Schoner, 2008), S. 19

Allgemeine Netzwerkstruktur (Abb. 6, d)

Ist eine Vermischung der Strukturen a, b und c. Die Strukturen e und f werden als Spezialfälle der allgemeinen Netzwerkstruktur betrachtet und kommen nur in der Prozessindustrie vor.

Umgruppierende Produktion (Abb. 6, e)

Aus n verschiedenen Rohstoffen werden gleichzeitig m verschiedene Endprodukte erzeugt. Der Fall tritt beispielsweise auf, wenn mehrere Nebenprodukte entstehen, so zum Beispiel in der Kokerei oder bei Raffinerien.

Zyklische Produktion (Abb. 6, f)

Ein Nebenprodukt der Produktion fließt wieder in den Herstellungsprozess eines Vorproduktes ein. Eine Unterscheidung wird getroffen zwischen einstufigen und mehrstufigen Zyklen, je nachdem ob das entstandene Nebenprodukt in der gleichen oder in einer anderen Produktionsstufe einfließt.³⁴

Das Rezept

In der Prozessindustrie ändert sich die Beschreibung des Produktionsprozesses. Die klassische, konvergierende Produktionsstruktur bestehend aus Stücklisten und Arbeitsplänen, wie man sie in der Fertigungsindustrie findet, wird erweitert, damit sie für die prozessor-orientierte Produktion besser angewendet werden kann.³⁵ Durch die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den Einsatzmaterialien sowie den Verfahrensbeschreibungen, hat sich in der Prozessindustrie die Beschreibung eines Produktionsprozesses mittels Rezeptur durchgesetzt. Das Rezept (oft Rezeptur) vereint somit die Informationen einer Stückliste und eines Arbeitsplanes in einem Dokument. Es besteht somit aus einer Einsatzstoffliste mit allen nötigen Inputmaterialien, der Verfahrensbeschreibung, der Beschreibung der verwendeten Produktionsanlagen sowie Prozesszeiten und der Beschreibung sonstiger benötigter Ressourcen. Die Beschreibung des Fertigproduktes sowie möglicher Nebenprodukte, Hinweise zur Handhabung von Ressourcen, Reinigungsvorschriften sowie Gefahrenhinweise, sind ebenfalls enthalten.³⁶

Ein Konzept für die prozessor-orientierte Produktionsstruktur (auch Rezept genannt) ist der „Prozesszug“. Weitere Begriffe die nach Schönsleben für den Prozesszug verwen-

³⁴ Vgl. (Schoner, 2008), S. 18 f.

³⁵ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 414

³⁶ Vgl. (Biesenbach, 2007), S. 15 f.

det werden, lauten „prozessor-orientierte Produktionsstruktur“ oder „Produktionsmodell“. In Abbildung 7 findet man eine übersichtliche Darstellung des Konzepts des Prozesszugs. Dieser besteht aus mehreren Prozessphasen. Diese schaffen aus verbrauchbaren Ressourcen – falls nötig – über die Herstellung von Zwischenprodukten, produzierbare Ressourcen, so zum Beispiel Endprodukte.

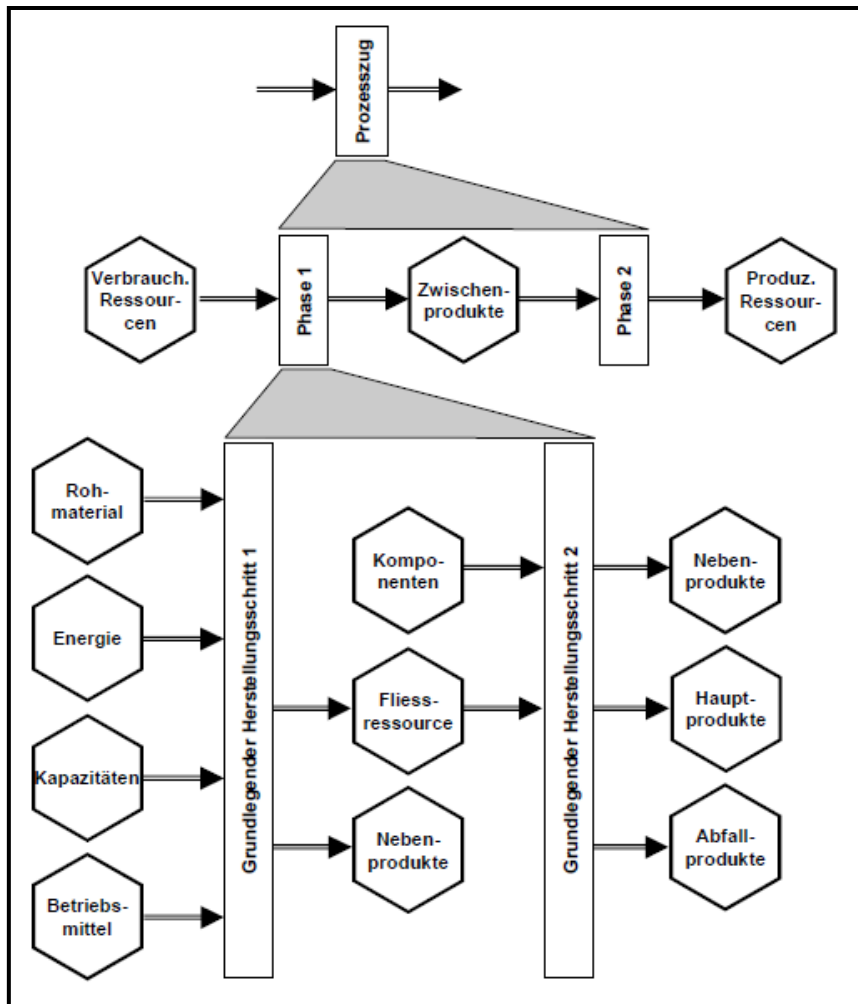


Abbildung 7: Konzept des Prozesszugs³⁷

Eine Prozessphase ist wiederum eine Kombination von aufeinander folgenden Prozesseinheiten. Diese umfassen die Betriebsmittel, die zusammen einen Produktionsschritt wie zum Beispiel „mischen“ ausführen. Verschiedene Ressourcen wie materielle In- und Outputs, Kapazitätsplätze sowie Betriebsmittel werden den Prozesseinheiten zugeordnet.³⁸

³⁷ Quelle: (Schönsleben, 2007), S. 415

³⁸ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 414 ff.

2.1.3 Prozessor-orientierte Ressourcenplanung

Als Planungsobjekt in prozessor-orientierten Konzepten steht die Anlage, der sogenannte Reaktor, im Vordergrund. Die aus technischer Sicht beste Losgröße zur Produktion auf dieser Anlage wird als „Batch“ oder „Charge“ bezeichnet. Somit können Produktionslose wegen der technischen Machbarkeit nur Vielfache einer Produktionscharge sein. Spätere Lagerhaltungsdaten, Abrechnungen oder Chargenverfolgungsinformationen werden auf diese zusammenfassende Gütermenge bezogen.

In der Prozessindustrie finden wir grundsätzlich große Lose, um Rüst- oder Einrichtungskosten möglichst niedrig zu halten. Das können zum Beispiel Reinigungsprozesse nach einem Produktwechsel oder An- und Abfahrvorgänge sein. Weiter werden hohe Auslastungen der Maschinen gefordert, dies führt wiederum dazu, dass Losgrößen aufgerundet und erhöht werden.

Eine „Kampagne“ besteht aus mehreren aufeinander folgenden Chargen des gleichen Artikels. Sie können ohne Rüstvorgänge hintereinander produziert werden.

Eine bestimmte Reihenfolge verschiedener Kampagnen kann zu dem Begriff „Kampagnenzyklus“ zusammengefasst werden. Mit der Kampagnenplanung versucht man optimale Kampagnenzyklen zu erreichen. Die Ausrichtung der Optimierungen kann auf Zielgrößen wie Produktionskosten, Produktionszeit oder Produktionsqualität ausgelegt sein. Außerdem sorgt die Kampagnenplanung für die mengenmäßige Synchronisation entlang der verschiedenen Prozessphasen und versucht somit den Sicherheitsbestand im Zwischenlager zweier Phasen klein zu halten.³⁹

Bei Blömer wird der Einsatz der „Kampagnenfahrweise“ empfohlen, wenn eine längerfristige Bedarfsprognose bekannt ist. Der „Mischbetrieb“ hingegen wird für Fälle ohne Vorhandensein verlässlicher Bedarfsvoraussagen vorgeschlagen.⁴⁰

2.2 Produktionsplanung und- steuerung⁴¹

Bei Dangelmaier wird unter Produktion „die zielgerichtete Aktion der über- und innerbetrieblichen Leistungsherstellung verstanden, wobei der Begriff Leistung sowohl (Sach-) Güter als auch Dienstleistungen umfasst.“⁴²

³⁹ Vgl. (Schönsleben, 2007), S. 419f

⁴⁰ Vgl. (Blömer, 1999), S. 15

⁴¹ Produktionsplanung und- steuerung ... PPS

⁴² Zit. (Dangelmaier, 2009), S. 33

Die Aufgabe der Produktionsplanung und – steuerung wird folgendermaßen definiert: „Gegenstand der PPS-Aufgabe ist die Produktion. Für diesen Leistungserstellungsprozess soll ein definierter Ablauf, also eine bestimmte Folge von Zuständen bzw. Schritten des Leistungserstellungsprozesses, bestimmt werden.“⁴³

Die chemische Produktion bei Hagleitner ist grundsätzlich in der prozessor-orientierten Industrie anzusiedeln. Jedoch liegt hier ein spezieller Fall vor. Der Materialfluss ist anfänglich in der Bulk-Produktion konvergierender Natur; dies bedeutet, dass verschiedene Rohstoffe in einem Reaktor (Mischkessel) zusammengeführt und einem Mischprozess unterzogen werden. Anschließend wird das Fertigprodukt an den Abfüllanlagen in verschiedene Gebindeformen gefüllt. In diesem Bereich divergiert der Materialfluss wieder, da letztendlich mehrere Verkaufsgebilde entstehen.

Da sowohl divergierende als auch konvergierende Elemente in der Erzeugungsstruktur vorkommen, beschreibt der Begriff „allgemeine Netzwerkstruktur“ aus Punkt 2.1.2 die Struktur bei Hagleitner am besten. Somit ist es naheliegend, dass sowohl prozessor-orientierte als auch material-orientierte Konzepte zum Einsatz kommen können.

Die Produktionsplanung kann in die Teilbereiche strategische, taktische und operative Planung gegliedert werden. Aufgabe der strategischen Planung ist die Festlegung der Kapazitäten von Produktionsanlagen sowie die innerbetriebliche Anordnung dieser. Festlegung der Umschlagskapazitäten der Distributionslager sowie der Aufbau der Supply Chain gehören ebenfalls dazu. Hierfür wird die Wertschöpfungskette von Zulieferern über die Produktionsanlagen bis hin zu den Distributionslagern betrachtet.

Die taktische Ebene versucht einen kostenoptimalen Materialfluss im vorliegenden Wertschöpfungsnetzwerk, unter Berücksichtigung von Zeit-, Mengen- und Kapazitätsrestriktionen, zu gestalten. Daraus resultiert der Primärbedarf, die herzustellende Mengen an den einzelnen Produktionsanlagen festlegen.

Aufgabe der operativen Planung ist es, den festgelegten Primärbedarf aus der taktischen Ebene, so in den Produktionsablauf einzuplanen, dass vorgegebene Liefertermine möglichst ohne Verspätung eingehalten werden können.⁴⁴ Eine saubere Trennung der drei Planungsebenen scheint nicht immer möglich zu sein. So findet man im vorlie-

⁴³ Zit. (Dangelmaier, 2009), S. 33

⁴⁴ Vgl. (Trautmann, 2005), S. 1

genden PPS-System eine Überschneidung der operativen mit der taktischen Ebene sowie eine Überschneidung der taktischen mit der strategischen Planungsebene. Der praktische Teil dieser Arbeit behandelt Themen der operativen und taktischen Ebene. Die Auftragsveranlassung (oft auch Auftragsfreigabe) ist die Abgrenzung zwischen der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung. Es ist jedoch nicht möglich einen scharf abgrenzbaren Übergang zu definieren.⁴⁵

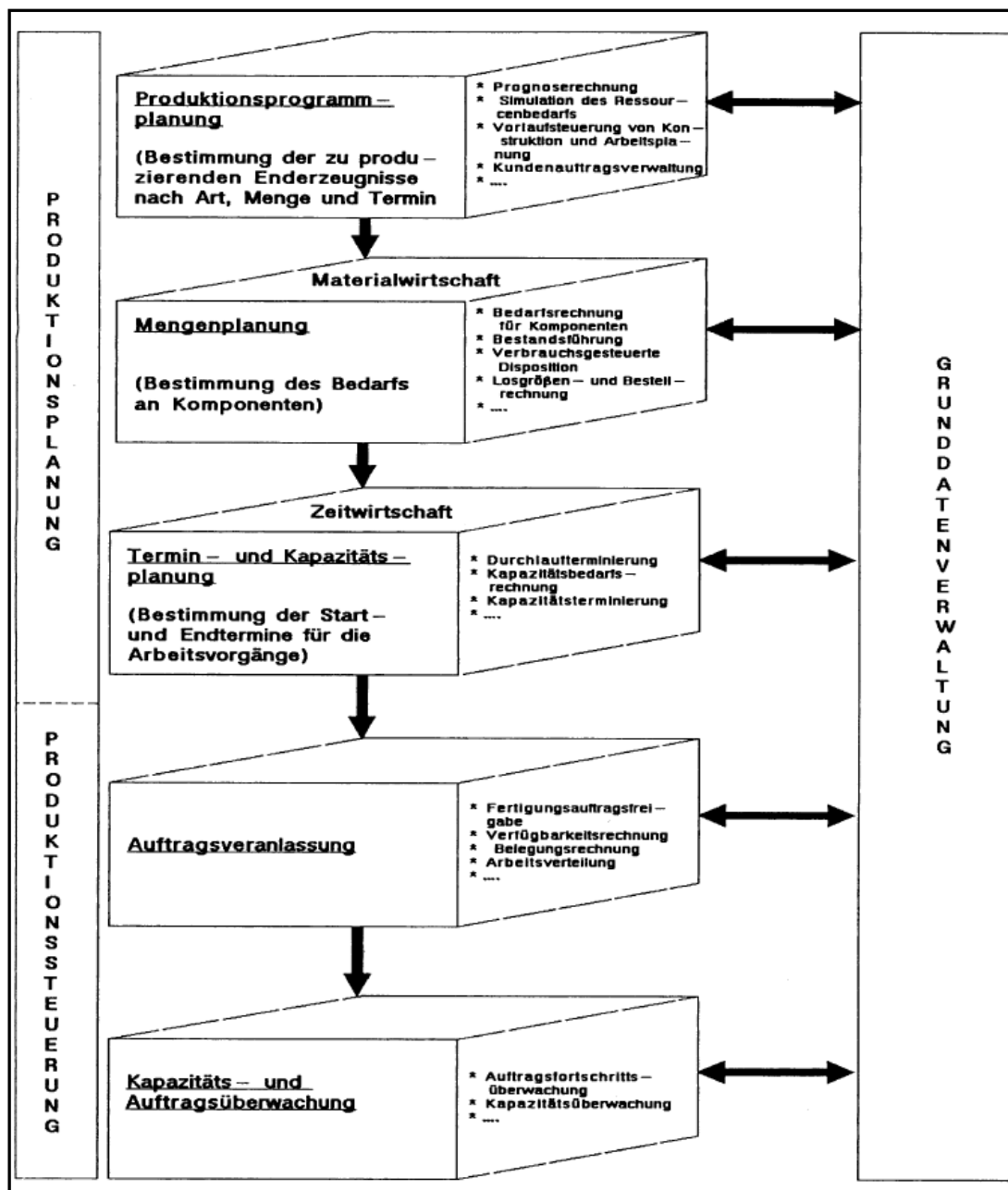


Abbildung 8: Übersicht Produktionsplanung und -steuerung⁴⁶

⁴⁵ Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 16

⁴⁶ Quelle: (Wannenwetsch, 2007), S. 468

In Abbildung 8 ist eine einfache Übersicht über die einzelnen Bereiche der Produktionsplanung und –steuerung nach Wannengewitsch dargestellt. Es lässt sich sehr gut erkennen, dass qualitativ minderwertige Produktionsprogramme sehr weitreichende Konsequenzen haben können. Fehler oder extreme Ungenauigkeiten des Programmes würden sich als fehlerhafte Grundlagen der Mengen- sowie Termin- und Kapazitätsplanung weiter ausbreiten. Schlussendlich würde die Produktionssteuerung Aufträge auf Grund fehlerhafter Daten auslösen. Somit kann sich ein kleiner Fehler im Programm nach dem Prinzip des Bullwhip-Effekts besonders stark auf spätere Planungsebenen auswirken. Eine kurze und bündige Beschreibung des Begriffs Bullwhip-Effekt kann bei Bedarf bei Syska⁴⁷ nachgelesen werden.

Derartige Fehleinschätzungen im Programm können somit zu mangelnder Kapazitätsauslastung und damit verbundenen Stillstandskosten führen. Sollte im Programm ein zu hohes Auftragsvolumen eingeplant worden sein, so führt das zu einem Mangel an Kapazitäten und in weiterer Folge zur Verzögerung oder Nichteinhaltung von Lieferzeiten. Derartige Lieferzeitverzögerungen wirken sich in weiterer Folge auf die Kundenzufriedenheit aus.⁴⁸

Die Planung erfordert die Berücksichtigung verschiedener Restriktionen, die technologischer sowie ablauforganisatorischer Natur sein können. Im Regelfall findet man in der Prozessindustrie zusätzliche Rahmenbedingungen, die in der Fertigungsindustrie nicht auftreten.⁴⁹ Beispiele solcher Restriktionen sind optimale Produktreihenfolgen, Sicherheitsbestimmungen, Berücksichtigung von Kuppel- und Abfallprodukten, minimale und maximale Fassungsvermögen von Behältern und Lagern.⁵⁰ Die zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen bei der Planung im Praxisprojekt werden in Punkt 3.1.4 definiert.

2.2.1 Programmplanung

Die Produktionsprogrammplanung bildet die Basis auf der ein Produktionsablauf geplant wird. Die Erstellung des Produktionsprogramms erfolgt mit Hilfe von Daten aus Verkauf und Vertrieb. Es wird erfasst, welche Mengen, von welchem Produkt, bis zu einem definierten Zeitpunkt gebraucht werden, um daraus ein Produktionsprogramm

⁴⁷ Vgl. (Syska, 2006), S. 34 ff.

⁴⁸ Vgl. , (Westkämper, 2006), S. 182

⁴⁹ Vgl. (Trautmann, 2005), S. 1

⁵⁰ Zit. (Dangelmaier, 2009), S. 30

für die nächsten Perioden abzuleiten.⁵¹ Dieses Programm wird oftmals Primärbedarf oder „Master-Production-Schedule“⁵² genannt.

Dieses umfasst sowohl die geplanten Lageraufträge als auch die vorliegenden und prognostizierten Kundenaufträge.⁵³ Die Begriffe Lager- und Auftragsfertigung bzw. „Make-to-Order“ und „Make-to-Stock“ sind bei Syska⁵⁴ detailliert beschrieben. Abbildung 9 zeigt die Zusammensetzung des Produktionsprogramms und welche Bedarfsverursacher an der Erzeugung des Gesamtvolumens beteiligt sind.

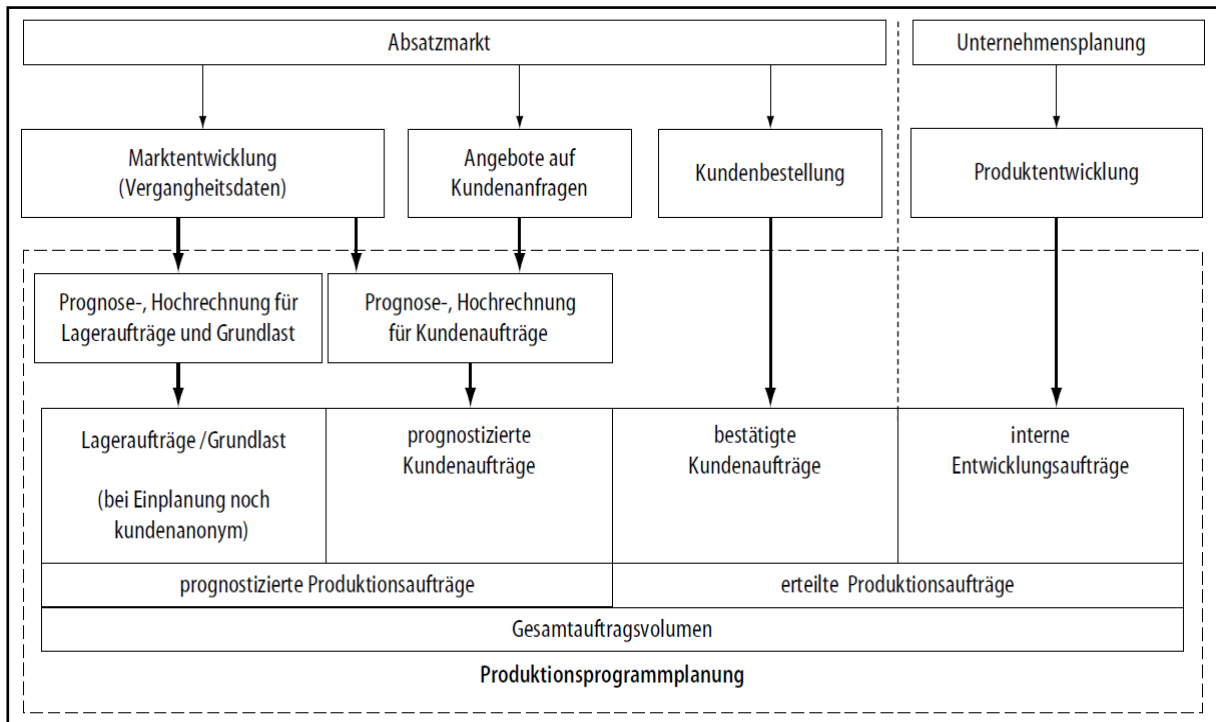


Abbildung 9: Zusammensetzung des Produktionsprogramms⁵⁵

Da aus dem MPS Kapazitäts- und Teilebedarfe errechnet und darauf basierend der weitere Beschaffungsbedarf aufgebaut wird, ist es von größter Bedeutung, die Planungsarbeit qualitativ hochwertig zu gestalten.⁵⁶ Das wird durch eine enge Zusammenarbeit mit der Absatzplanung gewährleistet. Die Absatzplanung verfolgt eine möglichst zuverlässige Prognose künftiger Absatzmengen und Bedarfe, während die

⁵¹ Vgl. (Wannenwetsch, 2007), S. 470

⁵² Master-Production-Schedule ... MPS

⁵³ Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 21

⁵⁴ Vgl. (Syska, 2006), S. 93 f.

⁵⁵ Quelle: (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 327

⁵⁶ Vgl. (Wannenwetsch, 2007), S. 471

Produktionsprogrammplanung eine gleichmäßige Beschäftigung und hohe Kapazitätsauslastungen erreichen soll. Um Gesamtunternehmensziele zu erreichen, müssen beide Planungsbereiche eng zusammenarbeiten.⁵⁷

2.2.2 Mengenplanung

Die Mengenplanung basiert auf den Daten des Produktionsprogramms und ermittelt aus dem MPS den benötigten Sekundärbedarf für die Planperiode. Diese kann programmiert, verbrauchsorientiert oder anhand von Schätzungen erfolgen.⁵⁸ Hierbei können sich Produktionsaufträge für Eigenfertigungsteile oder Beschaffungsaufträge bei Fremdbezugsteilen ergeben. Sollte der Bedarf über mehrere Betrachtungsperioden vorliegen, so kann es Sinn machen, Aufträge zu Losen zusammenzufassen. Durch die Bestimmung geeigneter Losgrößen von Fertigungsaufträgen lassen sich Wirtschaftlichkeitsaspekte der Produktion beeinflussen. Gewählte Losgrößen haben Einfluss auf Rüstkosten, Lagerkosten, Auftragsdurchlaufzeiten sowie Flexibilität und Kapitalbindung. Schlecht gestaltete Losgrößen wirken sich jedoch genau so negativ aus.⁵⁹

Das bekannteste Verfahren zur Losgrößenbestimmung ist die „Andlersche Losgrößenformel“, die auf einer Minimierung der Summe aus Rüst- und Bestandskosten im Lager aufbaut. Diese Formel ist relativ einfach und berücksichtigt Aspekte wie Bestandskosten in der Fertigung nicht. Das klassische Verfahren wurde um den Aspekt der Kapitalbindung während des Produktionsprozesses erweitert.⁶⁰

Aus Abbildung 10 lässt sich erkennen, wo die wesentlichen Unterschiede zwischen der klassischen Formel und ihrer Erweiterung liegt. Die durchlauforientierte Losgrößenbestimmung⁶¹ berücksichtigt Kapitalbindung entlang der gesamten Wertschöpfung in der Produktion und nicht nur im Bereich Lagerung. Somit ergibt sich eine kleinere Losgröße als beim klassischen Verfahren. Durch die kleinere Losgröße wird ein schlankerer Durchlauf der Aufträge möglich, da eine genauere Betrachtung verschiedener Einflussgrößen erfolgt. Teilausschnitt a der Abbildung 10 zeigt die Aufteilung der Kapitalbindung entlang des Wertschöpfungsprozesses, während die Ausschnitte b und c die zwei verschiedenen Formeln darstellen.⁶²

⁵⁷ Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 21

⁵⁸ Vgl. (Wannenwetsch, 2007), S. 472

⁵⁹ Vgl. (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 329

⁶⁰ Vgl. (Lödding, 2008), S. 166 ff

⁶¹ Durchlauforientierte Losgrößenbestimmung ... DOLOS

⁶² Vgl. (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 329

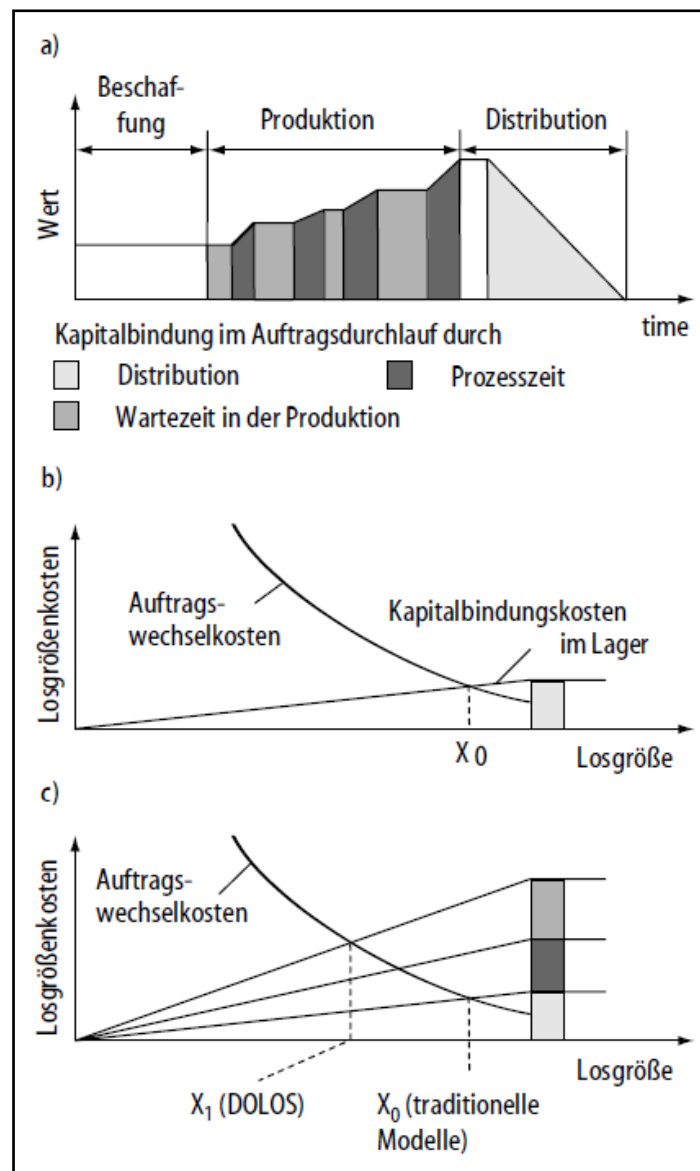


Abbildung 10: Vergleich klassische und durchlauforientierte Losgrößenbildung⁶³

2.2.3 Termin- und Kapazitätsplanung

Die Termin- und Kapazitätsplanung wird im Anschluss an die Mengenplanung durchgeführt und betrachtet den Fluss eines Auftrags durch die Produktion. Hierbei werden Zeitstrukturen und Auslastungen von Kapazitäten berücksichtigt.⁶⁴ Aufgabe der Termin- und Kapazitätsplanung ist es, Informationen zu den Aufträgen aus dem MPS weiter zu verarbeiten. Es werden Daten wie Auftragslisten, Arbeitspläne, Stücklisten sowie Arbeitssystembeschreibungen und Übergangszeiten verwendet um Plan-Starttermine

⁶³ Quelle: (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 329

⁶⁴ Vgl. (Vahrenkamp, 2008), S. 181

und Plan-Fertigstellungstermine zu erstellen. Neben der Terminplanung für den Primärbedarf aus dem MPS müssen vorhandene und benötigte Kapazitäten abgeglichen werden. Die Belastungsprofile der einzelnen Arbeitssysteme werden dazu betrachtet.⁶⁵ Abbildung 11 zeigt die Informationen, die in die Termin- und Kapazitätsplanung einfließen und zu welchen ausgehenden Informationen sie transformiert werden.

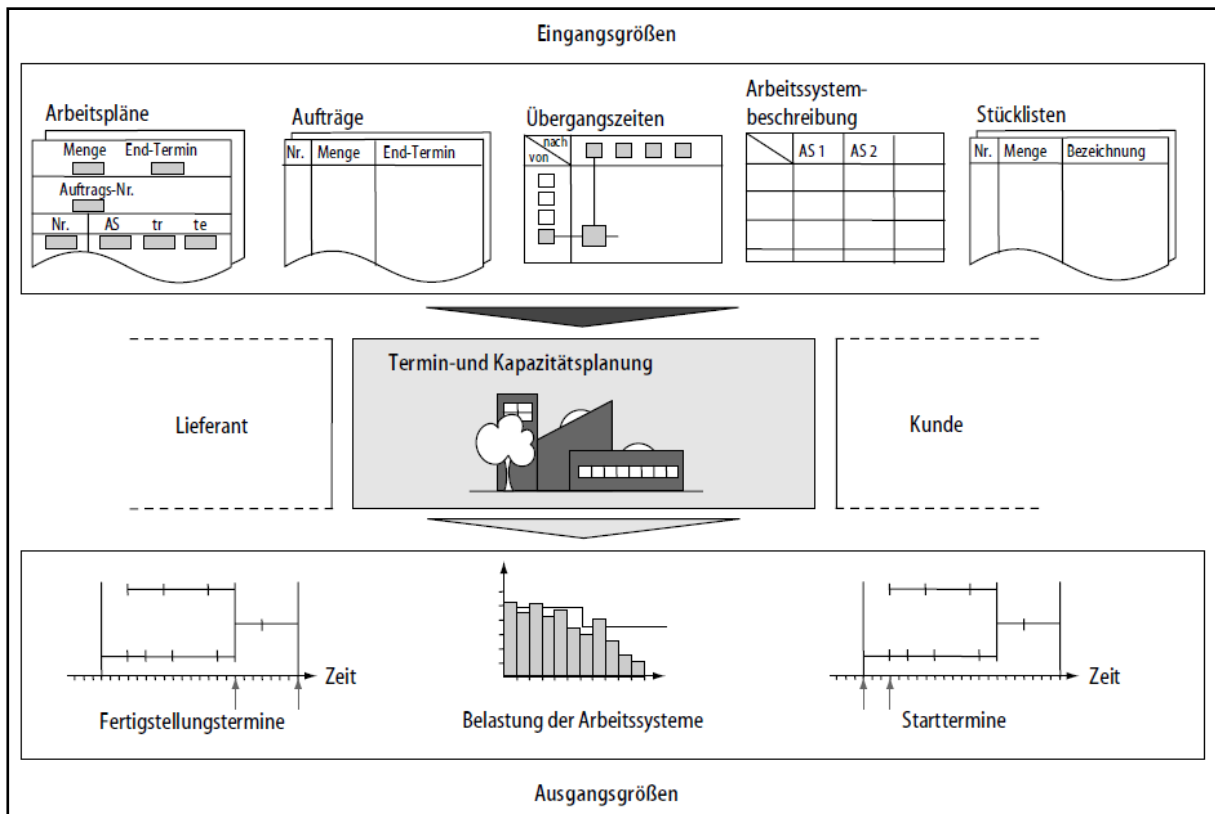


Abbildung 11: Termin- und Kapazitätsplanung⁶⁶

Die Termin- und Kapazitätsplanung lässt sich grundsätzlich in zwei Schritte unterteilen. Diese sind die Durchlauf- und die Kapazitätsterminierung. Nach Vahrenkamp wird dieser Teil der Planung als „Zeitwirtschaft“ bezeichnet.⁶⁷

2.2.3.1 Durchlaufterminierung

Die Aufgabe der Durchlaufterminierung ist es, Aufträge zeitlich in den Produktionsablauf der zu planenden Periode einzutakten und voraussichtliche Start- und Endtermine zu ermitteln. Dabei muss nachstehenden Punkten Beachtung geschenkt werden. Relevante Zeitbezüge für die Planung sind die benötigten Bearbeitungszeiten an den

⁶⁵ Vgl. (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 329 f.

⁶⁶ Quelle: (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 331

⁶⁷ Vgl. (Vahrenkamp, 2008), S. 181

Produktionsanlagen, Rüstzeiten der benötigten Anlagen sowie Liege- und Transportzeiten.⁶⁸

Abbildung 12 gibt eine Übersicht über die Zusammensetzung der Durchlaufzeit eines Auftrages. Diese wird definiert als „Zeitspanne zwischen dem Auslösen eines Fertigungsauftrages und der Übergabe des betreffenden Erzeugnisses an die nächste Bearbeitungsstufe bzw. an ein Lager.“⁶⁹

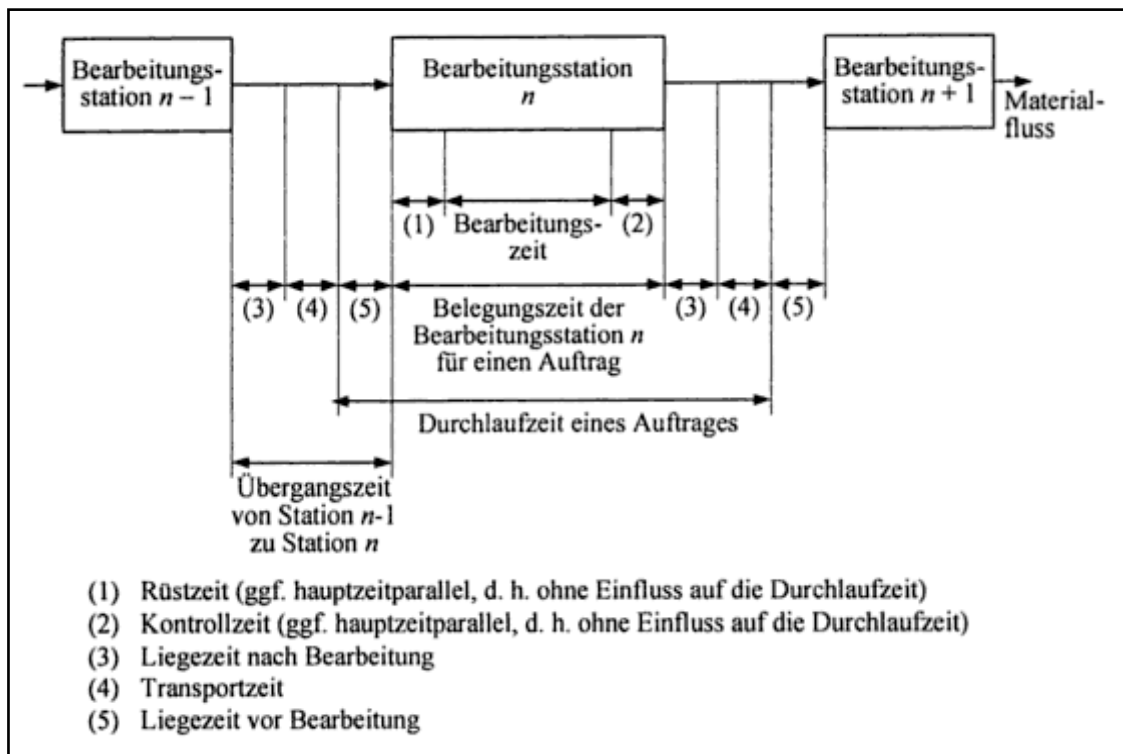


Abbildung 12: Zusammensetzung der Auftragsdurchlaufzeit⁷⁰

Als Vorgehensweise zur Terminierung kommen drei verschiedene Vorgehensweisen zum Einsatz. Die Vorwärts-, Rückwärts- und Mittelpunktterminierung verwenden unterschiedliche Zeitpunkte als Ausgangsbasis.⁷¹

Wird von einem Starttermin ausgehend, der frühestmögliche Endtermin errechnet, so spricht man von „Vorwärtsterminierung“. Die Start- und Endtermine der einzelnen Teilprozesse werden durch Addition der Durchlaufzeiten an den einzelnen Anlagen ermittelt. Diese Art der Terminierung wird beispielsweise angewandt, wenn Eilaufträge zum frühestmöglichen Zeitpunkt gefertigt werden müssen. Auch wenn für Angebote der mögliche Endtermin bestimmt werden soll, eignet sich die Vorwärtsterminierung. Die

⁶⁸ Vgl. (Wannenwetsch, 2007), S. 473

⁶⁹ Zit. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 68

⁷⁰ Quelle: (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 69

⁷¹ Vgl. (Wannenwetsch, 2007), S. 473

„Rückwärtsterminierung“ nimmt als Ausgangsbasis die Endtermine von Aufträgen. Davon ausgehend wird durch Addition der Durchlaufzeiten an den einzelnen Anlagen ein Starttermin ermittelt.⁷² Werden die Vorwärts- und Rückwärtsterminierung als Kombination verwendet spricht man von „Mittelpunktsterminierung“. Als Ausgangspunkt wird hier ein bestehender oder möglicher Engpass betrachtet.⁷³

Vollständigkeitshalber wird an dieser Stelle auf Möglichkeiten zur Reduktion der Durchlaufzeit verwiesen. Diese werden von verschiedenen Autoren in der Literatur aufgearbeitet. Die anwendbaren Maßnahmen „Überlappung“, „Splitting“, „Losteilung“ und „Teilefamilien“ können beispielsweise bei Schneider et al.⁷⁴ oder Wannewetsch⁷⁵ nachgeschlagen werden. Bei Dangelmaier⁷⁶ findet man eine Übersicht, die kurzfristige sowie mittel- und langfristige Maßnahmen darstellt.

2.2.3.2 Kapazitätsterminierung

Die Durchlaufterminierung liefert terminierte Fertigungsaufträge bei denen jedoch nicht berücksichtigt wird, ob die vorhandenen Kapazitäten ausreichen, um die Aufträge auszuführen. Aufgabe der Kapazitätsterminierung ist es, das zu überprüfen und gegebenenfalls auf Kapazitätsengpässe zu reagieren.⁷⁷ Die Belegungszeiten der terminierten Aufträge mit Start- und Endterminen werden in die Belastungskonten oder Diagramme der einzelnen Kapazitätseinheiten eingetragen, um daraus die kapazitive Beanspruchung zu ermitteln und anschließend die Planperiode in Form von Tagen, Schichten oder Wochen zu dimensionieren.⁷⁸

Die Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage der Kapazitäten liefert das Belastungsprofil (auch als Kapazitätsgebirge bezeichnet). Vorher sind jedoch dem theoretisch vorhandenen Kapazitätsangebot Zeiten für nicht vorhersehbare Ausfälle, Rüstvorgänge und Wartungsarbeiten abzuziehen. Angebot und Nachfrage lassen sich mit den folgenden Verfahren abgleichen:

Als „**Kapazitätsausgleich**“ wird der Ansatz bezeichnet, der Kapazitätsspitzen in spätere Kapazitätstäler verlagert. Verlagerungen von Aufträgen in Richtung Gegenwart können dann sinnvoll sein, wenn dadurch Kapazitäten in künftigen Perioden für Eilaufträge

⁷² Vgl. (Dangelmaier & Warnecke, 1997), S. 388 f.

⁷³ Vgl. (Wannewetsch, 2007), S. 473

⁷⁴ Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 70 ff.

⁷⁵ Vgl. (Wannewetsch, 2007), S. 475 ff.

⁷⁶ Vgl. (Dangelmaier & Warnecke, 1997), S. 387

⁷⁷ Vgl. (Vahrenkamp, 2008), S. 185

⁷⁸ Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 73

oder neue Aufträge freigehalten werden können. Sind mehrere Spitzen vorhanden, die nicht alle verschoben werden können, müssen die Aufträge nach ihrer Wichtigkeit – beispielsweise mit einer ABC-Analyse – gewichtet werden. Bei gleicher Gewichtung müssten weitere Kriterien wie Deckungsbeiträge herangezogen werden. Die Vorgehensweise, Voraussetzungen sowie der Nutzen einer ABC-Analyse können bei Schawel⁷⁹ kurz und bündig nachgeschlagen werden.

„**Anpassung der Nachfrage**“ zur Verringerung des Kapazitätsbedarfes bedeutet, dass Aufträge oder Teile von Aufträgen an Fremdfirmen vergeben werden (Auswärtsvergabe). Hierbei wird auch die Möglichkeit geprüft, Liefertermine zu verschieben oder die Aufträge ganz zu stornieren. Fraglich dabei ist die Qualität, die das Fremdunternehmen liefern kann und eine Stornierung von Aufträgen kann sich negativ auf die Kundenbeziehungen auswirken.

Als dritte Möglichkeit kann eine „**Veränderung des Kapazitätsangebotes**“ erfolgen. Dabei kann die Kapazität durch zeitliche, quantitative oder intensitätsmäßige Anpassungen verringert oder erhöht werden. Zeitliche Anpassungen können durch Kurzarbeit oder durch Einführung zusätzlicher Schichten, Überstunden oder Wochenendarbeit erfolgen. Außer- und Inbetriebnahme zusätzlicher Maschinen sowie Entlassen und Einstellen von zusätzlichen Arbeitskräften bedeuten quantitative Anpassungen. Intensitätsmäßige Anpassung kann durch Erhöhung von Produktionsgeschwindigkeiten gewisser Anlagen erreicht werden. Es muss darauf geachtet werden, dass keine Qualitätseinbußen auf Grund erhöhter Produktionsgeschwindigkeit auftreten.⁸⁰

Die Termin- Kapazitätsplanung bildet den Übergang von Produktionsplanung zur Produktionssteuerung. Das Produktionsprogramm richtet sich an wirtschaftliche Unternehmenszielen aus und wird terminlich sowie kapazitiv in Fertigungsaufträge verwandelt. Die Produktionssteuerung hat nun die Aufgabe, die Aufträge an die vorgesehenen Produktionsabschnitte zu übergeben und umzusetzen.⁸¹

2.2.4 Verfahren der Produktionssteuerung

Nach Abschluss der Produktionsplanung ist die Produktionssteuerung zur Durchführung der Produktion erforderlich. Ihre Aufgabe ist es, den Produktionsprozess möglichst effi-

⁷⁹ Vgl. (Schawel & Billing, 2014), S. 10 -14

⁸⁰ Vgl. (Vahrenkamp, 2008), S. 186 f.

⁸¹ Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 73

ziert zu gestalten. Das in der Planung festgelegte Produktionsprogramm muss innerhalb der vorgegebenen Toleranzbereiche für die Parameter Qualität, Zeit und Kosten realisiert werden.⁸²

Das Folgende Zitat beschreibt die Aufgabe der Produktionssteuerung verständlich: „Sie umfasst alle Maßnahmen, die auf das Erreichen des durch die Produktionsplanung gesetzten Produktionszieles gerichtet sind, einschließlich der Wiederherstellung der Planmäßigkeiten bei Planabweichungen (Störungen).“⁸³

Es lassen sich vier Aufgaben für die Fertigungssteuerung definieren. Hierzu gehören die Auftragszerlegung, die auch als Teil der Planung betrachtet wird, die Auftragsfreigabe, die Reihenfolgebildung sowie die Kapazitätssteuerung.⁸⁴ Abbildung 13 zeigt ein Modell der Fertigungssteuerung nach Lödding.

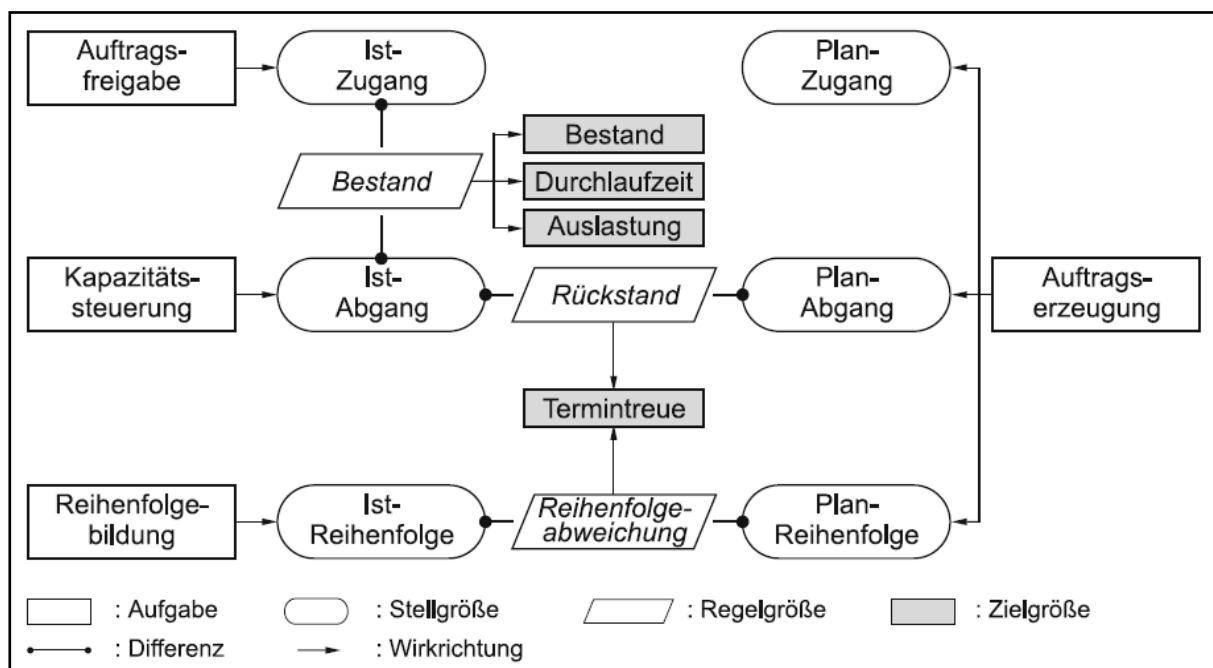


Abbildung 13: Modell der Fertigungssteuerung⁸⁵

Das Modell zeigt Zusammenhänge zwischen den vier Elementen Aufgabe, Stellgröße, Regelgröße und Zielgröße. Die Aufgabe legt die Stellgröße fest. Die Differenz zweier Stellgrößen wird als Regelgröße definiert. Die Regelgrößen bestimmen die logistische Zielgröße.⁸⁶

⁸² Vgl. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 14

⁸³ Zit. (Schneider, Buzacott, & Thomas, 2005), S. 14

⁸⁴ Vgl. (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 333

⁸⁵ Quelle: (Lödding, 2008), S. 7

⁸⁶ Vgl. (Lödding, 2008), S. 7

In Abbildung 13 lässt sich die Schnittstelle zwischen Planung und Steuerung hervorragend erkennen. Auf der rechten Seite steht die Aufgabe Auftragserzeugung. Diese kann sowohl als Teil der Planung als auch der Steuerung gesehen werden und legt die Planwerte von Zugang und Abgang der Fertigung sowie die geplante Reihenfolge fest. Der Auftragserzeugung stehen die Aufgaben Auftragsfreigabe, Kapazitätssteuerung sowie Reihenfolgebildung gegenüber. Diese Aufgaben wirken sich auf die Ist-Stellgrößen aus. So gibt die Auftragsfreigabe den Zeitpunkt und die Reihenfolge für die Freigabe von Aufträgen in der Fertigung vor. Somit legt sie die Stellgröße Ist-Zugang fest. Die Kapazitätssteuerung beeinflusst über die tatsächlich zur Verfügung gestellten Kapazitäten in der Fertigung den Ist-Abgang. Die Reihenfolgebildung bestimmt in welcher Reihenfolge Aufträge an den einzelnen Arbeitssystemen tatsächlich abgearbeitet werden.⁸⁷

Differenzen zweier Stellgrößen ergeben die Regelgrößen Bestand, Rückstand und Termintreue. So ergibt beispielweise eine Differenz zwischen Ist-Zugang und Ist-Abgang den Bestand in der Fertigung. Die Betrachtung erfolgt kumuliert über die Zeit.

In weiterer Folge wirken sich die Regelgrößen direkt auf die logistischen Zielgrößen aus. So bewirkt ein hoher Bestand in der Fertigung eine Erhöhung der Gesamtbestände eines Unternehmens und hat zur Folge, dass Kapital im Umlaufvermögen gebunden ist. Zusätzlich erfordern hohe Bestände zusätzliche Lager- bzw. Stellplätze.⁸⁸

Es ergeben sich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten für das vorliegende Modell. Besonders relevant für die Praxis sind hier folgende Anwendungen. Bei mangelnder Befriedigung der Zielgrößen kann eine Ursachenanalyse gemacht und Maßnahmen eingeleitet werden. Treten beispielweise erhöhte Bestände und Durchlaufzeiten auf, so kann davon ausgegangen werden, dass die Auftragsfreigabe und die Kapazitätssteuerung nur suboptimal auf einander abgestimmt wurden.

In weitere Folge können hier Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet werden. Hierzu zeigt das Modell die Möglichkeit zur Gestaltung einer Fertigungsregelung. Dadurch können die logistischen Zielgrößen besser erreicht werden. So steuert beispielsweise eine Rückstandsregelung die Kapazitäten so, dass Ist- sowie Plan-Abgänge der Fertigung keine Differenzen aufweisen.

⁸⁷ Vgl. (Lödding, 2008), S. 7

⁸⁸ Vgl. (Lödding, 2008), S. 8

Das Modell hilft, das System von Fertigungssteuerung und Planung besser zu verstehen. Es zeigt die geplanten Faktoren, durch die Planung und die tatsächliche erreichten Werte der Fertigungssteuerung. Außerdem erkennt man die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Aufgaben der Fertigungssteuerung und den logistischen Zielgrößen.⁸⁹

In der Literatur findet man eine Vielzahl unterschiedlicher Konzepte, die abhängig von den Rahmenbedingungen einer Unternehmung versuchen die optimale Steuerung einer Fertigung zu erzielen.

2.2.4.1 Push-Prinzip und Pull-Prinzip

Die grundlegende Einteilung der verschiedenen Steuerungsverfahren erfolgt in zwei Gruppen. Die erste Gruppe arbeitet nach dem Push-Prinzip (Bring-Prinzip), während die andere Gruppe auf dem Pull-Prinzip (Hol-Prinzip) basiert.

Die bisher diskutierte Form der Planung und Steuerung ist dem Push-Prinzip zuzuordnen. Sämtliche Produktionssegmente werden von einer zentralen Instanz geplant und durch die Produktion „gedrückt“. Systeme dieser Form werden unter den Begriffen MRP (Material Requirements Planning) und MRP II (Manufacturing Resource Planning) diskutiert.⁹⁰ MRP umfasst die Ermittlung des Primärbedarfs, Erstellung des Produktionsprogramms sowie die Verwaltung von Stücklisten und Arbeitsplänen. MRP II erweitert das MRP-Konzept um die Kapazitätsplanung für Anlagen, Gebäude und Personal.⁹¹ Siehe hierzu die Punkte 2.2.1 bis 2.2.3.

Das Gegenstück hierzu bilden die Verfahren nach dem Pull-Prinzip. Hierbei werden die Aufträge an der letzten Stelle des Produktionsflusses ausgelöst. Diese steuert dann dezentral die vorgelagerte Produktionsstufe. In Abbildung 14 ist die Systematik der beiden Steuerungskonzepte dargestellt und zeigt die unterschiedlichen Funktionsrichtungen von Informations- und Materialflüssen.⁹² In der Praxis findet man in der Regel eine Mischung verschiedener Konzepte, die je nach Anwendungsfall eine bestmögliche Steuerungsvariante bieten sollen.⁹³

⁸⁹ Vgl. (Lödding, 2008), S. 9

⁹⁰ Vgl. (Tempelmeier & Günther, 2012), S. 333

⁹¹ Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 269

⁹² Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 153

⁹³ Vgl. (Dickmann, 2007), S. 103

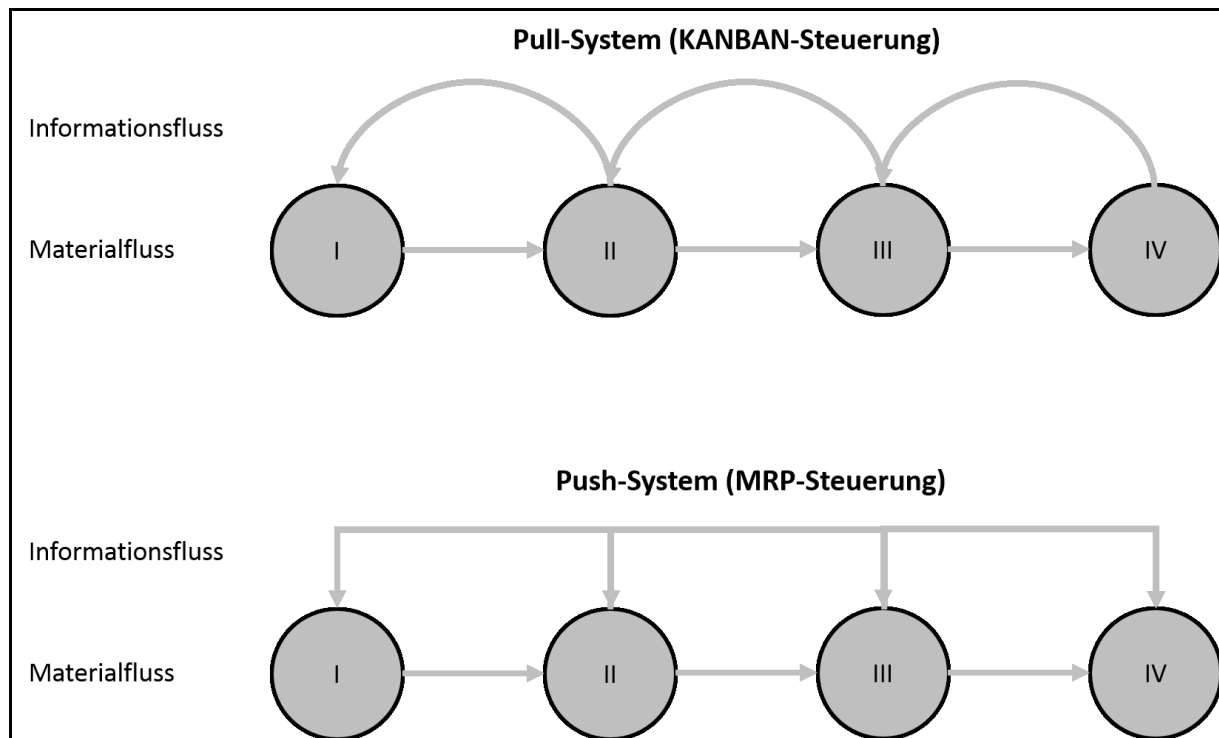


Abbildung 14: Material- und Informationsfluss bei Pull- und Push-Steuerung⁹⁴

Neben den MRP-Konzepten werden weitere Verfahren dem Push-Prinzip zugeordnet, so zum Beispiel Optimized Production Technology (OPT), das Fortschrittszahlenkonzept und die Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA). Das KANBAN- sowie CONWIP-Verfahren gehören zu Vertretern des Pull-Prinzips.

Hier soll gleich auf drei Werke verwiesen werden. Zum Einen finden wir bei Dickmann⁹⁵ eine breite Diskussion verschiedener Steuerungsverfahren mit detaillierterem Bezug auf das bekannte Kanban-Verfahren. Zsifkovits⁹⁶ gibt eine übersichtliche Gegenüberstellung von bekannten Push- und Pull-Systeme wieder und Lödding⁹⁷ bietet eine tiefere Auseinandersetzung mit den einzelnen Verfahren.

Da in vorliegendem Beitrag eine qualitative Auseinandersetzung mit verschiedenen Verfahren nicht möglich ist, wird hier weiter Bezug auf die Kanban-Steuerung genommen. Diese ist von immenser Bedeutung für die spätere Vorgehensweise bei der Reduktion der Planungskomplexität im Praxisprojekt. Der interessierte Leser kann sämtliche Konzepte bei genannten Autoren nachlesen.

⁹⁴ Eigene Darstellung nach (Zsifkovits, 2013), S. 153

⁹⁵ (Dickmann, 2007)

⁹⁶ (Zsifkovits, 2013)

⁹⁷ (Lödding, 2008)

2.2.4.2 Kanban

Kanban ist ein dezentrales Steuerungssystem, das in Japan entwickelt wurde. Es steuert die Fertigung nach dem Pull-Prinzip unter Zuhilfenahme von Kanban-Behältern und Kanban-Karten. Fertigungsaufträge werden zentral an die letzte Produktionsstufe übergeben. Diese steuert in weiterer Folge vorgelagerte Stufen dezentral über Signale – wie zum Beispiel Kanban-Karten – und stößt die Produktion an.⁹⁸

Somit wird von jeder Produktionsstufe nur das gefertigt, was von der nachgelagerten Stufe verbraucht wurde. Dadurch sollen Überbestände vermieden und dennoch hohe Lieferbereitschaft gewährleistet werden. Um einen Überblick für die verschiedenen Möglichkeiten einer Kanban-Steuerung zu bekommen werden im Weiteren vier Varianten vorgestellt.⁹⁹

Ein-Karten-Kanban

Jeder zu produzierenden Variante an einem Arbeitssystem ist eine bestimmte Anzahl an Kanbans zugeordnet. Im Arbeitssystem selbst autorisieren Kanbans die Produktion während sie im Ausgangslager die Produkte identifizieren. In der Regel enthalten die Kanbans Informationen wie das produzierende Arbeitssystem, das Produkt, die Losgröße bzw. den Behälterinhalt und die laufende Nummer des Kanbans. Die laufende Nummer soll Transparenz über die im Umlauf befindlichen Karten geben. Zusätzlich können Barcodes zur Unterstützung der elektronischen Bestandsführung oder Lieferzeiten sowie verbrauchende Arbeitssysteme genannt werden.

Damit die Steuerung funktioniert, müssen folgende Regeln eingehalten werden:

- Die Produktion startet erst, wenn sie durch einen Kanban autorisiert wurde.
- Sind mehrere Kanbans vorhanden, wird ein Kanban mit höchster Priorität gewählt. In der Regel wird das zeitliche Eintreffen zur Priorisierung herangezogen
- Der Mitarbeiter überprüft, ob Material für die Produktion vorhanden ist. Wenn vorhanden, entnimmt er dieses aus dem Eingangslager und führt nach der Entnahme des Materials dessen Kanban dem vorgelagerten Produktionssystem zu und autorisiert somit die Nachproduktion des entnommenen Materials. Sollte kein Material vorhanden sein, wird die Produktion des Kanbans mit nächst höherer Priorität autorisiert. Sollte Material für keines der vorliegenden Kanbans

⁹⁸ Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 161

⁹⁹ Vgl. (Lödding, 2008), S. 178

vorhanden sein, ist die Produktionsstufe blockiert bis Material eintrifft oder ein Kanban eintrifft für dessen Fertigung Material vorhanden ist.

- Sind sowohl Kanban als auch Material vorhanden wird die Produktion gestartet. Nach abgeschlossener Produktion wird die Ware zusammen mit dem Kanban im Ausgangslager deponiert.¹⁰⁰

Zwei-Karten-Kanban

In der Regel liegen bei einem Zwei-Karten-Kanban-System Bestandspuffer sowohl bei Erzeuger als auch beim Verbraucher vor. Dies bietet sich vor allem dann an, wenn eine größere Entfernung zwischen diesen beiden vorliegt. Hierbei sind zwei Varianten von Kanbans vorhanden. Zum einen gibt es den Transport-Kanban, der den Transport von Material aus dem Ausgangslager des Erzeugers zum Eingangslager des Verbrauchers autorisiert. Dann gibt es den Produktions-Kanban, der die Nachproduktion des abtransportierten Materials auslöst. Dieser entspricht dem Ein-Karten-Kanban. Der Transport-Kanban enthält zumindest die Informationen bezüglich Materialbezeichnung, Ausgangs- und Ziellagerort.¹⁰¹

Sicht-Kanban

Dieses System ist sehr einfach zu realisieren und bietet hohe Transparenz. Die erzeugenden und verbrauchenden Systeme bedingen jedoch räumliche Nähe zueinander. Für ein Produkt ist ein gewisser Lagerstand an Losen/Behältern im nachgelagerten System vorgegeben und gekennzeichnet. Sobald für den Mitarbeiter einer Produktionsstufe ein freier Stellplatz für Behälter im nachgelagerten Eingangslager erkennbar wird, gilt seine Produktion als autorisiert und er kann die Produktion starten, wenn ausreichend Material vorhanden ist.¹⁰²

Behälter-Kanban

Hier dient der Transportbehälter gleichzeitig als Informationsträger und pendelt zwischen der erzeugenden und der verbrauchenden Stufe. Somit begrenzt die Anzahl der vorhandenen Behälter den Bestand des Materials. Die erzeugende Produktionsstufe entnimmt Material aus dem Eingangslager aus einem Behälter. Sobald dieser leer

¹⁰⁰ Vgl. (Lödding, 2008), S. 178 ff.

¹⁰¹ Vgl. (Lödding, 2008), S. 182 f.

¹⁰² Vgl. (Lödding, 2008), 183 f.

ist, geht dieser Retour an die vorgelagerte Stufe und löst dort die Nachproduktion des verbrauchten Materials aus.¹⁰³

2.2.4.3 Prinzipien und Voraussetzungen zur Einführung von Kanban

Eine erfolgreiche Einführung von Kanban-Steuerungen baut auf folgenden Prinzipien auf:¹⁰⁴

Ausrichtung am realen Bedarf

Kanban als „ziehende“ Steuerung muss ausschließlich auf den realen Kundenbedarf ausgelegt werden.

Dezentrale Steuerung

Die Auftragseinlastung erfolgt dezentral an jedem Arbeitssystem und nicht länger durch eine zentrale, übergeordnete Einheit.

Vermeidung von Verschwendung

Kanban fokussiert sich auf die Vermeidung von Verschwendung durch Überproduktion, hohe Durchlaufzeiten und hohe Beständen.

Methodenmix

Kanban kann oftmals nicht auf das gesamte Produkt- und Teilespektrum angewendet werden; somit kann es nötig sein, verschiedene Steuerungsmethoden miteinander zu kombinieren.

Kontinuierliche Verbesserung

Alle Kanban-Regelkreise sollten kontinuierlich an sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst werden.

Des Weiteren müssen folgende Voraussetzungen in der Produktionsorganisation erfüllt sein, damit eine erfolgreiche Implementierung von Kanban stattfinden kann:¹⁰⁵

Fließfertigung

Damit eine Produktion nach dem Pull-Prinzip erfolgen kann, muss ein gleichmäßiger Fluss der Teile gewährleistet sein. Das geschieht indem Taktzeiten aufeinander abgestimmt werden.

¹⁰³ Vgl. (Lödding, 2008), S. 184 f.

¹⁰⁴ Vgl. (Dickmann, 2007), S. 185

¹⁰⁵ Vgl. (Dickmann, 2007), S. 185 f.

Reduktion von Losgrößen und Rüstzeiten

Für Kanban-Steuerungen sollten Losgrößen so klein wie möglich gehalten werden. Damit jedoch kleine Losgrößen wirtschaftlich gefertigt werden können, müssen die Rüstzeiten reduziert werden.¹⁰⁶

Geglättete Produktion

Je geringer die Bedarfsschwankungen einer Produktionsstufe sind, desto weniger Sicherheitsbestände sind an der vorgelagerten Stufe nötig. Bei mehrstufig über Kanban verketteten Produktionen muss nur die letzte Stufe – der Schrittmacherprozess – geglättet werden.

Verkürzung und Vereinheitlichung von Transportzyklen

Die Wiederbeschaffungszeit und die Höhe von Beständen hängen direkt zusammen. Somit bewirkt eine Reduktion von Durchlaufzeiten durch Verkürzung der Transportzyklen eine Senkung der Bestände.

Kontinuierliche Produktion

Für die Produktion nach dem Pull-Prinzip gilt die Fließfertigung als eines der Grundprinzipien. Dabei muss gewährleistet sein, dass jede Produktionsstufe kontinuierlich produzieren kann und somit kontinuierliche Abrufe der nachgelagerten Stufe nicht blockiert werden.

Bestimmung der Adressen

Für eine dezentrale Selbststeuerung einer Produktionsstufe durch den Mitarbeiter muss dieser die Kunden-Lieferanten-Beziehung verstehen und definierte Orte, Mengen und Termine kennen.

Konsequentes Behältermanagement

Um die Struktur einer Kanban-Steuerung möglichst einfach zu gestalten, wird jedem Behälter nur eine Sachnummer zugeordnet. Des Weiteren sind die Behälter möglichst klein zu halten, um Transparenz über die Anzahl enthaltener Teile zu bieten.

Des Weiteren gehört angemerkt, dass eine schlechte Qualität der Vorprodukte sowie eine niedrige Liefertreue von Lieferanten bereits am Anfang der Wertschöpfungskette

¹⁰⁶ Die Reduktion von Rüstzeiten wird in der Literatur von zahlreichen Autoren unter dem Begriff „SMED Single Minute Exchange of Dies“ diskutiert. An dieser Stelle wird speziell auf das Werk von Raymond C. Floyd verwiesen. Er greift die Methodik auf und untermauert diese mit verschiedenen Fallstudien. Des Weiteren geht er auf die Besonderheiten der Prozessindustrie ein und wie sich diese auf das SMED-Konzept auswirken, vgl. (Floyd, 2010), Kapitel 4

zu Unregelmäßigkeiten im Produktionsfluss führen und somit höhere Bestände der Kanban-Regelkreise nötig sind.

2.2.4.4 Prioritätsregelverfahren

Die Priorisierung von eingetroffenen Aufträgen kann auf verschiedene Arten erfolgen. Das Prioritätsregelverfahren ist im Gegensatz zu mathematisch-analytischen Verfahren – wie lineare Programmierung – ein heuristisches Verfahren. Das bedeutet, es werden keine exakten Lösungen sondern nur Näherungslösungen eingesetzt. Da diese jedoch in der Praxis oft mehr als ausreichend sind, wird auf exakte Verfahren verzichtet, da diese mit hoher Komplexität und enormen Rechen- und Speicheraufwand verbunden sind. Folgende heuristische Entscheidungsregeln können zum Einsatz kommen:¹⁰⁷

KOZ (kürzeste Operationszeit)

Der Auftrag mit der kürzesten Operationszeit bekommt die höchste Priorität.

LOZ (längste Operationszeit)

Der Auftrag mit der längsten Operationszeit bekommt die höchste Priorität.

FCFS (first come first served)

Der erste eingetroffene Auftrag bekommt die höchste Priorität.

FLT/FFT (frühester Liefertermin/Fertigstellungstermin)

Der Auftrag mit dem frühesten Liefertermin bekommt die höchste Priorität.

GSZ (geringste Schlupfzeit)

Der Auftrag mit der geringsten Schlupfzeit bekommt die höchste Priorität (Schlupfzeit = Zeitdifferenz zwischen Restzeit bis zum Liefertermin und Restproduktionszeit).

HWE/HWZ (höchster Wert des End-/Zwischenproduktes)

Der Auftrag mit dem höchsten Wert bekommt die höchste Priorität.

2.3 Überblick IT-Systeme

In der betrieblichen Praxis wird die Planung, Steuerung und Durchführung von Geschäftsprozessen durch computergestützte Informations- und Planungssysteme unterstützt.¹⁰⁸ Ein treffender Überblick über verwendete Informations- und Planungssysteme

¹⁰⁷ Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 149 f.

¹⁰⁸ Vgl. (Tempelmeier & Günther, 2012), S. 331

in Unternehmen wird bei Zsifkovits gegeben. Er klassifiziert die Systeme nach ihrem Objektbezug und erhält somit folgende Gruppen:¹⁰⁹

- **„Product Lifecycle Management (PLM)“-Systeme** unterstützen Prozesse von der Produktplanungs- und Entwicklungsphase bis hin zum Lebenszyklusende eines Produktes.
- **„Customer Relationship Management (CRM)“** dient der systematischen Gestaltung von Kundenbeziehungs-Prozessen und der konsequenten Ausrichtung auf die Kunden.
- Die Aufgabe der Ressourcenplanung (Kapital, Betriebsmittel und Personal) in allen Bereichen eines Unternehmens wird unterstützt durch **„Enterprise Resource Planning (ERP)“-Systeme**.
- **„Supply Chain Management (SCM)“- Systeme** bauen auf ERP-Systemen auf und integrieren weitere Systeme, so zum Beispiel eine effiziente Transportplanung oder Bestandplanung.
- In die Gruppe „Fertigungsautomation und -steuerung“ gehören **Prozessleitsystem und Manufacturing Execution Systems (MES)**. Hierbei handelt es sich um IT-Systeme, die Schnittstellen zu Maschinen haben und die Disposition und Steuerung dieser ermöglichen.

Für die Produktionsplanung im Unternehmen Hagleitner kommen Microsoft Dynamic NAV (ERP) und aXproduction (MES) zum Einsatz. Somit werden diese beiden Systeme näher betrachtet.

Basierend auf der Problematik von funktionalen Insellösungen haben sich ERP-Systeme entwickelt. Basis bildet eine zentralisierte Stammdaten- sowie Dokumentenverwaltung die die Bereiche Materialwirtschaft, Produktion, Finanz- und Rechnungswesen, Controlling, Personalmanagement, Forschung und Entwicklung, sowie Verkauf und Marketing verknüpft. Somit bieten ERP-Systeme eine prozessorientierte Sicht auf abteilungsübergreifende Geschäftsprozesse. Als Einschränkungen von ERP werden die fehlende Betrachtung von Kapazitäten sowie die Konzentration auf das einzelne Unternehmen genannt, wodurch suboptimale Entscheidungen für die gesamte Lieferkette entstehen können. Diese können sich im Bullwhip-Effekt bemerkbar machen.¹¹⁰ Advanced

¹⁰⁹ Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 267 f.

¹¹⁰Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 268 ff.

Planning and Scheduling (APS) bezeichnet eine Gruppe von Softwaresystemen, die die Einschränkungen der ERP-Systeme lösen sollen. Näheres zu APS-Systemen kann bei Zsifkovits¹¹¹ sowie Günther & Tempelmeier¹¹² nachgeschlagen werden.

MES-Systeme (oftmals als Produktionsleitsysteme bezeichnet) haben im Vergleich zu ERP-Systemen eine direkte Anbindung an die Systeme der Prozessautomatisierung. Sie ermöglichen eine Lenkung, Steuerung und Kontrolle der Produktion in Echtzeit. Neben Funktionen wie klassischer Datenerfassung kommen Betriebsdatenerfassung (BDE), Maschinendatenerfassung (MDE) und Personaldatenerfassung zum Einsatz.¹¹³ Die Nähe dieser Systeme zum Produktionsprozess ermöglicht eine sehr zeitnahe Erfassung, Analyse und Beeinflussung relevanter Parameter. Somit wird eine Datenbasis geschaffen die den Produktionsprozess sehr genau abbildet und somit die Basis für Optimierungen bieten kann.¹¹⁴

2.4 5S/6S – Konzept

Bei Hitoshi Takeda wird das Werk als Schaufenster eines Unternehmens bezeichnet. Wirklich wichtige Geschäftsbeziehungen werden sich nicht nur über die Verkaufsabteilung sondern über das Gesamtunternehmen entwickeln. Der Kunde wird oftmals vor Abschluss einer wichtigen Geschäftsbeziehung das Werk besuchen wollen. Das Niveau an Ordnung und Sauberkeit wird in Zusammenhang mit angebotener Qualität und Zuverlässigkeit in Verbindung gebracht werden. Damit die Konkurrenz nicht einen höheren Level an Sauberkeit und Ordnung präsentieren kann, versucht man mit Hilfe von Ordnungs-Konzepten besser zu sein als jegliche Konkurrenz.¹¹⁵

Hier kommt das aus Japan stammende 5S-Konzept zum Einsatz. Dabei handelt es sich um eine systematische Vorgehensweise zur Schaffung von Ordnung und Sauberkeit am eigenen Arbeitsplatz und in weiterer Folge im gesamten Unternehmen. Der Arbeitsplatz ist der Ort, wo die eigentliche Wertschöpfung stattfindet. Dem Mitarbeiter wird die Verantwortung für den Zustand seines Arbeitsplatzes übertragen. Die folgenden fünf Schritte sollen dabei helfen.

¹¹¹ Vg. (Zsifkovits, 2013), S. 271 ff.

¹¹² Vgl. (Tempelmeier & Günther, 2012), S. 359 ff.

¹¹³ Vgl. (Zsifkovits, 2013), S. 274

¹¹⁴ Vgl. (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 343

¹¹⁵ Vgl. (Takeda, Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen, 2007), S. 16

Schritt 1: Seiri – Ordnung schaffen

Notwendiges von Nichtnotwendigem trennen und alles Nichtnotwendige vom Arbeitsplatz entfernen. Nur für den Produktionsprozess benötigte Ressourcen (z. B. Werkzeug) dürfen sich am Arbeitsplatz befinden.

Schritt 2: Seiton – jeder Gegenstand befindet sich am richtigen Platz

Es gibt keine Verzögerungen/Unterbrechungen des Produktionsflusses durch unnötige Suchvorgänge, da alle am Arbeitsplatz befindlichen Gegenstände griffbereit aufbewahrt werden.

Schritt 3: Seiso – Sauberkeit

Den Arbeitsplatz sauber zu halten, sollte durch Befolgen der Schritte eins und zwei möglich sein. Alles was nicht zum Produktionsprozess gehört, hat nichts am Arbeitsplatz verloren.

Schritt 4: Seiketsu – Ordnung erhalten

Die Mitarbeiter sollen Sauberkeit in sich verinnerlichen. Somit fällt es leichter den geordneten und sauberen Zustand kontinuierlich zu erhalten.

Schritt 5: Shitsuke – Disziplin

Die Vorschriften am Arbeitsplatz müssen eingehalten werden. Klare Vorgaben und Arbeitsanweisungen helfen, einen reibungslosen Prozessablauf zu gestalten und somit Zeit und Kosten zu sparen.¹¹⁶

Takeda erweitert das ganze 5S-Konzept um ein weiteres S. Er führt den Punkt SHUKAN ein. Das bedeutet so viel wie Gewöhnung und hat zum Ziel, das Erlernte durch Wiederholung zu verinnerlichen und zu einer Selbstverständlichkeit zu machen. Somit wird aus dem 5S-Konzept das 6S-Konzept.¹¹⁷ Dieses Konzept wird als eine Grundlage betrachtet, die sich über sämtliche Hierarchiestufen erstreckt. Durch Einhaltung der „6S“ und der Gestaltung des Arbeitsplatzes nach diesen Prinzipien wird die Sicherheit am Arbeitsplatz erhöht, die Qualität verbessert und die Produktivität gesteigert.¹¹⁸

¹¹⁶ Vgl. (Syska, 2006), S. 16 f.

¹¹⁷ Vgl. (Takeda, Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen, 2007), S. 27 f.

¹¹⁸ Vgl. (Takeda, Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen, 2007) S. 16 f.

3 Praxisteil

Der Aufbau des Praxisteils sieht folgendermaßen aus. Die Zielstellung des Praxisprojektes wurde in der Einleitung in Punkt 1.3 genau spezifiziert. Es wurde ein Projektzeitrahmen vorgestellt, der als organisatorisches Hilfsmittel fungieren soll, jedoch keine vertragliche Relevanz bezüglich Fertigstellungsterminen hat.

In folgendem Abschnitt wird der IST-Zustand der Planung erfasst und die beobachteten Probleme zusammengetragen. Anschließend wird daraus ein gewünschter SOLL-Zustand abgeleitet und die Maßnahmen zur Erreichung werden definiert. Die nötigen Verbesserungsmaßnahmen sowie die konkrete Umsetzung in der Produktion werden detailliert herausgearbeitet. Abschließend findet man eine Zusammenfassung der Resultate und einen Ausblick für zukünftige Entwicklungen und Nutzung des neu erworbenen Wissens.

3.1 Aufnahme IST-Situation

Die Aufnahme der IST-Situation ist innerhalb der ersten vier Projektwochen erfolgt. Die Erfassung von Daten und Arbeitsabläufen wurde durch intensive Beobachtungen der Planungsabläufe ermöglicht. Im gleichen Zuge wurde die Produktion von der Personalstruktur bis hin zu einzelnen Maschinen und deren Leistungen kennengelernt.

Wie bereits in der Einleitung erklärt, ist die Produktion bei Hagleitner ein zweistufiges Verfahren. Es liegt eine sogenannte „Make&Pack“-Produktion vor. Auf Stufe eins wird das Produkt hergestellt und anschließend auf der zweiten Stufe abgefüllt und verpackt. Diese Trennung wird für die vorliegende Arbeit beibehalten. Zuerst wird die Produktion und anschließend die Abfüllung beschrieben.

3.1.1 Bulk-Produktion

Die Produktion der chemischen Flüssigprodukte wird firmenintern als „Bulk-Produktion“ bezeichnet. Bei Schönsleben findet man die Begriffe „Batch-Produktion“ und „Chargen-Produktion“ als Synonym. Abhängig vom herzustellenden Endprodukt kann dieses oftmals durch das physikalische Grundverfahren „Mischen“ erfolgen. Bei anderen Produkten kommen weitere chemische Reaktionen, wie die „Verseifung“ vor.

In Punkt 2.1 in Tabelle 1 findet man eine Übersicht über weitere Grundverfahren der Prozessindustrie und denen gegenübergestellt die wichtigsten Verfahren der Fertigungsindustrie.

Aus verschiedenen Rohstoffen werden verschiedene Chemieprodukte hergestellt. Die Produktionsstruktur kann somit der allgemeinen Netzwerkstruktur zugeordnet werden. Die Beschreibung der allgemeinen Struktur sowie weiterer Produktionsstrukturen lassen sich unter Punkt 2.1.2 lesen.

3.1.1.1 Produktionsanlagen

In acht Mischkesseln werden 36 Hauptrohstoffe und ca. 400 Nebenrohstoffe zu Fertigprodukten verarbeitet. Die einzelnen Kessel haben verschiedene Fassungsvermögen, die von 2,5 m³ bis hin zu 10 m³ reichen. Produktionsmengen kleiner 1300 kg werden auf der Mischeranlage „MI_206“ produziert. Bei MI_206 handelt es sich nicht um einen fest montierten Kessel, sondern um ein Rührwerk, mit Bodenwaage und Dosieranlage. Das bedeutet, dass in jedem offenen Behälter eine Produktion erfolgen kann. Im vorliegenden Beispiel werden vorwiegend mobile Kessel und IBCs¹¹⁹ verwendet.

Grundsätzlich können in jedem Kessel verschiedene Produkte hergestellt werden. Dennoch ist die technische Beschaffenheit der einzelnen Kessel unterschiedlich. Gewisse Kessel haben lediglich Rührwerke, um den Mischvorgang auszuführen, während andere mit Kühl- und Heizfunktion ausgestattet sind, um chemische Reaktionen zwischen Rohstoffen zu ermöglichen oder zu erleichtern. Andere Kessel sind wiederum so ausgerüstet, dass sie den „Ex-Schutz“-Vorgaben¹²⁰ entsprechen und somit Produkte mit Gefahrenstoffen (z.B. Alkohole¹²¹) herstellen können. Ein weiterer Kessel, der ausschließlich aus Kunststoff besteht, ist speziell für die Herstellung von Produkten ausgelegt, die Salzsäure enthalten. Der letzte Kessel gehört zur sogenannten „Solid“-Anlage. Da hier jedoch die Abfüllung und die Bulk-Herstellung starr gekoppelt sind, wird dieser Produktionsbereich nur vollständigheitshalber erwähnt und ist nicht für weitere Betrachtungen in dieser Arbeit relevant. Siehe hierzu „Monoanlagen“ und „Mehrproduktanlagen“ in Punkt 2.1.1.

¹¹⁹ IBC ... Intermediate Bulk Container

¹²⁰ Zum Thema Explosionsschutz kann beispielsweise auf die Broschüre „Grundlagen Explosionsschutz“ von BARTEC zurückgegriffen werden, vgl. (BARTEC, 2012)

¹²¹ hier Ethanol, n-Propanol und Isopropylalkohol

Ein großer Teil der Mischkessel verfügt über einen Pufferbehälter. Eine Definition der Aufgabe von Puffern lautet folgendermaßen: „Die Puffer sorgen für eine partielle Entkopplung der Stationen, so dass schwankende Bearbeitungszeiten oder kurze Störungen an einer Station nicht zwangsläufig zum Stillstand der anderen Stationen führen.¹²² In vorliegendem Fall können die Puffertanks noch weitere Aufgaben übernehmen. Entsteht beispielsweise bei der Herstellung eines Produktes Wärme auf Grund exothermer Reaktionen¹²³ und der Kessel hat keine integrierte Kühlfunktion, so kann das Produkt in einem Puffertank abkühlen bevor es der Abfüllung zugeführt wird.

Des Weiteren ist die Lagerung der Rohstoffe wichtig, um ein Gesamtbild der Produktion zu erhalten. Für Rohstoffe die dem Produktionsprozess automatisch zugeführt werden, erfolgt die Lagerung entweder im Großtanklager oder im Containerlager. Beide Lagerbereiche verfügen über einen speziell abgetrennten Ex-Bereich für die Lagerung der Gefahrenstoffe. Weitere Rohstoffe werden in IBCs, Säcken, Fässern oder Kanistern angeliefert. Diese Rohstoffe werden dem Herstellungsprozess per Handzugabe zugeführt.

Aus Tabelle 2 lassen sich die wichtigsten Merkmale der einzelnen Mischkessel und den dazugehörigen Puffertanks ablesen.

Kessel	Volumen (l)	Kühlen/Heizen	EX	Puffer	Volumen (l)	Rührwerk
201	10.000	Nein	Nein	P115	15.000	Nein
202	5.000	Ja	Nein	P320	5.500	Ja
203	2.500	Ja	Nein	P330	5.500	Ja
204	5.000	Nein	Ja	P340	5.500	Ja
205	2.500	Nein	Ja	P350	5.500	Ja
206	1.300	Nein	Nein			
				P230	5.000	Nein
				P231	5.000	Nein
				P232	10.000	Nein
K-Forte	2.500	nein	Nein			
Solid	300	Heizen	Nein			

Tabelle 2: Übersicht Produktionskessel und Puffer

¹²² Zit. (Arnold, Kuhn, Isermann, Tempelmeier, & Furmans, 2008), S. 114

¹²³ Eine Reaktion, die Energie an die Umgebung abgibt, wird als exotherme Reaktion bezeichnet. Vgl. (Vinke, Marbach, & Vinke, 2013), S. 100

3.1.1.2 Produktionsablauf

Der Produktionsablauf wird beginnend mit dem Zeitpunkt betrachtet bei dem ein Produktionsauftrag vorliegt. Wie der Produktionsauftrag erzeugt und ausgelöst wird, wird im Punkt 3.1.4 „Planung Chemieproduktion“ besprochen.

Sobald ein Produktionsauftrag vorliegt, startet der Bulk-Produzent mit Hilfe der Software „aXproduction“¹²⁴ den Herstellungsprozess. Dieser erfolgt in einem Mischkessel der im Vorhinein von der Feinplanung zugewiesen wurde. Die Herstellung gewisser Produkte erfolgt vollautomatisch. Die Steuerungssoftware leitet die Mischvorgänge selbständig ein und dosiert laut Rezeptur vollautomatisch die benötigten Rohstoffe dazu. Andere Produkte benötigen wiederum manuelle Handzugaben. Diese werden vom System vorgegeben und vom Produzenten ausgeführt.

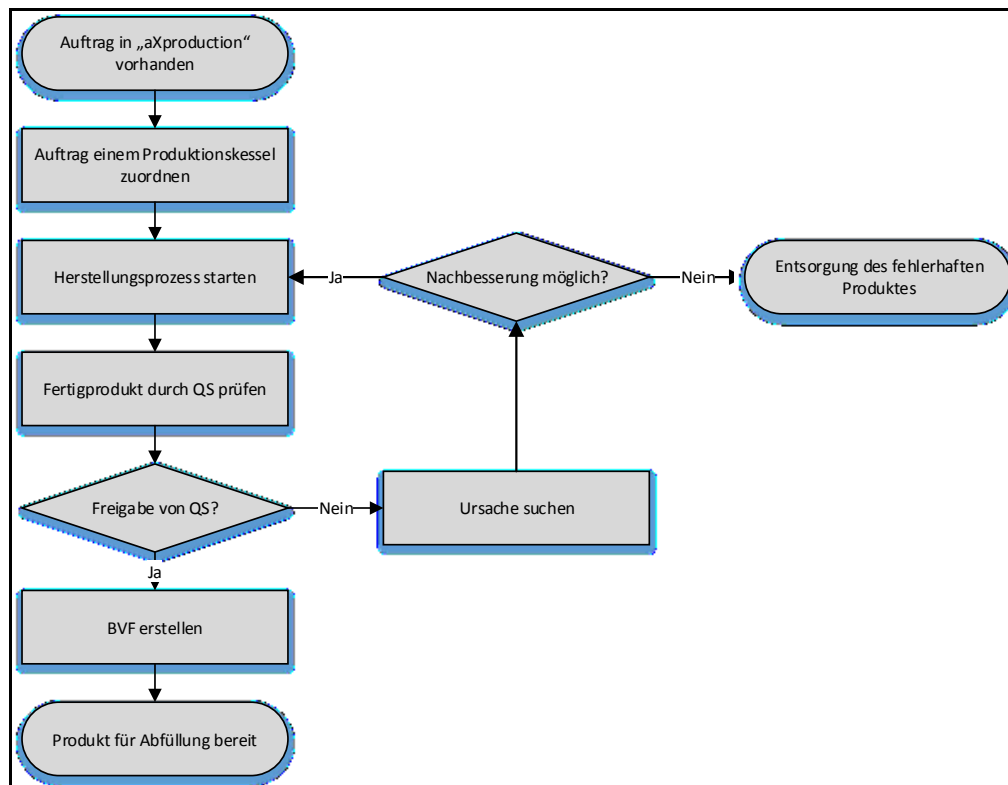
Die Rezeptur enthält sämtliche Informationen zu den benötigten Einsatzstoffen, sowie die Verfahrensbeschreibung mit Informationen zu den Anlagen und den Prozesszeiten. Die Rezeptur wurde in Punkt 2.1.2 in theoretischer Form besprochen.

Nach Beenden des Herstellvorgangs wird eine QS-Prüfung¹²⁵ durchgeführt. Hierbei werden beispielsweise Parameter wie der pH-Wert, die Dichte und die Viskosität gemessen. Sollten alle Parameter in den Toleranzbereichen liegen, wird eine Freigabe erteilt und ein Bulkverfolgungsformular¹²⁶ erstellt. Das Produkt steht ab diesem Moment für die Abfüllung bereit. Das Flussdiagramm in Abbildung 15 zeigt einen schematischen Ablauf der Bulk-Produktion.

¹²⁴ „aXproduction“ ist ein MES-System. Siehe hierzu Punkt 2.3. Wir weiter auch als „aX“ bezeichnet.

¹²⁵ Prüfung chemischer Parameter nach Vorgaben der Qualitätssicherung

¹²⁶ Bulkverfolgungsformular ... BVF

Abbildung 15: Bulk-Produktion¹²⁷

3.1.2 Abfüllung

Nach Abschluss des Herstellungsprozesses kann das Produkt direkt aus dem Mischkessel an verschiedenen Anlagen abgefüllt werden oder es wird im dazugehörigen Puffer zwischengelagert und zu einem späteren Zeitpunkt der Abfüllung bereitgestellt.

Die verschiedenen Abfüllanlagen sind grundsätzlich mit jeweils zwei Mitarbeitern besetzt, einem Maschinenführer und einem Produktionshelfer. Zum Starten einer Abfüllung, benötigt das Abfüllpersonal neben dem Produkt einen Fertigungsauftrag und das dazugehörige Bulkverfolgungsformular. Da auf den Abfülllinien die Produkte in verschiedene Gebinde abgefüllt werden können, muss die Maschine laut Fertigungsauftrag gerüstet werden. Die passenden Abfüllgebände, sowie dazu passende Verschlüsse und in weiterer Folge Etiketten und Kartons müssen an den Anlagen bereitgestellt werden.

¹²⁷ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

Die Gebinde reichen von 50 ml bis 1000 ml Flaschen, „vacuumBAGs“¹²⁸ der Größe 300 bis 1050 ml bis hin zu Kanistern und Fässern mit einem Fassungsvermögen von 5 bis 60 Liter. Das fertig abgefüllte Produkt wird etikettiert und teilweise in Überkartons verpackt, anschließend händisch palettiert oder dem Palettierroboter zugeführt. Abbildung 16 zeigt die Schritte, die nötig sind, um ein Produkt vollständig abzufüllen.

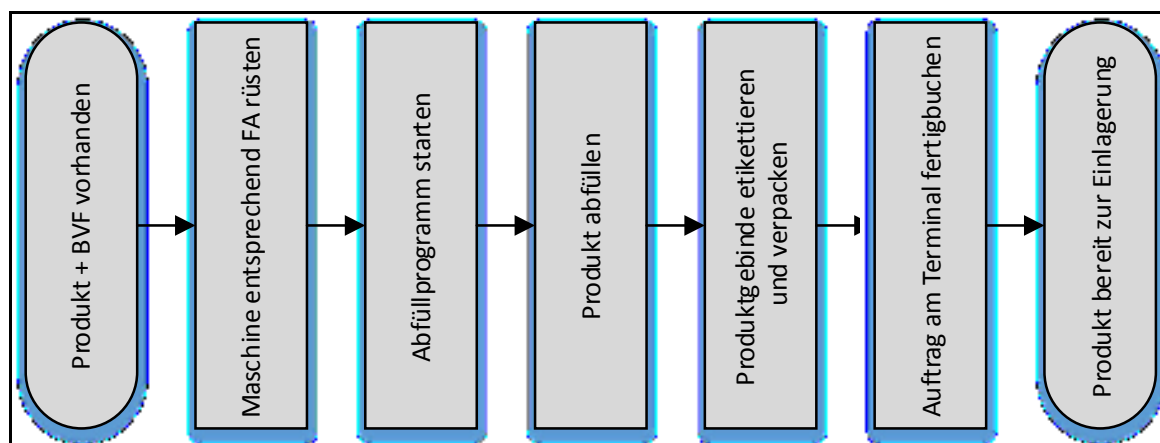


Abbildung 16: Ablauf Abfüllung¹²⁹

Die Abfüllanlagen werden im Folgenden unter den Bezeichnungen „Abfülllinie 1“ bis „Abfülllinie 6“ vorgestellt. Diese groben Beschreibungen der einzelnen Anlagen sollen weder ein detailliertes Verständnis der technischen Beschaffenheit noch die möglichen Leistungen von Anlagen preisgeben. Der Leser soll ein Gefühl für die Anzahl unterschiedlicher Anlagen im Bereich der Abfüllung bekommen und dadurch ein besseres Verständnis für die Komplexität der Planung erlangen. Folgende Anlagen können beispielsweise angeführt werden:

- **Abfülllinie 1“:**

Die Abfüllung von Flüssigprodukten in Flaschen oder Kanister erfolgt auf der „Abfülllinie 1“. Die Anlage besteht aus zwei großen Anlagenteilen. Auf dem ersten Anlagenbereich werden hauptsächlich 1000 ml Flaschenprodukte und 300 ml „airFRESH“-Raumdüfte abgefüllt. Auf dem zweiten Anlagenteil werden verschiedene Flaschen- und Kanisterformate, mit 2,5 - 25 Liter Fassungsvermögen, abgefüllt. Die 60 Liter Fässer werden ebenfalls auf dieser Anlage gefüllt, jedoch nicht vollau-

¹²⁸ VacuumBAG steht für eine spezielle Gebindeform, welche in zahlreichen Hagleitner Hygiene Spendern in verschiedenen Größen zum Einsatz kommt. Das aus Folie bestehende Gebinde reduziert sich mit zunehmendem Verbrauch des Produktes auf bis zu 10% des ursprünglichen Volumens. Somit kann der Inhalt vor Verkeimung und Austrocknung geschützt werden.

¹²⁹ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

tomatisch über die Linie gefahren, sondern manuell befüllt, verschraubt und etikettiert. Beide Linien führen die abgefüllten Produkte der Etikettierung und anschließend automatisch dem Palettierroboter zu.

- **„Abfülllinie 2“:**

Diese Anlage besteht aus drei Teilbereichen, da sie aber aus planerischer Sicht – auf Grund ihrer einfachen technischen Beschaffenheit – keine Herausforderung darstellt, wird diese nur vollständigkeithalber angeführt.

- **„Abfülllinie 3“:**

Die Anlage enthält Produktions- und Abfülleinheit in einem. Bei diesen Produkten handelt es sich um dickflüssige Hochkonzentrate die unter Hitze abgefüllt werden müssen und sich dann durch Abkühlung im Gebinde verfestigen.

Die Produkte werden immer in ein 2,5 Liter Gebinde abgefüllt, etikettiert und anschließend provisorisch auf Paletten zwischengelagert. Die Produkte müssen vollständig ausgekühlt sein ehe sie weiter verpackt und palettiert werden können. Da aber diese Produktreihe nicht in den Bulk-Mischkesseln produziert wird, spielt sie für das vorliegende Projekt keine relevante Rolle.

- **„Abfülllinie 4“:**

Hierbei handelt es sich um eine kleine Abfülllinie speziell für Produkte der „show-erMAID“-Produktreihe. Hier werden dickflüssige Produkte hergestellt, die in spezielle 200 ml Gebinde abgefüllt und per Ultraschallverschweißung mit einer Abgabeeinheit versehen werden. Sowohl die Abfüllung des Fertigproduktes, als auch die Verpackung und Palettierung erfolgen manuell.

- **„Abfülllinie 5“:**

Bei „Abfülllinie 5“ handelt es sich um eine manuell bedienbare Abfüllvorrichtung, die sehr flexible Einsatzmöglichkeiten bietet. Sie kann grundsätzlich an jeden Mischkessel bzw. Puffertank angeschlossen und zur Abfüllung verwendet werden. In den meisten Fällen wird sie jedoch in Kombination mit mobilen Kesseln verwendet. Alle Gebinde mit einem Fassungsvermögen von mehr als 1000 ml lassen sich ohne Einschränkung abfüllen, kleinere Gebinde benötigen allerdings umständliche Einstellvorgänge und werden somit nicht auf dieser Maschine abgefüllt.

- **„Abfülllinie 6“:**

Die Anlage ist eine manuell betriebene Abfüllvorrichtung und bietet flexible Einsatzmöglichkeiten für die Abfüllung von Kleingebinden. Grundsätzlich kann diese Anlage aus jedem Behälter abfüllen und füllt Produkte in Gebinde zwischen 50 ml und 1000 ml.

3.1.3 Innerbetrieblicher Transport - Mizusumashi

Die innerbetrieblichen Transportvorgänge werden nach dem Mizusumashi-Prinzip¹³⁰ gestaltet. Der „Mizusumashi“ – auch „Waterspider“ – genannt ist ein Mitarbeiter, der die Aufgabe hat, Transportvorgänge von und zu den Produktions- und Abfülllinien zu erledigen. Die Aufgabenbereiche sind ausschließlich im Logistikwesen angesiedelt und sind klar abgegrenzt von produzierenden Tätigkeiten. Der Mizusumashi (weiter als Mizu bezeichnet) hat die Aufgabe leere Gebinde, Verschlüsse sowie Etiketten und Kartonagen an den Abfüll- sowie Palettieranlagen bereitzustellen. Er stellt sicher, dass es zu keinen Produktionsstillständen auf Grund fehlender Verpackungsmaterialien kommt.

Der Mizu befördert leere Paletten zum Palettier-Roboter und überprüft, ob genug Zwischen-Kartonagen, sowie Wickelfolie vorhanden sind. Fertig palettierte Endprodukte werden vom Mizu am Buchungsterminal gescannt und mit einem Laufzettel versehen. Durch das Scannen erfolgt eine IST-Meldung im ERP-System und die verbuchte Palette kann zu einem Übergabeplatz im Zentrallager befördert werden. Von dort aus werden gebuchte Paletten von Lagermitarbeitern übernommen und an zugewiesene Plätze im Hochregallager befördert. Zu den weiteren Aufgaben der Mizus gehört die Entsorgung von angefallenen Abfällen. An den Abfülllinien befindliche Abfallcontainer werden in regelmäßigen Zeitabständen abtransportiert und geleert.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Mizu ein Logistik-Experte ist, der sich um innerbetriebliche Transportvorgänge kümmert und somit den Mitarbeitern an den Produktionslinien eine reibungslose Produktion ermöglicht.

¹³⁰ Der Begriff „Mizusumashi“ bedeutet japanischer Taumelkäfer (*Gyrinus japonicus*). Sie sind die einzigen Käfer, welche die Wasseroberfläche besiedeln und sind im Besitz eines wirkungsvolleren Ruderapparates als alle anderen bekannten Wasserinsekten; vgl. (Yagyū, 2011), S. 209. In der Logistik taucht dieser Begriff für einen internen Logistiker auf. Auf Deutsch Wasserläufer oder Bandlogistiker, auf Englisch Waterspider. Er übernimmt die Aufgabe die Produktionslinie mit allen benötigten Materialien zu versorgen und anfallende Verpackungsmaterialien zu entsorgen. In der Regel werden für diese Position sehr erfahren Mitarbeiter eingesetzt, weil besonders gute Prozess- und Produktkenntnisse vorausgesetzt werden. Dieser Mitarbeiter muss sämtliche Teile sowie Prozessschritte genau kennen, um zu wissen was sie wohin liefern müssen und um Verwechslungen auszuschließen; Vgl. (Brenner, 2015), S. 219

3.1.4 Planung Chemieproduktion

Das Thema Produktionsplanung und -steuerung wurde in Punkt 2.2 aufgearbeitet. Modelle, die in der Literatur vorgestellt werden, wurden zusammengefasst und geben einen Überblick über die einzelnen Teilbereiche der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung. Abbildung 8 gibt hierzu einen guten Überblick. Die Teilbereiche der Produktionsplanung sind Programmplanung, Materialplanung sowie Termin- und Kapazitätsplanung. Zur Produktionssteuerung gehören die Teilbereiche Auftragsfreigabe sowie Kapazitäts- und Auftragsüberwachung.

Um die Planung im Unternehmen Hagleitner zu verstehen, ist es nötig zu wissen, dass das Unternehmen in verschiedene Geschäftsbereiche unterteilt ist. Das Zentrallager, das als Auslieferungslager für sämtliche Servicecenter und Exportkunden dient, bildet die Geschäftsstelle „HHI“ (Hagleitner Hygiene International GmbH). Die HHI ist somit die verkaufende Einheit. Diese dient als zentrale Schnittstelle für alle Bereiche des Absatzmarktes. Sie führt den gesamten künftigen Bedarf zusammen; von bestätigten Kundenaufträgen („Make-to-Order“) bis hin zu Lageraufträgen („Make-to-Stock“), die auf Prognosen basieren¹³¹. Anschließend löst die HHI bei Bedarf Produktionsaufträge in der produzierenden Geschäftsstelle „HTI“ (Hagleitner Technology International GmbH) aus. Diese Einheit umfasst sämtliche Produktionsbereiche des Unternehmens. Ein Modell, das die Zusammensetzung des Gesamtauftragsvolumens und das Zusammenspiel mit dem Absatzmarkt darstellt, findet man unter Punkt 2.2.1 in Abbildung 9.

Die einzelnen Bereiche der Planung und Steuerung lassen sich oftmals nicht gänzlich trennen. Es finden Überschneidungen statt. Im vorliegenden Fall findet man eine Verschiebung des Bereichs Termin- und Kapazitätsplanung aus der Planung in die Steuerung der Produktion. Somit ergibt sich einerseits die Grobplanung, die zusammenfassend für die Programm- sowie Materialplanung steht und andererseits die Feinplanung, die die Termin- und Kapazitätsplanung sowie die Auftragsfreigabe umfasst. Somit verschmelzen in der Feinplanung die Bereiche Produktionsplanung und –steuerung zu einem. Eine zeitnahe Auftragsüberwachung findet kaum statt. Dieses Thema wird im Punkt 3.1.6 „Schwachstellen der aktuellen Feinplanung“ behandelt.

¹³¹ Siehe Punkt 2.2.1. zu den Begriffen „Make-to-Stock“ und „Make-to-Order“.

3.1.4.1 Grobplanung – Programm- und Materialplanung

Mit den ausgelösten Bestellmengen der HHI wird in der HTI weiter gearbeitet. Der Planungshorizont für die Programmplanung liegt im Regelfall bei vier Wochen. Die Hauptaufgabe liegt darin, mit Hilfe von Planläufen die bestellten Mengen an Fertigprodukten der HHI mit vorhandenen Lagerbeständen und den bereits eingeplanten Produktionsaufträgen in der HTI abzugleichen. Die Differenz dieser beiden Mengen ergibt dann die fehlende Menge, die in der Produktion eingeplant werden muss. Basierend auf diesen Daten wird dann der sogenannte „Master-Production-Schedule“, das Produktionsprogramm festgelegt. Siehe hierzu Kapitel 2.2.1 „Programmplanung“. Der MPS enthält die geforderten Mengen eines Produktes sowie den gewünschten Fertigstellungstermin. Im ERP-System¹³² MS Dynamics NAV¹³³ scheinen diese Aufträge unter den „fest geplanten FAs“¹³⁴ auf. Diese bilden die Grundlage für die Feinplanung, die in Punkt 3.1.4.2 näher diskutiert wird.

Nach Fertigstellung eines Auftrags wird dieser dem HTI-Fertigwarenlager zugebucht. Die produzierten Mengen werden anschließend automatisch auf ein Zwischenlager umgebucht, auf das der HHI-Mandant zugreifen und die fertigen Aufträge dem Zentrallager zubuchen kann.

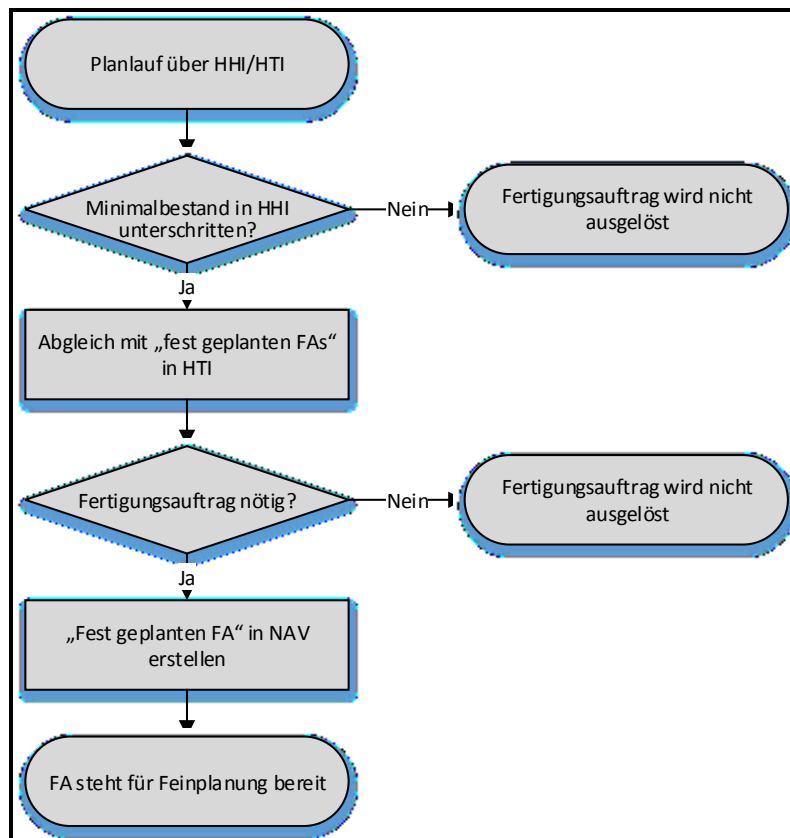
Die Bereitstellung der Rohstoffe unterliegt ebenfalls der Grobplanung. Über einen separaten Planlauf werden die aktuellen Rohstoffbestände mit den Minimalbeständen und dem bereits reservierten Rohstoffbedarf des Vorgriffshorizontes abgeglichen. Bei Unterschreitung der Minimalbestände werden Bestellungen ausgelöst, um „Out-of-Stock“-Situationen¹³⁵ zu vermeiden.

¹³² ERP...Enterprise Resource Planning; Näheres zu verwendeten IT-Systemen (ERP- und MES-Systeme) kann in Punkt 2.3 nachgeschlagen werden.

¹³³ MS NAV...Microsoft Dynamics NAV

¹³⁴ FA ... Fertigungsauftrag

¹³⁵ Der Begriff Out-of-Stock beschreibt das nicht vorhanden sein eines vom Kunden benötigten Produktes. Bei Placzek findet man eine Zusammenfassung von Definitionen verschiedener Autoren, vgl. (Placzek, 2007), S. 15 f.

Abbildung 17: Überblick Grobplanung¹³⁶

3.1.4.2 Feinplanung – Termin- und Kapazitätsplanung sowie Produktionssteuerung

In diesem Punkt werden die einzelnen Bereiche der Feinplanung näher vorgestellt. Diese sind die Termin- und Kapazitätsplanung und darauf aufbauend die Produktionssteuerung. Die Schwierigkeit hierbei entsteht dadurch, dass sowohl die Bulk-Produktion als auch die Abfüllung geplant und gesteuert werden müssen. Des Weiteren gehört auch die Planung der personellen Ressourcen in diesen Bereich.

Termin- und Kapazitätsplanung

Die Feinplanung beginnt ihre Arbeit bei der Termin- und Kapazitätsplanung. Auf Basis der fest geplanten Fertigungsaufträge aus der Grobplanung wird der Produktionsprozess im Detail geplant. Die fest geplanten Aufträge werden auf kurzfristig eintretende Änderungen überprüft und falls nötig die Auftragsmengen oder die Fertigstellungstermine angepasst. Die Feinplanung versucht die neuen Aufträge in die bereits laufende

¹³⁶ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

Produktionsabfolge so gut wie möglich einzutakten. Hierbei werden Liefertermine berücksichtigt, um Verspätungen zu vermeiden. Des Weiteren werden Kapazitäten der Produktionsanlagen betrachtet, um mögliche Doppelbelegungen durch verschiedene Aufträge auszuschließen. Trotz einer breiten Produktpalette erfolgt die Feinplanung ohne Zuhilfenahme von unterstützenden Softwaretools oder Optimierungsprogrammen. Sämtliche Planung baut auf der Planungserfahrung und den Produktkenntnissen erfahrener Mitarbeiter auf.

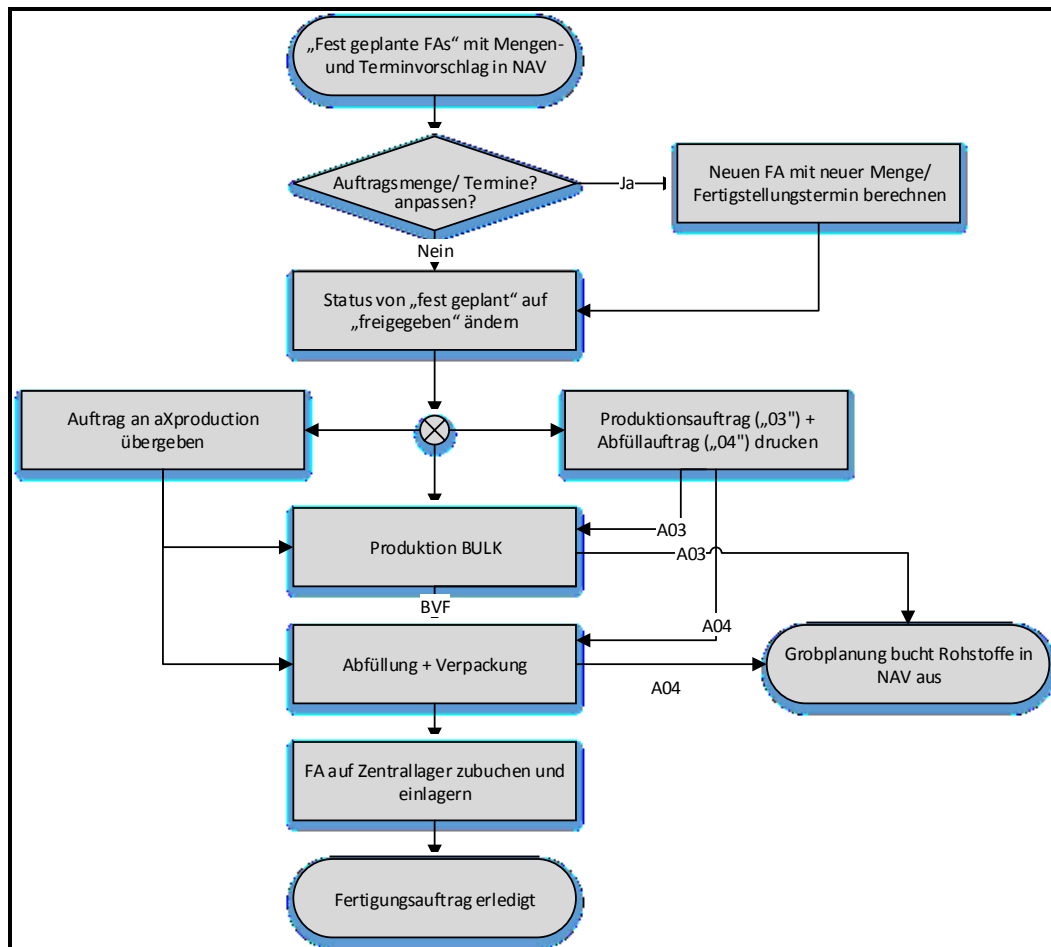


Abbildung 18: Überblick Feinplanung¹³⁷

Steuerung Bulk-Produktion

In Kapitel 2.2.4 wurde die grundsätzliche Aufgabe der Produktionssteuerung erklärt sowie ein Überblick über die wichtigsten Verfahren geschaffen. Aktuell wird die Produktion bei Hagleitner über das „Push“-Prinzip gesteuert. Aufträge werden zentral von der Feinplanung durchgeplant und durch den zweistufigen Herstellungsprozess gedrückt. Die zeitliche und mengenmäßige sowie reihenfolgetechnische Auftragsfolge wird von

¹³⁷ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

dieser Planungseinheit erstellt. Siehe hierzu „Push“-Steuerungen und im Vergleich dazu „Pull“-Verfahren in Punkt 2.2.4.1.

Die Produktionssteuerung greift die geplanten Aufträge auf und ändert den Auftragsstatus von „fest geplant“ auf „freigegeben“. Als freigegebene Aufträge werden diese an das MES-System „aXproduction“ übergeben.

Die Priorisierung und Einlastung der Produktionsaufträge erfolgt aktuell über eine Plan-
tafel in der Produktionsleitwarte. In Abbildung 18 sieht man das Dokument Produkti-
onsauftrag „03“. Dieses wird von der Feinplanung in ausgedruckter Form in die Plan-
tafel eingereicht. Die Tafel enthält für jeden Produktionskessel farblich hinterlegte Fächer.
Diese bieten Steckmöglichkeiten für den zuletzt fertiggestellten Auftrag, für den aktu-
ellen Auftrag in Produktion und für mehrere Folgeaufträge. Nach Fertigstellung einer
Produktion wird die QS-Prüfung durchgeführt. Bei erfolgreicher Prüfung der chemi-
schen Parameter wird das Bulkverfolgungsformular erstellt und in der Plan-
tafel als zu-
letzt fertiggestellter Auftrag eingesetzt.

Durch dieses Visualisierungstool erkennen die Produzenten die Folgeaufträge ohne
Verwechslungsgefahr. Es ist Aufgabe der Feinplanung jeden Auftrag einem Kessel zu-
zuordnen sowie die Reihenfolge der Aufträge zu gestalten. Dabei müssen sämtliche
chemisch-technischen Rahmenbedingungen beachtet werden. Die wichtigsten
technischen Spezifikationen der Kessel wurden in Punkt 3.1.1.1 beschrieben und in Ta-
belle 2 übersichtlich dargestellt. Des Weiteren müssen nachstehende Aspekte bei der
Reihenfolgeplanung für die Bulk-Produktion beachtet werden:

- Geforderte Liefertermine der einzelnen Aufträge werden für die Reihenfolge berücksichtigt. Sollte es zu Engpässen von Produktionskapazitäten kommen, muss entschieden werden, bei welchem Auftrag eine Verspätung zumutbar ist. Grundsätzlich gilt, dass Export-Aufträge die höchste Priorität haben.
- Es müssen die verschiedenen Produktionsvolumina der einzelnen Mischkessel berücksichtigt werden. Oftmals kann es nötig sein, die gewünschte Auftragsmenge zu reduzieren oder zu erhöhen, um Reihenfolgeprobleme der folgenden Produktionen zu vermeiden.
- Auf Grund chemischer Reaktionen haben gewisse Produkte sehr lange Produk-
tionszeiten und sorgen für Komplikationen in der weiteren Reihenfolgeplanung,
da sie einen Kessel über einen längeren Zeitraum belegen.

- Produkte können Ex-Rohstoffe enthalten und somit nur in explosionsgeschützten Produktionskesseln hergestellt werden.
- Wenn Produkte Heiz- oder Kühlschritte im Herstellungsrezept enthalten, können diese nur in zwei speziellen Kesseln mit integrierter Heizung und Kühlung hergestellt werden.
- Es gibt eine Reihenfolgenproblematik, wenn stark basische oder saure Produkte produziert werden. Das gleiche Problem liegt bei Produkten mit gewissen Farbpigmenten vor. Trotz spezieller Reinigungsprogramme bei jedem Produktwechsel können minimale Rückstände in den Leitungen oder im Bereich von Ventilen verbleiben. Somit ist Vorsicht geboten, wenn anschließend ein chemisch empfindliches Produkt hergestellt werden soll.
- Bei dickflüssigen Produkten sollte vermieden werden, diese in einen Puffer umzupumpen. Die Abfüllplanung sollte so gestaltet werden, dass direkt aus dem Mischkessel abgefüllt werden kann. Produktverluste durch den Umpumpvorgang sind bei dickflüssigen Produkten besonders hoch.

Wie bereits erwähnt wird keine Optimierungssoftware zur Lösung der Reihenfolgeproblematik eingesetzt. Einführung solcher Software wird als hilfreich gewertet, jedoch erst für zukünftige Projekte sinnvoll, sollten die Produktionsvolumina sowie die Produktpalette stark erweitert werden.

Planung Abfüllung

Die nächste Aufgabe der Feinplanung besteht darin, die Abfüllreihenfolge der fertigen Produkte festzulegen. In Punkt 3.1.2 wurden die verschiedenen Abfülllinien und deren Eigenschaften erklärt. Es ist Ziel, einen möglichst reibungslosen Übergang von der Bulk-Produktion zur Abfüllung zu erreichen. Dazu gibt es in der Abfüllung ebenfalls eine Auftragsplantafel. Diese gibt den Maschinenführern eine klare Reihenfolge vor, in welcher die Aufträge abgefüllt werden müssen. Hierfür wird der Abfüllauftrag „04“ in Papierform verwendet. Dieser wird mit dem Bulkverfolgungsformular zusammengeführt und in der Plantafel an die richtige Stelle gereiht. Es gibt ebenfalls farblich hinterlegte Steckplätze für den aktuellen Auftrag und für mehrere Folgeaufträge. Des Weiteren zeigen Steckkarten Rüstvorgänge an. Somit ist vorzeitig erkennbar wann der nächste Rüstvorgang eingeplant wurde und die Mitarbeiter können sich darauf vorbereiten und benötigtes Werkzeug rechtzeitig bereitstellen. Für die Belegung der Abfülllinien müssen dann zusätzlich weitere Aspekte berücksichtigt werden:

- Es ist von großer Wichtigkeit, dass die vollen Mischkessel so zeitnah wie möglich entleert werden, damit die Produktion der Folgeaufträge nicht blockiert wird.
- Die in Punkt 3.1.2 vorgestellten Gebindevarianten setzen Rüstvorgänge voraus. Gewisse Gebinde haben zusätzlich unterschiedliche Verschlüsse. So kommt beispielsweise der Verschluss einer 1000 ml Flasche in vier Ausführungen¹³⁸ vor.
- Da verschiedene Exportkunden ihre eigenen Etikettierungen fordern, muss im nächsten Schritt auch noch berücksichtigt werden, dass die passenden Etiketten rechtzeitig an den Montagelinien bereitzustellen sind. Grundsätzlich gilt wieder, dass Export-Aufträge eine höhere Priorität haben, als Standardaufmachungen für die eigenen Servicecenter.

Einerseits wird versucht die Auslastung der Abfüllanlagen möglichst hoch zu halten und jegliche Form von Stillständen zu vermeiden, andererseits sollten die Rüstvorgänge so niedrig wie möglich gehalten werden. Siehe hierzu den Begriff „Kampagne“ in Punkt 2.1.3. Die Kampagnenfahrweise würde in vorliegenden Fall folgendermaßen aussehen. Wenn eine Abfüllanlage beispielsweise auf 10 L Kanister gerüstet ist, dann wird versucht so viele 10 L Produkte direkt hintereinander abzufüllen wie nur möglich. Das alles kann nur erreicht werden indem die Bulk-Produktion und die Abfüllung auf einander abgestimmt werden soweit das möglich ist.

Planung Personal

Neben der Maschinenbelegung muss die Bereitstellung der personellen Ressourcen geplant werden. Auf Grund der voraussichtlich zu produzierenden Aufträge in den kommenden Perioden wird eine Schichtbelegung für diesen Zeitraum erstellt. Die Abteilungsleitung sorgt in weiterer Folge unter Berücksichtigung von Urlaubsanträgen oder Krankheitsfällen für die Bereitstellung des nötigen Personals.

Die größte Herausforderung ist es jedoch einen Überblick über sämtliche Bereiche zu behalten und präventiv Maßnahmen einzuleiten, um mögliche Fehlerquellen zu eliminieren oder bereits eingetreten Fehler so schnell wie möglich zu lokalisieren und zu beheben. Hierfür ist die jahrelange Erfahrung der aktuellen Planer von unschätzbarem Wert.

¹³⁸ Der Verschluss einer 1000 ml Flasche kommt in den Varianten „normal“, „gradspritz“, „schrägspritz“ und „kindersicher“ vor.

3.1.5 Überblick Software-Unterstützung

Bei der Hagleitner Hygiene International GmbH arbeiten von der Hauptniederlassung bis hin zu den Tochterunternehmen und den einzelnen Außenlagern sowie Servicecentern alle mit der gleichen ERP-Software. Die IT-Lösung MS NAV stützt somit auch die Planung und Produktion der Chemieprodukte. MS NAV arbeitet in diesem Bereich mit der MES-Lösung „aXproduction“ zusammen.

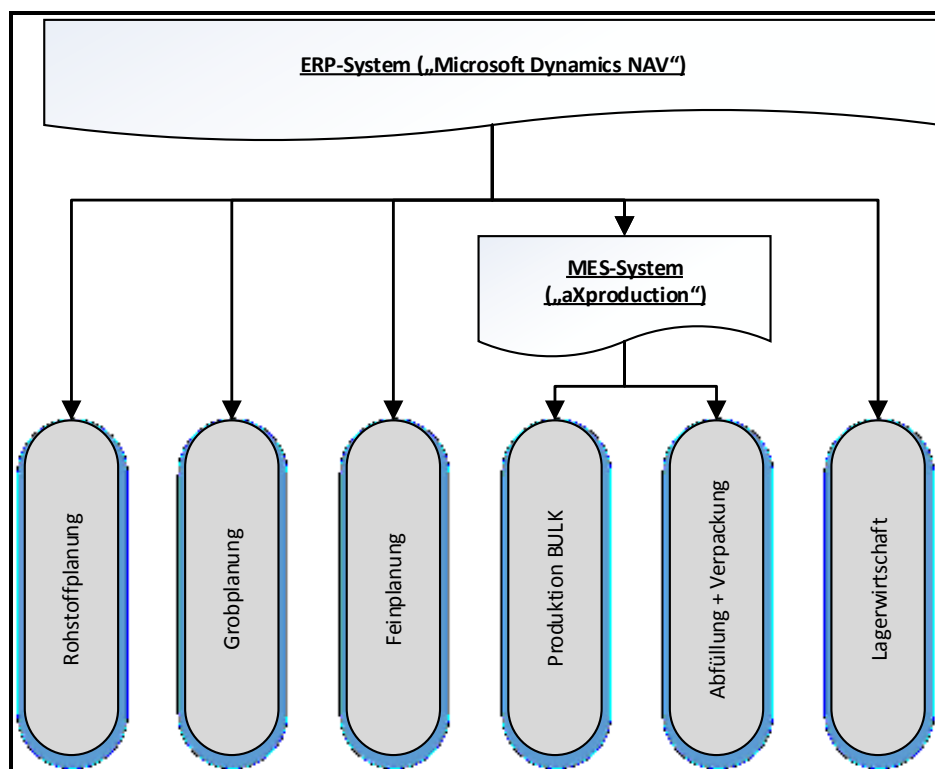


Abbildung 19: Übersicht Software¹³⁹

Die Software unterstützt grundsätzlich sämtliche Unternehmensbereiche. Angefangen vom Einkauf über die Produktion bis hin zum Auslieferungslager wird mit der unternehmensumspannenden Software gearbeitet. Die reale Schnittstelle zwischen ERP- und MES-System bildet die Produktionsfeinplanung, die Aufträge freigibt und anschließend ans aX überspielt.

AX kommt zuerst bei der chemischen Bulk-Produktion und anschließend bei der Abfüllung zum Einsatz. Entsprechend einer, durch die Feinplanung vorgegebenen Reihenfolge, starten die Produzenten die einzelnen Produktionsaufträge. Die Software kann vom Mischer im Produktionskessel bis hin zu jedem Ventil alles steuern. Vordefinierte

¹³⁹ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

Produktrezepturen ermöglichen für gewisse Produkte eine nahezu vollautomatische Produktion, während andere Produkte die händische Zugabe bestimmter Rohstoffe benötigen. Nach Abschluss einer Produktion meldet aX die tatsächlich verbrauchte Menge an Rohstoffen an MS NAV zurück.

Anschließend werden die Abfüllprogramme an den einzelnen Abfülllinien von aX gesteuert. Vorgegebene Abfülltake und Abfüllmengen wurden einprogrammiert und in die Förderlinien eingebaute Kontrollwaagen ermöglichen eine kontinuierliche Überwachung der tatsächlich abgefüllten Mengen.

In Kapitel 2.3 wurde ein Überblick über verschiedene IT-Systeme und ihr Zusammenspiel beschrieben. Hierbei wurden speziell die ERP- und MES-Systeme betrachtet.

3.1.6 Schwachstellen im aktuellen Planungsprozess

Während der Aufnahme der IST-Situation konnten folgende Herausforderungen im Planungsprozess beobachtet werden. Unten angeführte Schwachstellen sind Treiber für die enorme Komplexität der Planung:

- Haupttreiber ist die bereits mehrfach beschriebene Mehrdimensionalität im Planungsablauf selbst. Dadurch, dass Bulk-Produktion und Abfüllung separat geplant werden müssen, ist es von großer Bedeutung die Anlagen ausgezeichnet zu kennen. Des Weiteren muss die chemische Beschaffenheit von Produkten bekannt sein, da die Auftragsreihenfolge oftmals auf Basis chemisch-technischer Restriktionen gestaltet werden muss. In Punkt 3.1.4.2. kann der Ablauf der Planung sowie die wichtigsten Rahmenbedingungen von technischer, chemischer und organisatorischer Seite nachgelesen werden.
- Die konkrete Planung der Auftragsreihenfolge unter Berücksichtigung aller Rahmenfaktoren erfolgt ohne Optimierungssoftware oder mathematische Hilfsmittel. Es wird zwar mit den IT-Systemen MS NAV und aX gearbeitet, allerdings geschieht die tatsächliche Reihenfolgebelegung der Aufträge ohne Zuhilfenahme computergestützter Programme. Die Planungsentscheidung wird auf Grund jahrelanger Erfahrung getroffen.
- Die in Kapitel 2.2.3.2 beschriebene Kapazitätsterminierung findet im aktuellen Planungsprozess ohne Zuhilfenahme von Softwareunterstützung statt. Aktuell

wird die Belastung der Anlagen mit Hilfe grober Schätzwerte geregelt. Eingeplante Aufträge können zu Kapazitätsengpässen an den einzelnen Anlagen führen. Erst wenn es zu Engpässen kommt, wird anschließend darauf reagiert. Eine ordentliche Kapazitätsterminierung mit Hilfe von Kapazitätskonten würde dabei helfen Engpässe im Vorhinein zu erkennen und zu vermeiden.

- In Abbildung 8 in Kapitel 2.2 lässt sich erkennen, dass neben der Auftragsveranlassung die Überwachung eine der Hauptaufgaben der Produktionssteuerung ist. Aktuell wird der Prozessüberwachung keine große Rolle zugeordnet. Somit kann auf Prozessstreuungen nicht zeitnah reagiert werden. Eine Überwachung von laufenden Aufträgen könnte dabei helfen die gesamte Durchlaufzeit zu reduzieren und Fehler auf einer Stufe rechtzeitig zu erkennen und zu beheben, damit sie sich nicht auf die nächste Stufe ausbreiten können.

3.1.7 Zusammenfassung IST-Aufnahme

Die Aufgabe der Feinplanung wird von einem der erfahrensten Mitarbeiter des Unternehmens erledigt. Trotz der hohen Komplexität der mehrdimensionalen Planungsstruktur und unzähliger chemisch-technischer Rahmenbedingungen, wird ein ordentlicher Produktionsablauf bezüglich der Dimensionen Termintreue und Anlagenauslastung gewährleistet. Das ist jedoch nur auf Grund exzellenter Produktkenntnisse sowie Wissen über die Anlagen, Rohstoffe und das Personal möglich.

Von der Geschäftsleitung wird die Bindung von Aufgaben an einzelne Personen als große Schwachstelle betrachtet. Sobald eine derart wichtige Aufgabe nur von einem einzigen Mitarbeiter richtig ausgeführt werden kann, begibt sich das Unternehmen in eine sehr starke Abhängigkeit. Von Seiten des Mitarbeiters ist das genauso unvorteilhaft, da er sich Möglichkeiten für andere oder höhere Positionen verbaut, weil er unentbehrlich auf der aktuellen Position ist. Das ist einer der primären Gründe für die folgenden Untersuchungen in Kapitel 3.2. Man erhofft sich durch eine Vereinfachung der Planungsstruktur, dass diese Aufgabe von einem einzelnen Mitarbeiter entkoppelt werden kann und in Fällen von Krankheit, Urlaub oder Pensionierung leichter eine Vertretung gefunden werden kann.

Die Aufnahme des IST-Zustandes hat etwa vier Wochen gedauert. Dabei wurden sämtliche zur Chemieproduktion gehörenden Abläufe kennengelernt und dokumen-

tiert. Wichtige Abläufe werden in visueller Form mit Hilfe von Flussdiagrammen dargestellt und sollen Prozesse leichter verständlich machen. Anfangs werden die einzelnen Produktionsbereiche und Produktionsmaschinen erklärt. Es werden die wichtigsten technischen Fakten bezüglich der Produktionskessel und Abfüllanlagen zusammengetragen. Dann werden die einzelnen Schritte der Produktion sowie der Abfüllung erklärt. Anschließend wird die Planung der Chemieproduktion besprochen und auf die zwei Bereiche Grob- und Feinplanung speziell eingegangen. Die aktuellen Abläufe mit den dazu gehörigen Herausforderungen werden beschrieben, es wird erklärt, wie die Bulk-Produktion gesteuert wird und wer an welchen Aufgaben beteiligt ist. Anschließend werden die Abfüllung der Fertigprodukte, sowie die Etikettierung und Verpackung beschrieben. Hauptaugenmerk wird dabei auf die Trennung zwischen der Produktion und der Abfüllung gelegt, da diese Entkoppelung zu einer komplexen Planungsstruktur führt.

Des Weiteren wird ein Überblick über die IT-Struktur gegeben. Die verwendeten IT-Systeme werden kurz vorgestellt und ihre speziellen Aufgaben und Verwendungen erläutert.

Schlussendlich werden die Schwachstellen der jetzigen Situation zusammengefasst. Es werden die Hürden und Probleme aufgezeigt, mit denen die Produktionsplanung und -steuerung zu kämpfen hat. Versucht man, die Bereiche Bulk-Produktion und Abfüllung planungstechnisch optimal aufeinander abzustimmen, so entsteht die große Herausforderung einen sinnvollen Übergang zwischen ihnen zu finden und das mit möglichst wenigen Rüstvorgängen, bei guter Auslastung der Ressourcen. Die chemisch-technischen Restriktionen, die bei der Bulk-Produktion zu beachten sind, stellen eine weitere Hürde dar.

Die Beschreibung der aktuellen Abläufe soll als Grundlage herangezogen werden, um die Schwachstellen zu lokalisieren, die das größte Verbesserungspotenzial enthalten. In weiterer Folge sollen für diese Bereiche Verbesserungsvorschläge abgeleitet und diskutiert werden. Diese werden im nächsten Kapitel vorgestellt.

3.2 Ableitung des SOLL-Zustandes und Lösungsansätze

In Punkt 3.1.6 wurden die Schwachstellen des aktuellen Planungsprozesses zusammengefasst. Die fehlende Kapazitätsterminierung sowie die Auftragsüberwachung werden

in diesem Projekt nicht weiter betrachtet, wurden jedoch vollständigshalber angeführt, um eine mögliche Richtung für zukünftige Verbesserungsprojekte im Bereich Produktionsplanung und –steuerung zu zeigen. Im aktuellen Kapitel wird untersucht, ob die Planung der Bulk-Produktion direkt mit der Abfüllung verbunden werden kann, um die dadurch entstehende Komplexität zu reduzieren. In diesem Zuge wird auch die Reihenfolgebildung von Aufträgen im Bezug auf eine mögliche Vereinfachung dieser betrachtet.

Grundsätzlich führt dieses Problem in die Thematik der Reihenfolge-Probleme („flowshop scheduling“). Die Methode der Optimumsuche, Heuristiken sowie künstliche Intelligenz könnten in diesem Bereich als Lösungsansätze betrachtet werden. Der Ansatz der Optimumsuche setzt beispielsweise auf das „branch and bound“-Verfahren. Dieses sucht die tatsächlich optimale Lösung. Ist die Suche nach dem Optimum rechnerisch zu aufwendig und teuer, wird oftmals auf Heuristiken ausgewichen, die näherungsweise das Optimum suchen. Die letzte Möglichkeit sind Ansätze, die künstliche Intelligenz anwenden, um das Optimum zu finden. Hierfür kommen neurale Netzwerke, Genetische Algorithmen, Tabu search und Simulated Annealing zum Einsatz.¹⁴⁰

Aktuell wird die Reihenfolgeplanung ohne Zuhilfenahme von Optimierungs-Tools bewältigt. Lediglich mit dem MES-System „aXproduction“, das in Punkt 3.1.5 erklärt wurde, wird ein Überblick über die aktuelle Belegung der Mischkessel und Abfüllanlagen gegeben. Somit wird angenommen, dass der Einsatz von komplexen Optimierungs-Tools noch nicht nötig ist. Vorliegendes Projekt soll zeigen, ob es mit einfachen Steuerungsverfahren und Regeln möglich ist, die Planung zu vereinfachen. Einführung neuer Software könnte in Zukunft in Betracht gezogen werden, sollten die Vielfalt verschiedener Produkte und Herstellungsrezepturen weiter wachsen, und somit eine Reihenfolgeplanung ohne unterstützende Software noch komplexer werden.

3.2.1 Generelle Vorgehensweise

Der aktuelle Projektrahmen umfasst jene Produktionslinien, deren Ablaufprozess in Bulk-Produktion und Abfüllung gespalten ist und somit separate Bulk- und Abfüllplanung erfordern. Somit wird die „Abfülllinie 3“ für weitere Untersuchungen nicht relevant sein, da der Produktionsreaktor mit der Abfüllung starr gekoppelt ist. Auch die „Abfülllinie 5“

¹⁴⁰ Vgl. (Diwekar, 2014), S. 185

wird nicht weiter betrachtet, da diese nur in Ausnahmefällen verwendet wird. Überlegungen werden für die „Abfülllinien 1/2/4“ angestellt.

Die grundlegendste Überlegung, die angestellt werden muss, bezieht sich auf das Pull- und Push-Prinzip. Die Firmenphilosophie hat sich immer weiter in Richtung Lean entwickelt. Basierend darauf ist es Ziel, Methoden und Konzepte zu verwenden oder zu entwickeln, die sich mit dem Lean-Gedankengut vereinen lassen. Da ein wichtiger Begriff der Lean-Produktion das Pull-Prinzip ist, sollen Überlegungen angestellt werden, ob in vorliegender Situation Pull-Konzepte Sinn machen würden und ob sie umsetzbar sind. Das Push- und das Pull-Prinzip wurden in Punkt 2.2.4.1 beschrieben.

Die untersuchten Teilbereiche der Produktion werden beschrieben und aktuelle Prozessabläufe dargestellt. Anschließend wird ein Ansatz vorgestellt, um die Bulk-Produktion und die Abfüllung zu verbinden. Weiterhin wird der neu modellierte Planungs- und Steuerungsprozess beschrieben. Für das Unternehmen und die Mitarbeiter werden Arbeitsanweisungen erstellt und weitere Maßnahmen, die zur erfolgreichen Umsetzung notwendig sind, festgelegt.

Im nächsten Kapitel wird eine Value Stream Map der aktuellen Produktion erstellt. Damit soll identifiziert werden, ob die Bulk-Produktion oder die Abfüllung die limitierende Kapazität darstellt. Bei Blömer¹⁴¹ findet man die Aussage, dass die Abfüllung häufig den Engpass darstellt. Es soll vorerst untersucht werden, ob die Aussage auch für den vorliegenden Fall Gültigkeit behält.

3.2.2 Value Stream Map¹⁴² der aktuellen Produktion

Aufgrund der Möglichkeit ein Produkt in verschiedenen Produktionskesseln herstellen zu lassen und anschließend in einem Puffer zwischenzulagern oder direkt auf einer der Abfüllanlagen abfüllen zu lassen, entwickelt der Materialfluss eine gewisse Komplexität. Die VSM soll helfen, Überblick über die einzelnen Material- sowie dazugehörigen Informationsflüsse zu gewinnen. In Abbildung 20 wird der Wertstrom im Bereich Bulk-Produktion und Abfüllung dargestellt.

¹⁴¹ Vgl. (Blömer, 1999), S. 10

¹⁴² Value Stream Map ... VSM

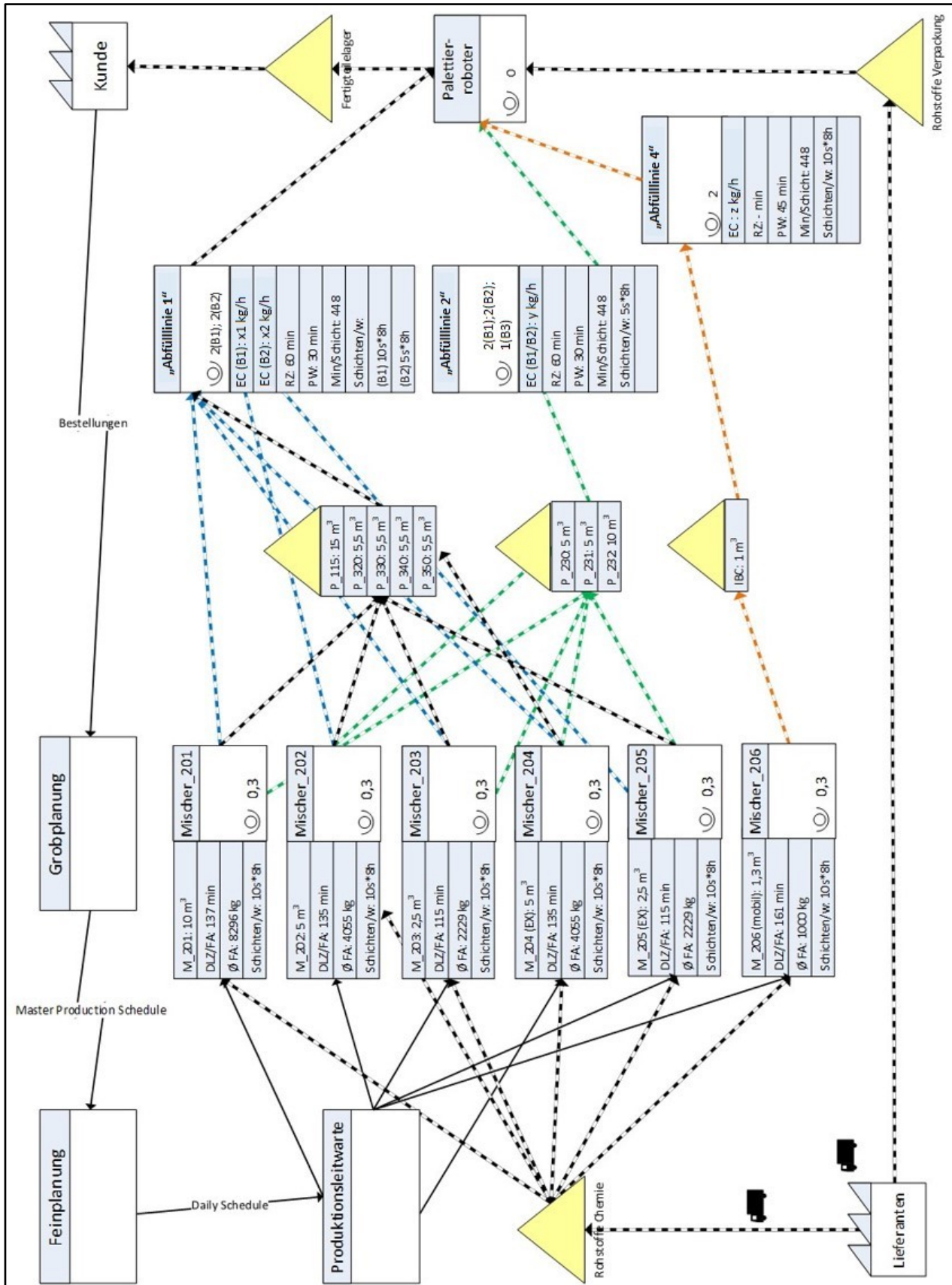


Abbildung 20: VSM Chemieproduktion¹⁴³

¹⁴³ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

Des Weiteren werden anhand der VSM die maximalen Leistungen der Bereiche Bulk-Produktion und Abfüllung ermittelt. Dadurch soll vorerst der Engpass identifiziert werden, um darauf aufbauend Lösungsansätze zu suchen.

Die Wahl für eine Value Stream Map kann begründet werden, da diese Art der Engpassanalyse eine sehr visuelle Herangehensweise darstellt. Somit eignet sie sich sehr gut, die unterschiedlichen Wege des Materialflusses vom Bulk zur Abfüllung abzubilden. Für vorliegende Betrachtung reichen die verwendeten Basis-Elemente der VSM aus. Bei Interesse kann bei L. King in Kapitel 4 näheres zu dieser Methodik nachgeschlagen werden.

Die erforderlichen Daten werden aus verschiedenen Quellen zusammengetragen. Hauptsächlich werden Daten aus aXproduction übernommen und aufbereitet. Sollten gesammelte Daten unvollständig oder nicht logisch sein, werden Erfahrungswerte der Abteilungsleitung Chemie sowie der Logistikplanung herangezogen, um diese zu vervollständigen oder zu korrigieren. Weitere Daten können Zeiterfassungen direkt an den Anlagen und Befragungen von Mitarbeitern liefern. Es wird als wichtig erachtet die Herleitung dieser Zahlen zu erklären, damit der Leser die Zusammenhänge dieser Daten nachvollziehen kann. Die Erfassung und Berechnung von benötigten Kennzahlen gestalten sich für die Abfüllung viel einfacher als für die Bulk-Produktion. Das wird im folgenden Punkt näher erläutert.

Leistung und Produktionszeiten Bulk-Produktion

Die korrekte Ermittlung der Produktionszeiten für einen Auftrag bzw. der Gesamtleistung der Bulk-Produktion gestaltet sich schwierig, da diese nicht nur auf Grund der Rezepturen von Produkt zu Produkt unterschiedlich sind, sondern zusätzliche Faktoren Einfluss darauf haben. Den grundsätzlichen Aufbau der Auftragsdurchlaufzeit kann man in Kapitel 2.2.3.1 nachlesen. Abbildung 12 zeigt die Zusammensetzung der Durchlaufzeit aus den einzelnen Rüst-, Kontroll-, Liege- und Transportzeiten.

Die zu produzierende Menge spielt eine untergeordnete Rolle. Ausschlaggebend ist im Regelfall die Rezeptur. Diese wurde für jedes Produkt speziell entwickelt und enthält unterschiedliche Teilprozessschritte. Ein Prozessschritt kann länger dauern als ein anderer und daraus ergeben sich diese unterschiedlichen Herstellungszeiten. Bis jetzt wurde einfach ein Durchschnittswert über alle Produktionen gelegt und als grobe Richtlinie für die Produktionsdauer verwendet.

Aktuell wird die durchschnittliche Herstellungsdauer für einen Auftrag mit zwei Stunden bemessen und dies hat sich in der Vergangenheit auch bewährt. Von den 180 verschiedenen Produktrezepturen gibt es in etwa 30 Rezepturen, die extrem von diesem Durchschnittswert abweichen und somit eine besondere Behandlung von Seiten der Planung erfordern. Dieser Wert wurde im Zuge des Projektes auf Aktualität kontrolliert. Es wurde zufällig eine Periode von 20 Arbeitstagen während des Projekts gewählt und die 134 enthaltenen Produktionszeiten haben ergeben, dass eine durchschnittliche Produktion im Bulk 137 Minuten dauert; dies bestätigt die Korrektheit und Aktualität der Annahme für die Planung. Für diese Berechnung wurden jedoch die Produktionen mit extrem abweichenden Herstellungszeiten ausgenommen, da diese den Durchschnittswert zu stark verfälschen würden. Diese 30 Rezepturen erfordern immer eine besondere Betrachtung bei der Planung, auch wenn ein höherer Durchschnittswert angenommen werden würde. Dieser würde lediglich die Planung der 150 anderen Rezepturen verfälschen.

Es wurde auch der Einfluss der zu produzierenden Menge auf die Produktionsdauer untersucht. Die Menge ist nicht direkt proportional zur Produktionsdauer und hat auch nur einen geringen Einfluss auf die gesamte Produktionsdauer. Dennoch sollte festgestellt werden, in welchem Ausmaß die Schwankungen liegen können. Der geringe Einfluss der Produktionsmenge auf die Produktionsdauer ist darauf zurückzuführen, dass ein Mischvorgang in einem Kessel für eine Menge von 2400 kg oder 4800 kg in etwa die gleiche Zeit in Anspruch nimmt. Das bedeutet, die Dauer eines Prozessschrittes hängt nicht von der zu mischenden Menge ab. Die Zugabe von Rohstoffen hingegen kann die gesamte Produktionsdauer eines Bulks verändern. Eine Zugabe von 500 kg eines bestimmten Rohstoffs dauert länger als die Zugabe von 2000 kg. Der Unterschied lässt sich den Tabellen 3 - 6 entnehmen.

Es geht in der tabellarischen Darstellung um keine exakten Werte, sondern um die Größenordnung, in der sich die durchschnittliche Herstellungszeit in Abhängigkeit von der Produktionsmenge ändert. Die Tabellen 3 - 5 stellen Produktionszeiten für Mengen größer 5.000 kg, zwischen 2.500 kg und 5.000 kg sowie kleiner 2.500 kg vor. Außerdem sind in Tabelle 6 Produktionszeiten für Produktionen im mobilen Kessel aufgeführt. Diese sind kleiner 1.300 kg. In Tabelle 3 findet man für eine durchschnittliche Produktionsmenge von 8296 kg die durchschnittliche Produktionszeit von 137 Minuten und liegt somit exakt im Gesamtdurchschnitt, während Produktionen mit einer Durchschnittsmenge von 2229 kg im Schnitt 115 Minuten dauern. Bedenkt man, dass die durchschnittliche

Produktionsmenge in Tabelle 3 fast vier Mal so groß ist, wie in Tabelle 5, so ist der Unterschied von 16 Prozent in der Produktionszeit nicht relevant.

	Menge 1 (kg)	Dauer (min)	Menge 2 (kg)	Dauer (min)	Menge 3 (kg)	Dauer (min)
Produkt 1	7000	146	7800	205	7600	126
Produkt 2	5400	67	6600	76	-	-
Produkt 3	6000	110	6000	112	6000	124
Produkt 4	5440	113	5580	157	-	-
Produkt 5	8040	182	8040	139	9940	151
Produkt 6	9040	156	9040	110	9040	105
Produkt 7	13040	171	11920	109	13240	131
Produkt 8	9004	290	-	-	-	-
Ø Produktionszeit (min)						137
Ø Produktionsmenge (kg)						8296

Tabelle 3: Dauer für Produktionsmenge > 5000 kg

	Menge 1 (kg)	Dauer (min)	Menge 2 (kg)	Dauer (min)	Menge 3 (kg)	Dauer (min)
Produkt 2	4800	97	3000	69	-	-
Produkt 4	4840	152	3040	103	-	-
Produkt 5	4840	178	-	-	-	-
Produkt 6	4840	104	4840	103	-	-
Produkt 9	3600	234	3000	245	3000	279
Produkt 10	3000	140	3000	135	2400	144
Produkt 11	4840	41	-	-	-	-
Produkt 12	3040	113	3040	99	-	-
Produkt 13	4840	114	4840	137	4840	191
Produkt 14	3040	129	3040	178	-	-
Produkt 15	2920	48	3340	113	-	-
Produkt 16	4240	172	4240	156	4240	139
Produkt 17	4720	100	4720	140	4720	115
Produkt 18	4840	304	3490	155	-	-
Produkt 19	4840	100	4840	145	4840	70
Produkt 20	3280	71	4090	55	-	-
Produkt 21	4720	92	4720	124	4720	246
Produkt 22	3640	43	3640	98	4840	42
Ø Produktionszeit (min)						135
Ø Produktionsmenge(kg)						4055

Tabelle 4: Dauer für Produktionsmenge 2500 kg - 5000 kg

Betrachtet man hingegen Tabelle 6 (Produktionen < 1300 kg), so findet man hier die größte Abweichung zum Gesamtdurchschnitt. Die durchschnittliche Herstellungszeit weicht um ca. 17,5 Prozent ab und liegt somit bei 161 Minuten. Die vergleichsweise lange Zeit für die Herstellung der kleinen Produktmenge ist darauf zurückzuführen, dass

es sich vorwiegend um dickflüssige Produkte handelt und diese oftmals nach der Herstellung einen Ruheprozessschritt in der Rezeptur enthalten.

	Menge 1 (kg)	Dauer (min)	Menge 2 (kg)	Dauer (min)	Menge 3 (kg)	Dauer (min)
Produkt 10	2400	144	-	-	-	-
Produkt 11	2440	54	2040	64	-	-
Produkt 23	2340	71	2210	88	2210	70
Produkt 24	2400	211	2400	228	-	-
Produkt 25	2440	73	2440	79	2440	116
Produkt 26	2440	279	2440	59	-	-
Produkt 27	2440	95	2440	143	-	-
Produkt 28	2440	213	-	-	-	-
Produkt 29	2400	119	2440	136	2440	86
Produkt 30	2440	79	1540	97	-	-
Produkt 31	2440	177	2440	93	-	-
Produkt 32	2263	63	2263	51	2380	53
Produkt 33	2440	72	2440	60	2440	60
Produkt 34	2440	147	2440	114	-	-
Produkt 35	2440	140	2440	215	-	-
Produkt 36	2440	67	1340	172	1240	103
Produkt 37	2180	179	2447	131	2090	251
Produkt 38	1240	177	1640	189	-	-
Produkt 39	2040	149	1222	97	2040	51
Produkt 40	2440	107	2440	98	2440	77
Ø Produktionszeit (min)						115
Ø Produktionsmenge (kg)						2229

Tabelle 5: Dauer für Produktionsmenge < 2500 kg

	Menge 1 (kg)	Dauer (min)	Menge 2 (kg)	Dauer (min)	Menge 3 (kg)	Dauer (min)
Produkt 27	1066	121	-	-	-	-
Produkt 36	1240	103	-	-	-	-
Produkt 50	896	227	900	124	900	140
Produkt 51	900	125	900	118	900	98
Produkt 52	896	281	896	227	900	263
Produkt 53	896	167	896	121	896	153
Produkt 54	1026	201	1100	161	1100	229
Produkt 55	1140	177	1066	133	-	-
Produkt 56	1140	62	1140	140	1166	129
Produkt 57	1000	181	1000	217	-	-
Produkt 58	1190	103	-	-	-	-
Ø Produktionszeit (min)						161
Ø Produktionsmenge (kg)						1000

Tabelle 6: Dauer für Produktionsmenge < 1300 kg (mobiler Kessel)

Die Leistung der Bulk-Produktion zu erfassen, gestaltet sich komplizierter als die Leistung der Abfüllanlagen zu messen. Die maximale Leistung wäre der maximale Output an

Fertigprodukten während der verfügbaren Arbeitszeit. Hierfür müsste ein Durchschnittswert über jede einzelne Rezeptur mit maximaler Produktionsmenge gelegt werden. Zur Ermittlung des theoretisch maximalen Outputs der gesamten Bulk-Produktion wird mit den obigen Produktionszeiten gearbeitet. Somit ergibt sich folgende Rechnung, wenn man den Output während einer Schicht betrachtet. Es gilt die Annahme, dass die Abfüllung unendlich schnell wäre. Somit würde nach dem abgeschlossenen Herstellungsprozess des Bulks keine Zeit für die Abfüllung benötigt werden. Es könnte der Reinigungsschritt durchgeführt werden und das nächste Produkt hergestellt werden.

	MI_201	MI_202	MI_203	MI_204	MI_205	MI_206
Verfügbarkeit (min)	448	448	448	448	448	448
Ø Produktionszeit (min)	137	135	115	135	115	161
Reinigungsvorgang (min)	15	15	15	15	15	15
Anzahl Aufträge/Schicht	2,9	3,0	3,4	3,0	3,4	2,5
max. Produktionsmenge (kg)	14800	4800	2400	4800	2400	1300
max. Output (kg)	43621,1	14336,0	8270,8	14336,0	8270,8	3309,1
Summe BULK (kg)	92143,7					

Tabelle 7: Max. Leistung Bulk-Produktion

Unter obigen Annahmen ergibt sich laut Tabelle 7 der Wert für den maximalen Output der Bulk-Produktion in einer Schicht¹⁴⁴ von 92.143,7 kg. Die mögliche Anzahl der Aufträge pro Schicht ergibt sich aus der oben errechneten durchschnittlichen Produktionszeit abhängig von der Produktionsmenge zuzüglich der Reinigungszeit. Der Reinigungsschritt wird mit etwa 15 Minuten bemessen.

Leistung Abfüllung

In Punkt 3.1.2 wurden die verschiedenen Abfülllinien bereits erklärt. In folgender Tabelle sind die Abfüllleistungen aller Anlagen aufsummiert, um somit einen Wert für die Leistung der gesamten Abfüllung zu erhalten. Es handelt sich hier um tatsächliche Abfüllleistungen mit denen die Feinplanung im Tagesgeschäft arbeitet.

	Abfülllinie 1	Abfülllinie 2	Abfülllinie 4	Abfülllinie 5	Abfülllinie 6
Abfüllleistung /Schicht (kg)	26800	5500	450	4800	1000
Summe Abfüllung (kg)	38550				

Tabelle 8: Leistung Abfüllung

¹⁴⁴ Statt 480 Minuten wird eine Schicht mit 448 Minuten bemessen, da hier bereits Zeitverluste – die sogenannte „persönliche Verweilzeit“ – durch persönliche Bedürfnisse der Mitarbeiter berücksichtigt wurden.

Es bleibt noch zu erwähnen, dass in den Werten bereits Umrüstvorgänge und Produkt- sowie Aufmachungswechsel berücksichtigt wurden. Somit handelt es sich um praxisnahe Werte, die sich über einen längeren Zeitraum eingestellt haben. Diese Werte können je nach Anzahl der Produktwechsel variieren.

Erkenntnisse aus der VSM

Die Vermutung, dass die Abfüllung der limitierende Bereich ist, kann durch den Vergleich der maximalen Leistungen der Abfüllung und der Bulk-Produktion bestätigt werden.

Die Erfassung der Daten für die Leistung der Bulk-Produktion hat zusätzlich gezeigt, dass der gesamte Herstellungsprozess nicht robust ist und die Produktionszeiten stark schwanken können. Die Schwankungen der Durchlaufzeit wurden basierend auf der Erfassung und Analyse der letzten 200 Produktionen errechnet. Für diese geringe Anzahl an Produktionen wurden Schwankungen der Durchlaufzeit von +154,4 % und – 80,8 % gemessen. Diese Schwankungen wurden bezogen auf den Mittelwert bei mehrfacher Produktion des gleichen Produktes. Diese Streuung ist darauf zurückzuführen, dass während der Herstellung oftmals Proben genommen und ausgewertet werden müssen. Ob pH-Wert- oder Viskositätskontrolle, die Tests benötigen Wartezeiten. Sollten die Messungen ergeben, dass Parameter außerhalb der Toleranzgrenzen liegen, müssen Korrekturen erfolgen und mit Hilfe anderer Rohstoffe definierte Parameter in den Toleranzbereich zurückgeführt werden. Derartige Korrekturen können zu starken Abweichungen der Durchlaufzeiten führen und lassen sich schwer vermeiden, da es für die Parameterabweichungen verschiedenste Ursachen gibt. Beispielsweise können Rohstoffe abweichende Eigenschaften haben, automatische Dosiersysteme sowie Waagen haben eine gewisse Schwankungsbreite und die menschliche Komponente als Fehlerquelle ist ebenfalls immer präsent.

In Kapitel 3.16 wurde die fehlende Prozessüberwachung als Schwachstelle angeführt. Hier lassen sich die Auswirkungen gut erkennen. Schwankungen im Prozess werden auf Grund fehlender Analyse und Dokumentation nicht rechtzeitig erkannt. Dadurch wird die Einleitung von Verbesserungsmaßnahmen erschwert. Die Prozessstreuung in den Griff zu bekommen wäre jedoch von größter Bedeutung, da eine ordentliche Planung durch streuende Prozesse zusätzlich erschwert wird. Der aktuelle Projektrahmen umfasst lediglich die Analyse und Verbesserung der Produktionsprozessplanung und nicht die Verbesserung des Produktionsprozesses an sich. Somit gilt es, die Planung für die aktuelle Produktion zu untersuchen, auch wenn der Produktionsprozess nicht alle

Grundsätze guter Prozesse erfüllt. So kann der aktuelle Produktionsprozess als effektiv bezeichnet werden, jedoch nicht als effizient. Das Thema Prozessverbesserung kann bei Interesse in „Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren“ von Becker Torsten nachgelesen werden. Die Kapitel „Effizienz und Effektivität“¹⁴⁵ sowie „Zehn Grundsätze guter Prozesse“¹⁴⁶ geben die gewünschten Eigenschaften eines guten Prozesses bündig wieder.

3.2.3 Mögliche Lösungsansätze

Aufbauend auf den beschriebenen Schwachstellen in Punkt 3.1.6 und dem gewonnenen Wissen aus der VSM wurden folgende Lösungsansätze erarbeitet. Alle Vorschläge haben das Ziel, die Komplexität des Planungsprozesses zu reduzieren und somit die Aufgabe von den Erfahrungen eines einzelnen Mitarbeiters loszulösen. Im gleichen Zuge soll durch die Reduktion der Komplexität der Zeitaufwand für Planungsaufgaben reduziert werden. Die freigespielten Zeitressourcen könnten in Zukunft verwendet werden, um die fehlende Prozessüberwachung sowie die Kapazitätsterminierung zu gestalten und einzuführen. Speziell von der Prozessüberwachung würde man sich Vorteile erwarten, da somit zeitnah auf Prozessabweichungen von den Vorgabewerten reagiert werden könnte.

Lösungsansatz 1 - Anbindung der Abfüllung über eine Pull-Steuerung

Dieser Ansatz baut auf der Idee auf, dass nur die letzte Produktionsstufe geplant werden muss und die vorgelagerte Stufe sich dezentral über ein Pull-System steuert. Konkret würde das folgendermaßen aussehen: Über die zentrale Feinplanung werden Fertigungsaufträge an den Abfülllinien bereitgestellt. Die benötigte Bulk-Produktion wird nicht zentral, sondern über ein Kanban-System dezentral gesteuert. Die Abfüllung würde somit den benötigten Bulk „ziehen“, wenn sie ihn tatsächlich braucht und müsste nicht weiter zentral von der Feinplanung gesteuert werden.

Dieser Ansatz würde die Zweidimensionalität im Planungsprozess überbrücken. Die Feinplanung müsste folglich nur noch die Abfüllung planen und müsste sich nicht weiter um die Produktion des Bulks kümmern. Die damit einhergehende Entlastung der Feinplanung würde die Planungsaufgabe weniger komplex werden lassen. Dieser viel-

¹⁴⁵ Vgl. (Becker, 2008), S. 12

¹⁴⁶ Vgl. (Becker, 2008), S. 14 – S. 17

versprechende Ansatz wird in Kapitel 3.2.4 detailliert aufgearbeitet. Theoretische Ansätze von Pull-Konzepten wurden in Punkt 2.2.4.1 beschrieben. Verschiedene Varianten von Kanban-Steuerungen wurden in Punkt 2.2.4.2 aufgearbeitet.

Lösungsansatz 2- Dezentralisierung von Planungsaufgaben

Man könnte die Hauptaufgabe der Feinplanung auf die Planung des Bulks legen. Bisher hatte der Feinplaner auch die Abfüllung berücksichtigen und die Reihenfolge von Aufträgen vorgeben müssen. Theoretisch wäre es möglich, diese Aufgabe auf den Maschinenführer oder den Schichtleiter zu übertragen. Der Maschinenführer müsste sich näheres Wissen über die Produkteigenschaften sowie die Verpackungsmaterialien aneignen und selbstständig für die Reihenfolgeplanung auf seine Anlage sorgen. Es wäre dann in Zukunft seine Aufgabe die Abfüllreihenfolge der fertiggestellten Bulks unter Berücksichtigung der Anzahl der Rüstvorgänge sowie chemisch-technischer Restriktionen eigenständig festzulegen.

Lösungsansatz 3- Prioritätsregelverfahren

Ein möglicher Ansatz wäre, dass die Planung des Bulks Hauptaufgabe der Feinplanung bleibt. Die Anbindung der Abfüllung könnte über das Prioritätsregelverfahren erfolgen. Für nähere Beschreibungen der verschiedenen Prioritätsregeln siehe Punkt 2.2.4.4. Die FCFS-Regel¹⁴⁷ sowie die FLT-Regel¹⁴⁸ könnten sich hier zum Beispiel anbieten.

Geht man von der Anwendung der FCFS-Regel aus, so könnte festgelegt werden, dass die Bulk-Produktion, die als erste fertiggestellt wird, auch als erste abgefüllt werden muss. Somit würde sich die Planungsaufgabe für die Feinplanung vereinfachen, da der Abfüllprozess immer nach der gleichen Regel abläuft und nicht für jede Produktion separat zu planen ist.

So naheliegend und plausibel dieser Ansatz auch wirkt, kann die Anwendung von derartigen Regeln auch negative Nebenerscheinungen haben. So würde man die Flexibilität, die durch die Trennung von Bulk-Produktion und Abfüllung gewonnen wird, möglicherweise verlieren. Bei strenger Einhaltung von beispielsweise der FCFS-Regel könnte es passieren, dass Abfüllanlagen blockiert werden.

¹⁴⁷ FCFS-Regel ... First-come-first-served-Regel

¹⁴⁸ FLT-Regel ... Früheste Liefertermin-Regel

Ansatz 4- Mizusumashi als Informationsträger

Aktuell fällt dem Mizusumashi bei Hagleitner einzig die Rolle als Logistiker zu. Er befördert Material von oder zu den Montagelinien. Die Funktionsweise des Mizusumashi-Konzeptes wurde bereits in Punkt 3.1.3 beschrieben und kann bei Bedarf nachgelesen werden.

Bei Takeda wird der Aufgabenbereich des Mizusumashis stark erweitert. Neben der Funktion als Logistikexperte bekommt der Mizu die Aufgabe Informationen und Know-how weiter zu geben. Ein Definition lautet: „Er ist gleichsam Kopf, Hände und Füße der Montage. Er gibt den Werkern den Takt vor, weist auf Verspätungen hin, gibt an, was als nächstes kommt und unterstützt Werker, die im Rückstand sind, durch Übernahme von Prüftätigkeiten, durch das Angeben von Werkzeugen, usw.“¹⁴⁹

Würde man diesen Ansatz weiter verfolgen, könnte man die Aufgabe der Abfüllungsplanung von der Feinplanung auf den Mizusumashi übertragen. Er würde dann in Zukunft das Bindeglied zwischen Bulk-Produktion und Abfüllung darstellen. Er würde die Auftragsreihenfolge an den Abfüllanlagen festlegen und könnte in weiterer Folge im Bereich Prozessüberwachung der Abfüllung tätig werden.

Um diesen Ansatz jedoch weiter verfolgen zu können müsste das Mizusumashi-Konzept einem Prozess-Reengineering¹⁵⁰ unterzogen werden. Wie erwähnt fällt den Mizusumashis aktuell lediglich die Aufgabe von Transporteuren zu. Man müsste die bestehenden Mizus weiter schulen oder die Position des Mizus durch erfahrener Mitarbeiter besetzen. Zusammenfassend kann man sagen, dass man das gesamte Konzept des Mizusumashis überarbeiten müsste. Sollte ein derartiges Projekte in Zukunft aufgegriffen werden, wäre es sinnvoll den obigen Gedanken einzubinden und den Mizu als reihenfolgebildende Einheit zu integrieren.

Ansatz 5- Einsatz von Optimierungssoftware

Dieser Ansatz sieht die Einführung neuer Software vor, um den Planungsprozess zu unterstützen. Optimierungsalgorithmen könnten dabei eine Lösung nahe dem Optimum für die Reihenfolgebildung bei Kesselbelegung und Abfüllung finden. Wie bereits anfänglich in Kapitel 3.2 erwähnt, soll dieser Ansatz nicht weiter berücksichtigt werden. Vollständigkeitshalber wird er jedoch erwähnt, da er in Zukunft weiter verfolgt werden

¹⁴⁹ Zit. (Takeda, 2008), S. 190

¹⁵⁰ Beim Prozess-Reengineering werden Prozesse fundamentalen, radikalen und dramatischen Veränderungen unterzogen. Es werden sozusagen neue Prozesse ohne vorgegebene Voraussetzungen oder Randbedingungen geschaffen. vgl. (Becker, 2008), S. 20

könnte, wenn die Produktionsvolumina steigen und weitere Produktrezepturen entstehen sollten.

Ansatz 6- Abteilungsübergreifende Springerfunktion

Der Aufbau eines neuen Mitarbeiters als Springer würde keine generelle Vereinfachung des Planungsprozesses mit sich bringen, würde jedoch dabei helfen Aufgaben von einzelnen Mitarbeitern zu lösen. Ein Mitarbeiter in der Funktion des Springers könnte abteilungsübergreifend auftreten und neben der Planungsarbeit in der Chemie auch die Bereiche Spendermontage, Papierproduktion und Spritzguss unterstützen. Er würde sämtliche Planungsbereiche (Grob- und Feinplanung) kennenlernen und bei personellen Engpässen (auf Grund von Urlaub, Krankheit, Karenz, etc.) in allen Abteilungen mitarbeiten. Des Weiteren könnte beispielsweise die fehlende Prozessüberwachung, wie sie in Punkt 3.1.6 als Schwachstelle beschrieben wurde, dem Springer als Hauptaufgabe zugeteilt werden.

Eine durchgehende Lösung für sämtliche Produktionsbereiche zu finden ist vermutlich in den seltensten Fällen möglich. Der Einsatz verschiedener Konzepte könnte zu hybriden Gesamtlösungen führen.

3.3 Lösungsansatz: Bulk-Produktion über Kanban steuern

Der in Punkt 3.2.3 vorgestellte Lösungsansatz einer Pull-Steuerung wird in diesem Kapitel weiter verfolgt und ein konkretes Konzept wird für die showerMAID-Abfüllung¹⁵¹ wird ausgearbeitet. Es wurde dieser Produktionsbereich ausgewählt, da es sich aus technischer Sicht um eine einfache Anlage handelt. Aus chemischer Sicht wird ein unkompliziertes und unbedenkliches Produkt abgefüllt. Der gesamte Abfüllprozess ist außerdem unkompliziert und robust. Außerdem gibt es eine geringe Variantenanzahl an Fertigprodukten und der Bedarf an diesen ist relativ konstant. Somit werden wichtige Grundvoraussetzungen für die Einführung einer Kanban-Steuerung erfüllt.

Vorerst wird ein Überblick über die Abfülllinie gegeben und anschließend wird das entwickelte Konzept im Detail beschrieben. Diese Linie soll als Pilotlinie verwendet werden um auszutesten, wie eine mögliche Trennung der Bulk- von der Abfüllplanung aussehen könnte. Es wird genau beschrieben, wie der Prozess nach der Entkoppelung der

¹⁵¹ Die showerMAID-Abfüllung erfolgt auf der „Abfülllinie 4“.

Bulk- und Abfüllplanung aussehen soll, welche Personen daran beteiligt sind und welche Umsetzungsmaßnahmen gemacht werden müssen, um dieses Ziel zu erreichen. Die Funktionsweise einer Kanban-Steuerung wurde in theoretischer Form in Punkt 2.2.4.2 diskutiert.

3.3.1 ShowerMAID-Produktion aktuell

Die showerMAID-Abfüllanlage wird von zwei Mitarbeitern manuell bedient. Diese füllen das Fertigprodukt aus mobilen Kesseln mit einem Fassungsvermögen von 800 Litern ab. An der Linie wird das Produkt in 200 ml Fläschchen abgefüllt, anschließend die Abgabereinheit per Ultraschallverschweißung und abschließend eine Transportkappe angebracht. Danach verpacken die Mitarbeiter die Fläschchen in Überkartons und stapeln diese auf Paletten.

Die Bulk-Produktion erfolgt im Normalfall direkt in einem mobilen Kessel und die Bereitstellung des Fertigproduktes an der Abfüllmaschine erfolgt durch den Mizusumashi. Das Konzept des Mizusumashis wurde in Punkt 3.1.3 erklärt.

Wie unter 3.1.4 beschrieben, erfolgt die Planung von Produktion und Abfüllung zentral durch die Feinplanung. Die Feinplanung muss an Hand der Daten aus der Grobplanung Abfüllaufträge erstellen. Damit diese bearbeitet werden können, muss die Produktion des Produktes zeitlich und mengenmäßig so eingeplant werden, dass es rechtzeitig in der richtigen Menge an der Abfüllanlage bereit steht. Die Bulk-Produktion wird ebenfalls von der Feinplanung gesteuert.

3.3.2 Konzept der neuen Kanban-Steuerung

Die Funktionsweise der aktuellen Auftragssteuerung über „03er“- und „04er“- Aufträge lässt sich in Punkt 3.1.4.2 nachlesen. Die showerMAID-Abfüllung würde weiterhin über den „04er“-Auftrag von der Feinplanung gesteuert werden. Allerdings kann der Nachschub an abfüllbarem Fertigprodukt über eine Kanban-Steuerung erfolgen. Das nachfolgende Konzept wurde entwickelt und beschreibt eine Möglichkeit wie die Mehrdimensionalität der Feinplanung und Steuerung überbrückt werden könnte. Die Feinplanung würde weiterhin die Abfüllaufträge nach dem MPS aus der Grobplanung einplanen und über das bestehende System der Auftragsplantafel steuern. Jedoch müsste sich die Feinplanung nicht mehr um die Bulk-Produktion kümmern. Diese würde sich selbstständig über den Kanban-Kreislauf steuern können. Das Konzept der Bulk-

Steuerung über ein Kanban-System wird mit Hilfe von Arbeitsanweisungen für die Feinplanung, die Mitarbeiter an der Abfülllinie, den Mizusumashi und für den Produzenten in der Bulk-Produktion festgehalten.

Feinplanung

Die Feinplanung muss in Zukunft nur noch den Abfüllauftrag planen. Aus den Daten der Grobplanung gibt die Feinplanung Aufträge nach dem tatsächlichen Bedarf frei. Der Planer muss die Abfüllaufträge („04er“) in Papierform ausdrucken und in die Plan-
tafel an der Abfülllinie einreihen. Die Reihenfolge nach der die Aufträge gesteckt werden, gibt den Abfüllern die Reihenfolge vor, wie und was sie abzufüllen haben.

Was sich für den Feinplaner ändert ist der Sachverhalt, dass er künftig keine „03“-Aufträge planen muss. Er muss keine „03er“-Aufträge in Papierform ausdrucken und keine Kesselbelegung oder Produktionsreihenfolgen planen. Diese Teilaufgaben der Planung und Steuerung regeln sich über das Kanban-System eigenständig und dezentral.

Ablauf Mitarbeiter Abfüllung

Der Mitarbeiter an der Abfüllanlage entnimmt der Plantafel den nächsten Auftrag. Er geht zum neu errichteten Supermarkt, wo sich pro Produkt zwei volle IBCs¹⁵² (mobile Kessel) auf den Stellflächen STP1 und STP2 befinden. Der IBC von STP1 wird auf den Arbeitsplatz gebracht. Das Bulkverfolgungsformular wird mit dem Abfüllauftrag zusammengeführt. Die Chargennummer des Bulks wird auf den Abfüllauftrag geschrieben, damit später die Chargenverfolgung gewährleistet werden kann. Die Chargenverfolgung als charakteristisches Merkmal der Prozessindustrie kann in Punkt 2.1.1 nachgelesen werden. Der Abfüllauftrag wird gestartet und abgeschlossen wie bisher. Die Abfüllung an sich, die Verpackung in Überkartons, die Palettierung der Überkartons sowie die Buchung der fertig palettierten Ware läuft weiterhin wie gewohnt ab.

¹⁵² IBC und mobiler Kessel sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Behälter. Einfachheitshalber wird im Weiteren der Begriff IBC auch für mobile Kessel verwendet werden.

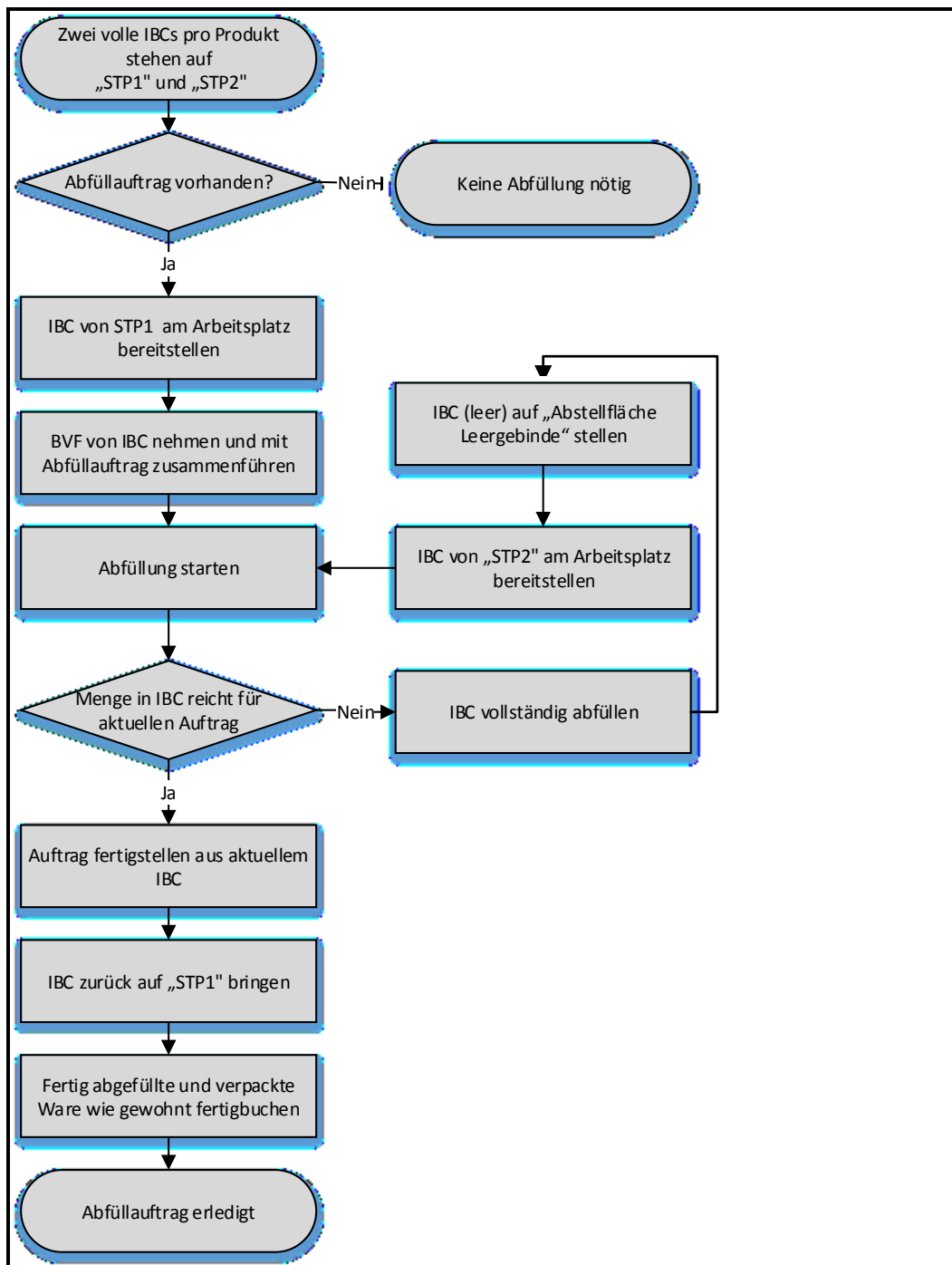


Abbildung 21: Ablauf showerMAID Abfüllung¹⁵³

Ist der Abfüllauftrag mengenmäßig kleiner als der Inhalt des IBCs, wird der nicht vollständig abgefüllte IBC auf STP1 retourniert. Der Auftrag gilt als abgeschlossen und die Anlage wird nach Vorschrift gereinigt. Der Folgeauftrag kann nach gleichem Ablaufschema begonnen werden.

¹⁵³ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

Sollte der Fall eintreten, dass ein Abfüllauftrag größer oder gleich der Produktmenge im IBC ist, wird der IBC, sobald er leer ist, an die dafür extra vorgesehene „Stellfläche Leergebinde“ befördert. Diese Stellfläche wurde so zu Arbeitsplatz und Supermarkt positioniert, dass der Mitarbeiter keine unnötigen Wege hat.

Wenn laut Abfüllauftrag mehr vom gleichen Produkt benötigt wird, so wird der volle IBC von STP2 direkt an den Arbeitsplatz befördert und nach Zusammenführung von Bulkverfolgungsformular und Abfüllauftrag, abgefüllt. Sollte ein anderes Produkt benötigt werden, wird der IBC des aktuellen Produkts von STP2 auf STP1 geschoben. Anschließend holt der Mitarbeiter das aktuell benötigte Produkt an den Arbeitsplatz.

Für den Mitarbeiter an der Abfüllanlage hat sich grundsätzlich nicht viel verändert. Er muss künftig nur die Schritte befolgen, wenn ein IBC leer ist. Durch das Abstellen des leeren IBCs auf „Abstellfläche Leergebinde“ und das Abstellen der vollen IBCs im Supermarkt auf den markierten Positionen gewinnt der ganze Bereich zusätzlich an Ordnung und Sauberkeit. Der Mehraufwand dafür ist kaum merkbar. Der beschriebene Ablauf wurde in Abbildung 21 als Flussdiagramm dargestellt und soll den neuen Ablauf verständlicher machen.

Ablauf Mizusumashi

Der Aufgabenbereich des Mizusumashis beginnt bei der „Abstellfläche Leergebinde“. In fest vorgegebenen Zeitabständen macht der Mizu einen Kontrollrundgang in diesem Bereich. Befindet sich während eines Kontrollgangs ein leerer IBC auf der „Abstellfläche Leergebinde“, ist es Aufgabe des Mizus diesen IBC umgehend in die Bulk-Produktion zu befördern. Der leere Behälter dient in diesem Fall als Sicht-Kanban und gibt dem Mizu die Information, dass der Behälter zum Abtransport bereit ist.

Im Bulk stellt er den IBC auf die gleichnamige „Abstellfläche Leergebinde“. Er entnimmt der Halterung am IBC die Kanban-Karte. Diese trägt er in die Leitwarte der Bulk-Produktion und reiht sie an der ersten freien Steckposition in die Warteschlange für den Mischer 206 ein. Die Kanban-Karte tritt in weiterer Folge als sogenannter Produktions-Kanban auf und ersetzt den „03er“-Auftrag, der bisher in der Plantafel der Bulk-Produzenten die Reihenfolge und Kesselbelegung von einzelnen Aufträge gezeigt hat. Die Funktionsweise von Mischer 206 wurde in Punkt 3.1.1.1. „Produktionsanlagen“ beschrieben. Die verschiedenen Arten von Kanbans wurden in Punkt 2.2.4.2 „Kanban“ beschrieben.

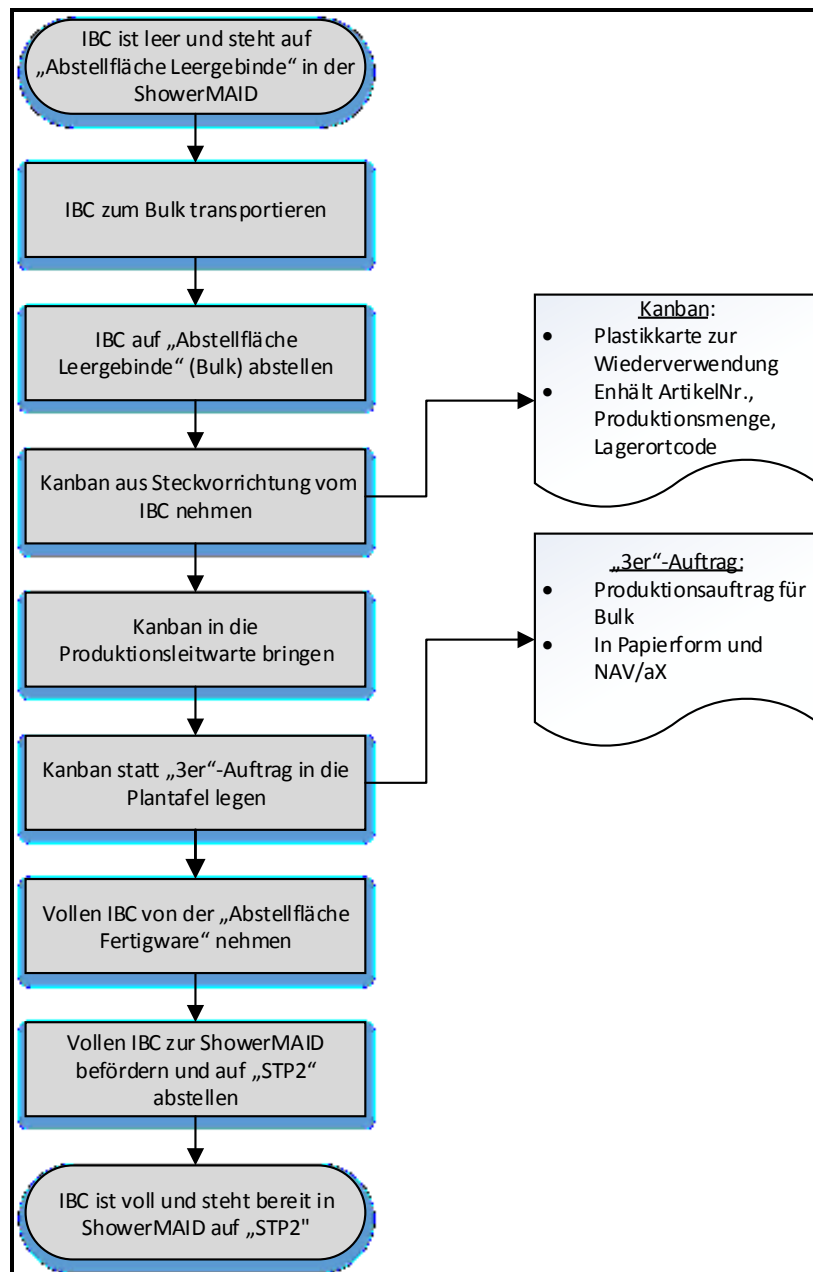


Abbildung 22: Ablauf Mizusumashi¹⁵⁴

Im Bereich der Bulk-Produktion befinden sich Stellflächen für Leergebinde und Stellflächen für Fertigware. Sollte sich auf der Stellfläche Fertigware ein voller IBC befinden, nimmt der Mizusumashi diesen und befördert ihn an die dafür vorgesehene Stellfläche STP2 in der showerMAID-Abfüllung. Dabei muss er kontrollieren, ob sich die Kanban-Karte sowie das Bulkverfolgungsformular in den dafür vorgesehenen Steckvorrichtungen am IBC befinden.

¹⁵⁴ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

Ablauf Bulk-Produktion

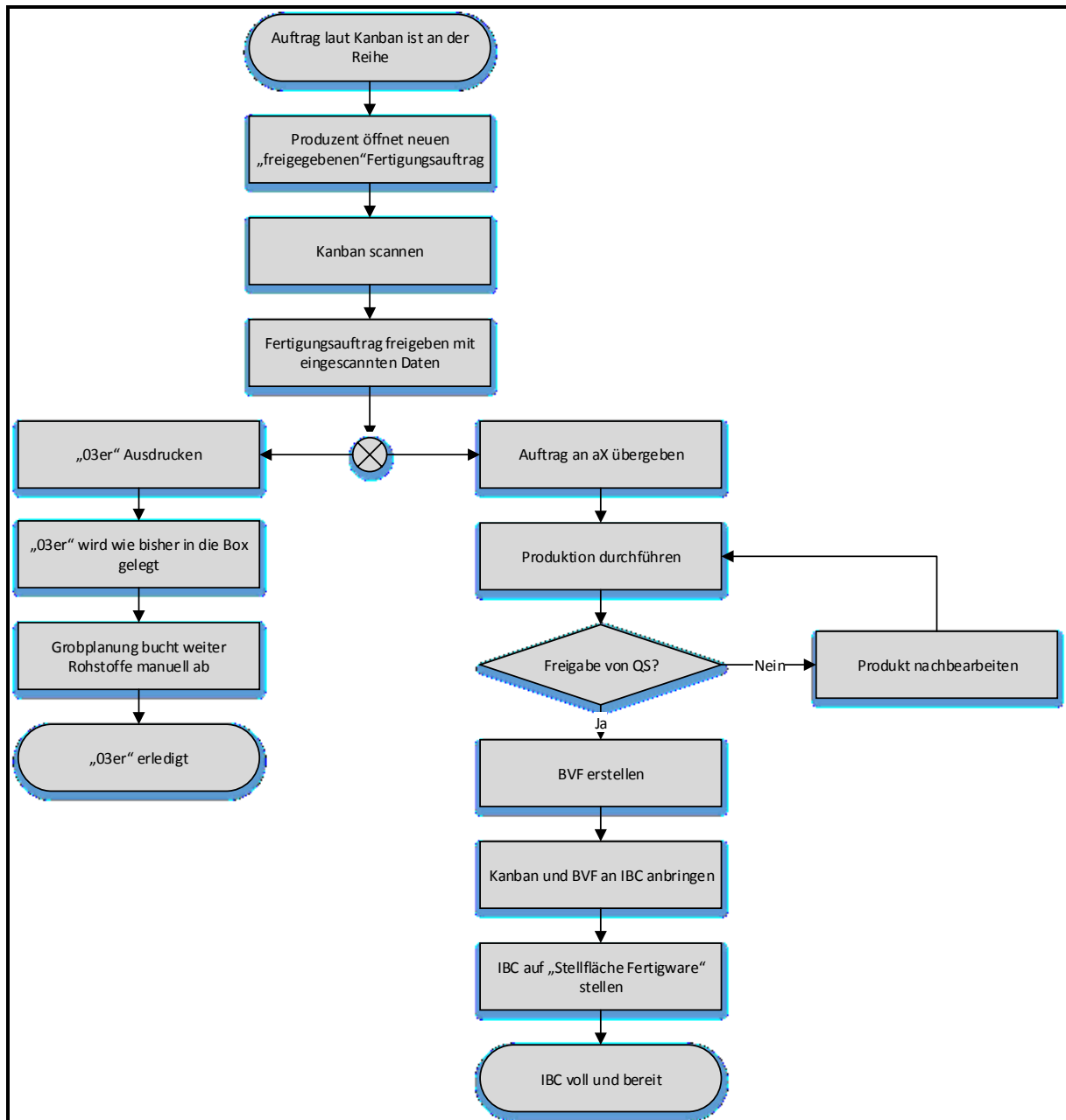
Die Aufgabe des Produzenten beginnt, wenn die Kanban-Karte in der Plantafel an die Position „nächster Fertigungsauftrag“ vorrückt. Der Produzent holt den leeren IBC von der „Abstellfläche Leergebinde“ und befördert diesen zum Mischer 206. Der Produzent muss dafür Sorge tragen, dass der IBC im Vorhinein in einen ordentlichen und hygienisch einwandfreien Zustand gebracht wurde.

Das Erstellen eines neuen Auftrages in Navision und das Überspielen ins aXproduction sind neue Aufgabenschritte, die der Produzent bekommt. Er muss im Navision einen „freigegeben Fertigungsauftrag“ öffnen und durch Scannen der Kanban-Karte die nötigen Daten für den Fertigungsauftrag einlesen. Einzulesende Daten sind die Artikelnummer, die zu produzierende Menge sowie der Lagerortcode. Mit den gescannten Informationen von der Kanban-Karte wird ein neuer Auftrag berechnet. Anschließend wird dieser „03er“-Auftrag ausgedruckt und an aXproduction übergeben.

Der Auftrag in Papierform wandert in eine Ablage für „03er“-Aufträge, damit die Grobplanung später die Rohstoffausbuchungen nachkontrollieren kann. Mit dem an aXproduction überspielten Auftrag kann nun der Produzent wie gewohnt mit der Herstellung des Produktes beginnen. Er ordnet den Auftrag dem Kessel 206 zu und produziert diesen nach in aXproduction hinterlegten Rezepturen.

Befinden sich alle gemessenen Parameter des Fertigproduktes innerhalb der Toleranzgrenzen, wird die Freigabe erteilt. Sollten irgendwelche Werte außerhalb der Toleranzen liegen, wird das Produkt, falls möglich, durch einen Nacharbeitsschritt korrigiert. Sollte das nicht machbar sein, so wird der Bulk gesperrt und der Entsorgung zugeführt. Die Freigabe erfolgt dann einerseits im aXproduction und andererseits in Papierform über das Bulkverfolgungsformular.

Die letzte Aufgabe des Produzenten ist es, die Kanban-Karte und das Bulkverfolgungsformular in die dafür vorgesehenen Steckvorrichtungen am IBC zu stecken und diesen auf die „Abstellfläche Fertigware“ zu befördern. Siehe dazu Abbildung 23.

Abbildung 23: Ablauf Bulk-Produktion¹⁵⁵

3.3.3 Maßnahmen zur Umsetzung der Pull-Steuerung

Um die Aufträge für die Bulk-Produktion über die beschriebene Steuerung freigeben zu können, müssen im Wesentlichen nur Kleinigkeiten angepasst werden. Die Anschaffungen, die getätigt werden müssen, halten sich in Grenzen. Die folgenden Punkte geben einen Überblick über nötige Anschaffungen und ablauftechnische Strukturen, die angepasst werden müssen:

¹⁵⁵ Eigene Darstellung des Verfassers; erstellt mit MS Visio Professional

- Es muss grundsätzlich ein ordentlicher Supermarkt eingerichtet werden. Für jedes Produkt X, das auf der showerMAID-Anlage abgefüllt wird, müssen zwei IBCs vorhanden sein. Somit müssen auch Stellplätze für die IBCs fest definiert werden. Platz ist vorhanden, jedoch müssen diese Stellplätze definiert und fest zugewiesen werden. Außerdem ist der Supermarkt so zu positionieren, dass die Mitarbeiter möglichst geringe Transportwege haben. Unnötige Transportzeiten und Wege sollen dadurch vermieden werden.
- Es müssen Bodenmarkierungen für festgelegte Stellflächen „STP1“, „STP2“, „Abstellfläche Fertigware“ und „Abstellfläche Leergebinde“ geschaffen werden. Das muss sowohl im Bereich der showerMAID-Abfüllung als auch in der Bulk-Produktion erfolgen. Hier müsste man sich zwischen aufgemalten Markierungen und klebenden Stickers für Bodenmarkierungen entscheiden.
- Es müssen jeweils zwei IBCs pro Produkt vorhanden sein. Verschiedene Größen oder Formen können sich hier eignen. Im vorliegenden Fall würden vorerst alte IBCs hergerichtet werden, so dass die Produktion direkt im Gebinde erfolgen kann. Sobald wie möglich sollen diese durch mobile PVC-Kessel ersetzt werden. Favorit wäre ein mobiler PVC IBC mit einem rollbaren Gestell und Deckel. Fassungsvermögen wäre 700 Liter.
- Die IBCs müssen mit den nötigen Gefahrensymbolen versehen werden. Herausforderung hierbei ist es, die Beschriftungen wasserfest zu gestalten, da die IBCs regelmäßig gereinigt und dabei auch die Außenbereiche gespült werden. Außerdem müssen an den IBCs zwei Steckvorrichtungen, eine für das Bulkverfolgungsformular und eine für die Kanban-Karte, angebracht werden.
- Die Kanban-Karten müssen designed werden. Diese Karte ist farblich entsprechend dem Produkt gestaltet. So ist beispielsweise die Kanban-Karte für ein rosa Produkt ebenfalls in rosa zu halten. Zur visuellen Unterstützung soll des Weiteren eine leicht verständliche Abbildung des Produkts dargestellt werden. Die Karte enthält weitere Informationen wie die Artikelnummer, die Menge entsprechend dem Kanban-Gebinde sowie einen Lagerortcode. Sämtliche Daten sind als Barcodes dargestellt, um ein Scannen der Daten zu ermöglichen und fehlerhafte, manuelle Eingaben zu umgehen. Hierfür müssen wasserfeste, laminierte Karten verwendet werden.

- Die Produzenten in der Leitwarte Chemie haben PCs und Zugänge zu sämtlichen Programmen wie MS Dynamics NAV und aXproduction. Sollte ein Produzent keine volle Zugangsberechtigung zu einem der Systeme haben, müsste das umgehend über die IT-Abteilung eingerichtet werden. Außerdem muss ein eigener Drucker installiert werden, um die „03“-Aufträge in Papierform ausdrucken zu können, da die Produzenten sonst immer Drucker anderer Bereiche ansteuern und anschließend lange, unnötige Wege zurücklegen müssten.
- In MS Dynamic NAV müsste ebenfalls eine Anpassung vorgenommen werden. Aktuell plant die Grobplanung Aufträge in der Zukunft ein und das ERP-System erstellt eigenständig die „04er“- und „03er“-Aufträge. Damit jedoch eine ordentliche Ausbuchung der verwendeten Rohstoffe und Chargenverfolgung gewährleistet werden kann, muss der Abfüll-Auftrag vom Bulk-Produktions-Auftrag getrennt werden. Der Planungsprozess in Zusammenhang mit den verschiedenen Aufträgen lässt sich in Punkt 3.1.4.2 nachschlagen. Diese Änderungen müssen vom Logistik-Leitstand durchgeführt werden.
- Es müssen Arbeitsanweisungen für die betroffenen Mitarbeiter geschrieben werden. Das betrifft die Mitarbeiter in der showerMAID- Abfüllung, die Produzenten im Bulk sowie die Mizusumashis. Arbeitsanweisungen werden nach standardisierten Vorlagen für die Firma Hagleitner mit Bildern und Textstellen erstellt. Die visuelle Darstellung von Arbeitsschritten soll dabei helfen, mögliche Missverständnisse aufgrund einer Sprachbarriere zu verhindern und eine ordnungsgemäße Ausführung von Arbeitsschritten zu unterstützen.
- Mit Hilfe der Arbeitsanweisungen wird von der Abteilungs- bzw. Bereichsleitung eine Schulung für diese Mitarbeiter durchgeführt. Der Prozessablauf wird erläutert, Begriffe definiert und auf mögliche Fehlerquellen wird hingewiesen. Da man sich in der chemischen Hygiene Industrie befindet, wird verstärkt Wert auf Ordnung und Sauberkeit gelegt. Siehe hierzu 5 S-Konzept in Punkt 2.4.

3.3.4 Vorteile – Nachteile einer Kanban-Steuerung

Mit einer Kanban-Steuerung für den Nachschub an abfüllbarem Fertigprodukt wäre das primäre Ziel dieses Projekts erreichbar. Die Trennung der zwei Planungsbereiche Bulk und Abfüllung könnte so überwunden werden. Die Feinplanung würde sich in Zu-

kunft nur am Bedarf aus der Grobplanung orientieren und Abfüllaufträge nach tatsächlichem Bedarf freigeben. Der Planer müsste sich nicht mehr um die Produktion des Bulks kümmern. Die Produktion direkt in den IBCs würde sich wie beschrieben eigenständig steuern. Die folgenden Punkte sollen für den vorliegenden Fall eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile darstellen.

Vorteile einer Kanban-Steuerung:

- Der Planungsprozess für die Feinplanung vereinfacht sich immens. Die Aufgabe der Feinplanung war bisher die Planung der Bulk-Produktion sowie der Abfüllung. Mit der Einführung des vorgeschlagenen Steuerungskonzepts muss künftig kein Bulk mehr weder zeitlich noch mengenmäßig geplant werden. Das würde dabei helfen, die Komplexität der Feinplanung zu reduzieren
- Es wird eine höhere Flexibilität bei der Abfüllung, sowohl in Bezug auf die Menge als auch auf das abzufüllende Produkt, erreicht. Da von jedem Fertigprodukt zwei IBCs im Supermarkt vorhanden sind, kann die Abfüllung viel flexibler gestaltet werden. Die Größe des Abfüllauftrages kann viel flexibler gewählt werden. Man kann kleinere Auftragsmengen als früher erstellen. Aktuell wird immer ein IBC vollständig abgefüllt ehe ein neuer angefangen wird. So könnte jegliche Auftragsmenge abgefüllt werden. Der nicht vollständig entleerte IBC wird einfach mit der Restmenge in den Supermarkt auf die vorgesehene Position zurückgestellt und steht für einen späteren Auftrag bereit. Dadurch kann immer genau das Produkt abgefüllt werden, das tatsächlich benötigt wird.
- Durch die Einführung eines ordentlichen Supermarktes (der Begriff steht zusammenfassend für STP1 und SPT2 von jedem Produkt) wird Sauberkeit und Ordnung gewährleistet. Fest definierte Stellplätze mit neuen Bodenmarkierungen helfen dabei Struktur und Ordnung einzuhalten und unterstützen das 5S-Konzept, das unternehmensweit betrieben wird. Das 5S-Konzept wurde in Punkt 2.4 in theoretischer Form aufgearbeitet.
- Bisher hatte man Schwierigkeiten, einen konkreten Ablaufplan für das Mizusumashi-Konzept zu erstellen. Das aktuelle Projekt lässt sich als Anfangspunkt für die Ausarbeitung eines Fahrplans für den Mizusumashi nehmen. Da für die Steuerung der showerMAID-Abfüllung fixe Zeiten für Kontrollrunden definiert werden, können diese als erste fixe Station des Mizusumashi-Fahrplans verwendet werden.

- Die Tatsache, dass die showerMAID-Abfüllung eine unkomplizierte Anlage ist, kann genutzt werden, um die Umstellungen im Bereich Fertigungssteuerung auszutesten. Man kann sie als Pilotlinie verwenden um Erfahrungen zu sammeln. Aus auftretenden Problemen und Hürden bei der Umstellung kann gelernt werden, um diese bei weiteren Umstellungen zu umgehen.

Nachteile und Probleme einer Kanban-Steuerung:

- Der Erfolg der eingeführten Steuerung hängt stark von den Mitarbeitern ab. Sollten sich diese nicht exakt an die vorgegebenen Abläufe halten, kann die Funktionsweise des Systems nicht gewährleistet werden. Sollten beispielsweise die Mitarbeiter der Abfülllinie leere Gebinde nicht an die dafür vorgesehenen Stellflächen abstellen, hätte der Mizu kein Signal-Kanban, dass ein Gebinde zu transportieren ist. Wenn der Mizu seiner Aufgabe nicht nachkommt und den Transport der Gebinde nicht nach Vorgabe zur Bulk-Produktion durchführt, kann kein neues Produkt nachproduziert werden.

Somit ist die exakte Einhaltung des definierten Prozesses von größter Bedeutung. Das kann durch genaue Arbeitsanweisungen sowie Schulungen der Mitarbeiter erreicht werden. Des Weiteren ist es unumgänglich, das eingeführte System nach der Einführung täglich zu überwachen und den Mitarbeitern täglich Hilfeleistung bei der Umsetzung der neuen Prozesse zu bieten.

3.3.5 Zusammenfassung der Einführung von Kanban an der showerMAID-Abfülllinie

Die showerMAID-Abfülllinie ist eine kleine Abfülllinie für eine Produktserie mit geringer Variantenvielfalt. Ein grundsätzlich robuster Abfüllprozess sowie eine konstante Nachfrage ohne extreme Bedarfsspitzen begünstigen in vorliegendem Fall die Einführung einer Pull-Steuerung.

Die Bulk-Produktion des abfüllbereiten Fertigproduktes sowie die anschließende Abfüllung wurden bisher separat von der Feinplanung gesteuert. Der Planer musste sowohl mengenmäßig als auch zeitlich die Produktion des Bulks planen und anschließend die Abfüllung anbinden. Durch diese Mehrdimensionalität des Planungsprozesses ergab sich eine immense Komplexität bei dieser Aufgabe.

Es wurde ein Konzept entwickelt, das diese Komplexität durch die Einführung einer Kanban-Steuerung reduziert. Es wurde eine Steuerung nach dem Pull-Prinzip eingeführt. Anschließend wurde ermittelt, welche Probleme sich dabei ergeben könnten und welche tatsächlichen Vor- und Nachteile sich gegenüber der aktuellen Steuerung ergeben würden.

Das neue Steuerungs-Konzept sieht folgendermaßen aus. Die Grobplanung arbeitet mit dem MRP-II-Konzept und liefert prognosebasierte Bedarfs- und Verbrauchsdaten für die Feinplanung. Dieser bestehende Ablauf war nicht Gegenstand des vorliegenden Projektes und wurde somit nicht näher untersucht.

Aus den vorgegebenen Bedarfsmengen der Grobplanung generiert sich künftig nur noch den Abfüllauftrag an der Abfülllinie. Die Planung der Bulk-Produktion wird eliminiert. Die Produktion des Bulks inklusive dazugehöriger zeitlicher und mengenmäßiger Planung regelt sich eigenständig über das Kanban-System.

4 Zusammenfassung der Resultate und Ausblick weiterer Einsatzmöglichkeiten

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, den Prozess der Produktionsplanung und –steuerung bei der Firma Hagleitner zu vereinfachen. Als Haupttreiber für die Komplexität wurde die zweistufige Produktionsstruktur ermittelt. Diese erschwert die Planung auf Grund der Tatsache, dass zwischen den beiden Produktionsstufen Chemie-Produktion (Bulk) und Chemie-Abfüllung keine starre Koppelung sondern eine flexible Anbindung der Abfüllung vorliegt. In der Praxis kann man sich das folgendermaßen vorstellen: Aus verschiedenen Produktionskesseln können verschiedene Abfüllanlagen angefahren werden. Das bedeutet für die Planung, dass sie beide Stufen separat planen muss und hier neben mengenmäßigen und terminlichen Vorgaben auch chemisch-technische Rahmenbedingungen berücksichtigen muss.

Einführung von Optimierung-Software wäre natürlich eine Möglichkeit vorliegende Aufgabe zu vereinfachen. Da jedoch bislang eine Planung ohne Zuhilfenahme von derartiger Software möglich war, wurde in diesem Projekt untersucht, ob es einfachere und kostengünstigere Alternativen gibt die Planungsstruktur zu vereinfachen.

Es wurden verschiedene Lösungsansätze zur Reduktion der Komplexität ermittelt und anschließend wurden ein Ansatz ausgewählt und umgesetzt. Während der Aufnahme

der IST-Situation konnte festgestellt werden, dass die limitierende Stufe die Chemie-Abfüllung und nicht die Chemie-Produktion ist. Somit wurde die Abfüllung als Takt gebende Einheit identifiziert und es wurde der Ansatz gewählt, der die Einführung einer Pull-Steuerung vorsieht. Die bisherige Planung, die die Fertigungsaufträge auf Basis des Push-Prinzips durch die Produktion gedrückt hatte, wurde umgestellt. Seither werden die Aufträge an der letzten Produktionsstufe eingelastet und die vorgelagerte Stufe plant sich dezentral über die Pull-Steuerung.

Hierfür wurde ein Kanban-System eingeführt, das auf Sicht- sowie Produktionskanbans aufbaut. Seit Einführung der neuen Steuerungsmethode muss lediglich die Chemie-Abfüllung geplant werden. Diese wird weiterhin von der Feinplanung zentral geplant und über vorhandene Plantafeln an den Abfülllinien gesteuert. Die eingeführte Systematik aus einem neuen Supermarkt und Kanbans steuert eigenständig die Bereitstellung und Produktion des Fertigproduktes. Seitens der Planung ist hier kein Eingreifen mehr nötig.

Somit konnte der bisher zweistufige Planungsprozess in einen einfacheren einstufigen Prozess überführt werden. Neben der Reduktion der Komplexität dieser Aufgabe können weitere positive Erscheinungen verzeichnet werden. Durch die Einführung eines neuen Supermarktes, als Ausgangspunkt für die Kanban-Steuerung, wird die gesamte Flexibilität des Abfüllprozesses erhöht. Bisher musste eine gewisse Menge an Chemieprodukt hergestellt und anschließend die gesamte Menge abgefüllt werden, auch wenn kein tatsächlicher Bedarf für das verkaufsfertige Produkt vorlag. Seither kann von jedem Produkt exakt die Menge abgefüllt werden, für die ein realer Bedarf vorliegt. Indem Restmengen einfach im Supermarkt weitergelagert werden können, wird hiermit die Verschwendung durch Überproduktion reduziert.

Zusätzlich konnte wertvolles Wissen generiert werden, auf welche Punkte bei der Umstellung von Push- auf Pull geachtet werden muss und was die Schwierigkeiten bei der Umsetzung sind. Die Mitarbeiter konnten sich an die neuen Abläufe gewöhnen und haben mittlerweile die Vorteile von Pull grundsätzlich erkennen können. Dies ist insofern von großer Bedeutung da der Erfolg jeglicher Neueinführung von der Teilnahme und Motivation jedes einzelnen Mitarbeiters abhängt.

Nach einer Ausführungsphase von 15 Monaten hat sich gezeigt, dass die Steuerung funktioniert und die gewünschten Verbesserungen mit sich bringt. Die Ausweitung des Verfahrens auf andere Produktfamilien oder sogar Unternehmensbereiche ist bereits

angedacht. So wurden bereits die ersten Schritte für die Umstellung der Kleingebinde-Abfüllung auf der „Abfülllinie 6“ eingeleitet. Auch hier wird man auf eine ähnliche Kombination aus Sicht- und Produktionskanbans aufbauen. Selbstverständlich muss dieses System in Abhängigkeit der gegebenen Rahmenbedingungen für jede Abfülllinie leicht modifiziert werden.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit wäre sogar die abteilungsübergreifende Bereitstellung von Materialien. Wie bereits in der Vorstellung des Unternehmens Hagleitner erwähnt wurde, besteht die Produktion aus den Bereichen Chemie-Produktion, Spritzguss, Spendermontage und Papierkonvertierung. Da die Chemieproduktion als interner Kunde des Spritzgusses auftritt, wäre es möglich den gesamten für die Chemie-Produktion benötigten Bedarf an Spritzgussteilen von der zentralen Planung loszulösen und über dezentrale Kanban-Steuerungen zu beschaffen.

Die hier angedachten Möglichkeiten zur Ausweitung der Pull-Systematik für Planungsprozesse in anderen Produktionsbereichen müssen in separaten Projekten aufgenommen und umgesetzt werden. Die in vorliegender Arbeit verwendete Methodik kann direkt übernommen werden.

5 Literaturverzeichnis

- Arnold, D., Kuhn, A., Isermann, H., Tempelmeier, H., & Furmans, K. (2008). *Handbuch Logistik* (3. Ausg.). Berlin Heidelberg: Springer.
- BARTEC. (2012). Broschüre Grundlagen Explosionsschutz. 11. überarbeitete Auflage.
- Becker, T. (2008). *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren* (2. Ausg.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Biesenbach, A. (2007). *Multi-Site-Scheduling in der chemischen Industrie - Anlagenbelegungsplanung bei international verteilten Produktionsstandorten*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Blömer, F. (1999). *Produktionsplanung und -steuerung in der chemischen Industrie - Ressourceneinsatzplanung von Batchprozessen auf Mehrzweckanlagen*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Brenner, J. (2015). *Lean Production - Praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung*. München Wien: Carl Hanser Verlag.
- Dangelmaier, W. (2009). *Theorie der Produktionsplanung- und Steuerung- Im Sommer keine Kirschkugeln?* Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Dangelmaier, W., & Warnecke, H.-J. (1997). *Fertigungslenkung - Planung und Steuerung des Ablaufs der diskreten Fertigung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Dickmann, P. (2007). *Schlanker Materialfluss - mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Diwekar, U. (2014). *BATCH PROCESSING - Modeling and Design*. Boca Raton: CRC Press - Taylor & Francis Group.
- Floyd, R. C. (2010). *Liquid Lean - Developing Lean Culture in the Process Industries*. New York: CRC Press - Taylor&Francis Group.
- King, P. L. (2009). *Lean for the process industries - Dealing with Complexity*. New York: CRC Press - Taylor&Francis Group.
- Lödding, H. (2008). *Verfahren der Fertigungssteuerung - Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Loos, P. (1997). *Produktionslogistik in der chemischen Industrie - Betriebstypologische Merkmale und Informationsstrukturen*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Placzek, T. S. (2007). *Dissertation: Optimal Shelf Availability - Analyse und Gestaltung integrativer Logistikkonzepte in Konsumgüter-Supply Chains*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Schawel, C., & Billing, F. (2014). *Top 100 Management Tool - Das wichtigste Buch eines Managers von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung* (5. Ausg.). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Schneider, H. M., Buzacott, J. A., & Thomas, R. (2005). *Operative Produktionsplanung und -steuerung - Konzepte und Modelle des Informations- und Materialflusses in komplexen Fertigungssystemen*. München Wien: R. Oldenbourg Verlag.
- Schoner, P. (2008). *Dissertation: Operative Produktionsplanung in der verfahrenstechnischen Industrie*. Kassel: kassel university press GmbH.

- Schönsleben, P. (2007). *Integrales Logistikmanagement*. Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Schulte, G. (2001). *Material- und Logistikmanagement* (2. Ausg.). München: Oldenbourg Verlag.
- Syska, A. (2006). *Produktionsmanagement: Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Takeda, H. (2007). *Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen* (7. Auflage Ausg.). (A. Meynert, Übers.) München: Verlag Franz Vahlen GmbH.
- Takeda, H. (2008). *Das System der Mixed Production - Personal-Order-Prinzip für kundenorientierte Produktion* (2. Ausg.). (A. Meynert, Übers.) München: mi-Fachverlag, FinanzBuch Verlag GmbH.
- Tempelmeier, H., & Günther, H. O. (2012). *Produktion und Logistik* (9. Ausg.). Heidelberg Dordrecht London New York: Springer.
- Trautmann, N. (2005). *Operative Planung der Chargenproduktion - Ein hierarchischer Ansatz zur Belegungsplanung chargenweise produzierender Mehrzweckanlagen der Prozessindustrie*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts - Verlag.
- Vahrenkamp, R. (2008). *Produktionsmanagement* (6., überarbeitete Ausg.). München: Oldenbourg.
- Vinke, A., Marbach, G., & Vinke, J. (2013). *Chemie für Ingenieure* (3., korrigierte und überarbeitete Ausg.). München: Oldenbourg Verlag.
- Wannenwetsch, H. (2007). *Integrierte Materialwirtschaft und Logistik - Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion* (3 Ausg.). Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag.
- Westkämper, E. (2006). *Einführung in die Organisation der Produktion*. Berlin Heidelberg: Springer - Verlag.
- Yagyu, S. (2011). *DAS SYNCHRONE MANAGERSYSTEM - Wegweiser zur Neugestaltung der Produktion auf Grundlage des synchronen Produktionssystems* (2. Ausg.). (C. Klages, Übers.) München: mi-Wirtschaftsbuch, Münchner Verlagsgruppe GmbH.
- Zsifkovits, H. E. (2013). *Logistik*. Konstanz und München: UVK Verlagsgesellschaft mbH.