

Masterarbeit

***Entwicklung eines Konzeptes zur
Verbesserung der inner-
betrieblichen Materialdisposition
eines Schmiedebetriebs***

eingereicht an der
Montanuniversität Leoben

erstellt am
Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

Andreas Thonhofer, BSc
01135244

Betreuer/Gutachter:

Dipl.-Ing. (FH) Manuel Woschank, MSc.
Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits

Leoben, 16.11.2017

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.

Andreas Thonhofer

Leoben, 16.11.2017

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn DI (FH) Manuel Woschank, MSc für die Betreuung bei der Erstellung dieser Arbeit herzlich bedanken. Er gab mir viele fachliche Anregungen und stand mir bei Fragen jederzeit zur Seite.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn DI (FH) Martin Heindl für die Betreuung des praktischen Teils dieser Arbeit. Bei verschiedensten Fragen fand ich bei Herrn Heindl stets ein offenes Ohr. Weiters bedanke ich mich bei den Teilnehmern der Expertengespräche sowie bei allen Mitarbeitern der Böhler Schmiedetechnik die mir bei der Aufnahme der Ist-Situation behilflich waren.

Ebenfalls danke ich Herrn Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits für die Möglichkeit diese Arbeit am Lehrstuhl für Industrielogistik zu schreiben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie für die Unterstützung während des gesamten Studiums und beim Verfassen dieser Arbeit.

Kurzfassung

Die innerbetriebliche Materialdisposition bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Optimierung der Liefertermintreue innerhalb eines Produktionsbetriebes. Die aktuelle Literatur liefert hierzu zwar einige theoretische Ansatzpunkte, jedoch werden meistens die konkrete Gestaltung bzw. klare Handlungsmaßnahmen nicht detailliert genug behandelt.

Ziel dieser Diplomarbeit ist daher die Entwicklung eines Konzepts zur innerbetrieblichen Materialdisposition in einer Werkstattfertigung am Beispiel eines Schmiedebetriebs mit konkreten Maßnahmen. Hierbei wird detailliert auf die Ebene Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition, die Ebene des unterstützenden Informationsflusses und die Ebene der Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung eingegangen.

Nach einer strukturierten Literaturrecherche wird eine Ist-Erhebung am Fallbeispiel Böhler Schmiedetechnik durchgeführt. Basierend darauf werden die theoretischen Konzepte evaluiert und mögliche neue Konzepte erarbeitet. Anschließend erfolgt eine zusätzliche Evaluierung mittels Expertengesprächen. Die theoretischen Erkenntnisse und die empirischen Ergebnisse der Expertenbefragung werden danach zu einer Empfehlung für ein Konzept zusammengeführt.

Zur Verbesserung der Durchlaufzeit und der Vorhersagegenauigkeit und in weiterer Folge der Liefertermintreue bei Böhler Schmiedetechnik wird eine Aufbauorganisation auf Betriebsebene und eine Kombination aus automatischer und manueller Materialdisposition empfohlen.

Auf Ebene des Informationsflusses müssen die Transportaufträge, die aus der Materialdisposition erstellt werden, die Informationsbedürfnisse der Transporteure erfüllen.

Auf Ebene der Materialidentifikation und -verfolgung sollen die Lagerplatzbuchungen zuerst manuell erfolgen. In weiterer Folge ist eine Ergänzung durch eine automatische Positionserkennung und Buchung empfehlenswert.

Abstract

The internal material disposition offers a lot of opportunities to improve a high adherence to delivery dates in a production plant. The current literature offers some starting points, but specific design and distinct measures are not approached in detail.

The purpose of this thesis is therefore to develop a concept for the internal material disposition on shop floor production of a forging company with specific measures. Hence, the proposed concept is structured into planning, steering and organization of internal material disposition, information flow and technology for identification and tracking of material.

The first step is a structured literature research. Afterwards an analysis of the current situation at Böhler Schmiedetechnik will be done. The next step is an evaluation and development of new concepts. Then an additional evaluation through an expert discussion will be done. Theoretical perceptions and empirical results of the expert interviews will be matched to maintain a recommendable concept.

Therefore, a suggestion for decreased lead time, increased predictive accuracy and increased adherence to delivery dates at Böhler Schmiedetechnik is the application of a plant level organisation and a mix of automatically and manually material disposition.

Transport orders on information flow level, which are created out of the material disposition, need to contain different information.

Booking of storage yards, on material identification and tracking level, should be done manual first. Later, it should be extended by automated tracking and booking technology.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Eidesstattliche Erklärung | I |
| Danksagung | II |
| Kurzfassung | III |
| Abstract | IV |
| Inhaltsverzeichnis | V |
| Tabellen- und Abbildungsverzeichnis | VII |
| Abkürzungsverzeichnis | VIII |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung | 2 |
| 1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage | 2 |
| 1.3 Methodische Vorgangsweise | 3 |
| 1.4 Aufbau der Arbeit | 3 |
| 2 Theoretische Konzepte der Produktionsversorgung | 5 |
| 2.1 Planungs- und Steuerungsverfahren | 11 |
| 2.1.1 Zentrale Planungs- und Steuerungsverfahren | 11 |
| 2.1.2 Dezentrale Planungs- und Steuerungsverfahren | 16 |
| 2.1.3 Hybride Planungs- und Steuerungsverfahren | 20 |
| 2.2 Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 21 |
| 2.2.1 Aufbauorganisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 22 |
| 2.2.2 Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 25 |
| 2.3 Informationsfluss der Materialdisposition | 31 |
| 2.4 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung | 35 |
| 2.5 Zusammenfassung des theoretischen Kapitels | 40 |
| 3 Konzept zur Produktionsversorgung der Böhler Schmiedetechnik | 43 |
| 3.1 Ist-Situation: Böhler Schmiedetechnik | 43 |
| 3.1.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 49 |
| 3.1.2 Informationsfluss der Materialdisposition | 50 |
| 3.1.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung | 52 |
| 3.1.4 Zusätzliche Anforderungen der Böhler Schmiedetechnik | 52 |
| 3.2 Evaluierung der theoretischen Konzepte am Beispiel Böhler Schmiedetechnik | 53 |
| 3.2.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 54 |
| 3.2.2 Informationsfluss der innerbetrieblichen Materialdisposition | 61 |
| 3.2.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung | 62 |
| 3.3 Zentrale Ergebnisse der Evaluierung am Beispiel der Böhler Schmiedetechnik | 65 |
| 3.3.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 66 |
| 3.3.2 Informationsfluss der Materialdisposition | 67 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung..... | 67 |
| 3.3.4 Erzielbare Verbesserungspotentiale | 68 |
| 3.4 Ergänzende Evaluierung mittels Experteninterviews | 69 |
| 3.5 Empfehlungen für Böhler Schmiedetechnik | 77 |
| 3.5.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition | 77 |
| 3.5.2 Informationsfluss der Materialdisposition | 78 |
| 3.5.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung..... | 78 |
| 4 Zusammenfassung und Ausblick..... | 79 |
| Literaturverzeichnis..... | 82 |
| Anhang..... | 87 |
| Fragen der Expertengespräche..... | 87 |
| Protokolle der Experteninterviews..... | 90 |

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: Legende: Arbeits- und Lagerplätze in der Produktion von 8265 | 48 |
| Tabelle 2: Protokoll Expertengespräch 1 | 90 |
| Tabelle 3: Protokoll Expertengespräch 2 | 92 |
| Tabelle 4: Protokoll Expertengespräch 3 | 94 |
| Tabelle 5: Protokoll Expertengespräch 4 | 96 |
| Tabelle 6: Protokoll Expertengespräch 5 | 98 |
| Tabelle 7: Protokoll Expertengespräch 6 | 100 |
| Tabelle 8: Protokoll Expertengespräch 7 | 102 |
| | |
| Abbildung 1: Aufbau der Arbeit..... | 4 |
| Abbildung 2: Materialfluss des Produktes 8265 in der Pressenfertigung | 46 |
| Abbildung 3: Materialfluss des Produktes 8265 in der Hammerfertigung | 47 |
| Abbildung 4: Materialfluss des Produktes 8265 in der Endfertigung | 48 |
| Abbildung 5: Verknüpfungen und Datenaustausch der eingesetzten Programme ... | 51 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|------------------------------------------------------------|
| APS | Advanced Planning and Scheduling |
| BDE | Betriebsdatenerfassung |
| BOA | Belastungsorientierte Auftragsfreigabe |
| CONWIP | Constant Work in Progress |
| DLZ | Durchlaufzeit |
| FIFO | first in – first out |
| GPS | Global Positioning System |
| IoT | Internet of Things |
| JIT | Just in Time |
| MRP | Material Requirement Planning |
| MTO | Make to Order |
| POLCA | Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Administration |
| PPS | Produktionsplanung- und -steuerung |
| RFID | Radio Frequency Identification |
| TPE | Endfertigung Böhler Schmiedetechnik |
| TPH | Hammerfertigung Böhler Schmiedetechnik |
| TPP | Pressenfertigung Böhler Schmiedetechnik |
| TUL | Transport – Umschlag – Lagerung |

1 Einleitung

Heutzutage werden Produktionsunternehmen mit ständig wachsendem Marktdruck in Bezug auf eine schnelle Reaktion auf Kundenanforderungen konfrontiert.¹ Der Trend geht dabei zu individuellen Produkten in Kombination mit kleinen Mengen und kurzen Lieferzeiten.² Neben niedrigen Kosten wird vor allem eine hohe Qualität und Liefertermintreue von den Kunden gefordert.³ Diese Ziele können vor allem durch eine effizientere und/oder flexiblere Organisation, eine höhere Vorhersagegenauigkeit in der Planung, eine Reduktion der Durchlaufzeiten und eine gleichmäßige Durchlaufzeit erreicht werden.

Hierbei kann eine fehlerlose und zeitgenaue Materialdisposition in der Produktion einen wichtigen Beitrag zur Sicherstellung der Termintreue liefern. Sie ermöglicht dadurch eine genauere Vorhersage des Fertigstellungstermins von Produkten. Das richtige Rohmaterial oder Zwischenprodukt muss dafür zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen Arbeitsplatz geliefert werden. Dabei sollen nur geringe Kosten anfallen.

Zur effizienten Ausgestaltung der Materialdisposition sind, je nach Produktionstyp, eine Vielzahl von Anpassungsmaßnahmen notwendig. Handlungsfelder ergeben sich hier vor allem in den Teilbereichen der verbesserten Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition, der Verbesserung des Informationsflusses sowie dem Einsatz von State-of-the-Art Technologien zur verbesserten Materialidentifikation und -verfolgung.

Dadurch können eine Verringerung der Durchlaufzeit und eine Reduktion der Durchlaufzeitschwankungen erzielt werden. Außerdem erhöht sich die Vorhersagegenauigkeit und in weiterer Folge auch die Liefertermintreue.

In diesem Kapitel werden die Ausgangssituation und Problemstellung geschildert sowie die Zielsetzungen dieser Diplomarbeit und die Forschungsfragen beschrieben. Anschließend findet eine Beschreibung der zur Erstellung der Arbeit angewandten Methoden statt. Zuletzt wird noch der Aufbau der Arbeit dargelegt.

¹ Vgl.: Ganschar, O. et al. (2013), S. 67

² Vgl.: Kersten, W. et al. (2017), S. 20

³ Vgl.: Baginski, R. (2006), S. 224

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Zur Verbesserung und Gestaltung der Materialdisposition zeigt die Literatur eine Vielzahl von Ansatzpunkten auf.⁴ In der Materialdisposition liegt großes Potential die zuvor erwähnten Herausforderungen zu meistern, jedoch gibt es in der Literatur wenig konkrete Gestaltungsrichtlinien bezogen auf eine Werkstattfertigung und es bleibt unklar bei welchen Gegebenheiten in der Fertigung welches Konzept in der Praxis implementiert werden soll.

Weiters werden in der Literatur Themen wie die Organisation der Materialdisposition und Materialbereitstellung nicht ausführlich behandelt. Gestaltungsrichtlinien für die Ausführung der Materialdisposition auf Arbeitsplatzebene einer Werkstattfertigung fehlen ebenfalls, obwohl dies entscheidend zu einer effizienten Produktion und in weiterer Folge zum Unternehmenserfolg beiträgt.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Ziel der Diplomarbeit ist die Entwicklung eines Konzeptes zur Verbesserung der innerbetrieblichen Materialdisposition mit dem Fokus auf eine Produktion, die als Werkstattfertigung ausgeführt wird. Als exemplarisches Fallbeispiel für eine solche Werkstattfertigung dient hierbei die Firma Böhler Schmiedetechnik.

Dieses Konzept gliedert sich in drei Ebenen:

1. Gestaltungsrichtlinien zur Verbesserung der Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition
2. Gestaltungsrichtlinien zur Verbesserung des unterstützenden Informationsflusses
3. Identifikation von State-of-the-Art Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung

⁴ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 259 ff.; Schuh, G.; Gierth, A. (2006), S. 291

1.3 Methodische Vorgangsweise

Die Grundlage des Konzeptes bildet eine strukturierte Literaturrecherche. Diese zeigt mögliche Konzepte in den drei Bereichen Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition, des unterstützenden Informationsflusses sowie Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung. Danach erfolgt die Erhebung der Ist-Prozesse am Fallbeispiel Böhler Schmiedetechnik. Basierend auf der Literaturrecherche und der Ist-Situation bei Böhler Schmiedetechnik werden die Konzepte evaluiert und daraus mögliche Konzepte zur Umsetzung erarbeitet. Ergänzend zur theoretischen Evaluierung der Konzepte erfolgt eine zusätzliche empirische Evaluierung mittels Experteninterview. Diese dient dazu, um einerseits konfirmatorisch die Umsetzbarkeit der theoretischen Konzepte in der Praxis zu ermitteln, aber auch um durch die Expertengespräche explorativ eine Erweiterung der Konzepte zu erreichen. Letztendlich werden die theoretischen und empirischen Erkenntnisse zu einer Empfehlung für ein Konzept zusammengeführt. Bei all diesen Schritten werden die drei Ebenen Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition, des unterstützenden Informationsflusses und der Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung betrachtet.

1.4 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 werden die theoretischen Konzepte einer zentralen und dezentralen Steuerung der Materialbereitstellung in Bezug auf Planung, Steuerung und Organisation der Materialdisposition, unterstützendem Informationsfluss und Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung erörtert.

Nachfolgend wird in Kapitel 3 zuerst eine Beschreibung der Ist-Situation von Planung, Steuerung und Organisation der Materialdisposition, unterstützendem Informationsfluss und verwendeter Technologie sowie der vorhandenen Herausforderungen bei Böhler Schmiedetechnik vorgenommen. Daran anschließend werden die theoretischen Konzepte unter Einbeziehung der Ist-Situation evaluiert und mögliche Konzepte zur praktischen Umsetzung erarbeitet. Im nächsten Abschnitt werden die Konzepte von firmeninternen Experten durch Expertengespräche validiert. Im darauffolgenden Abschnitt wird eine Empfehlung für ein Konzept abgegeben.

In Abbildung 1 ist der Aufbau der Arbeit grafisch dargestellt.

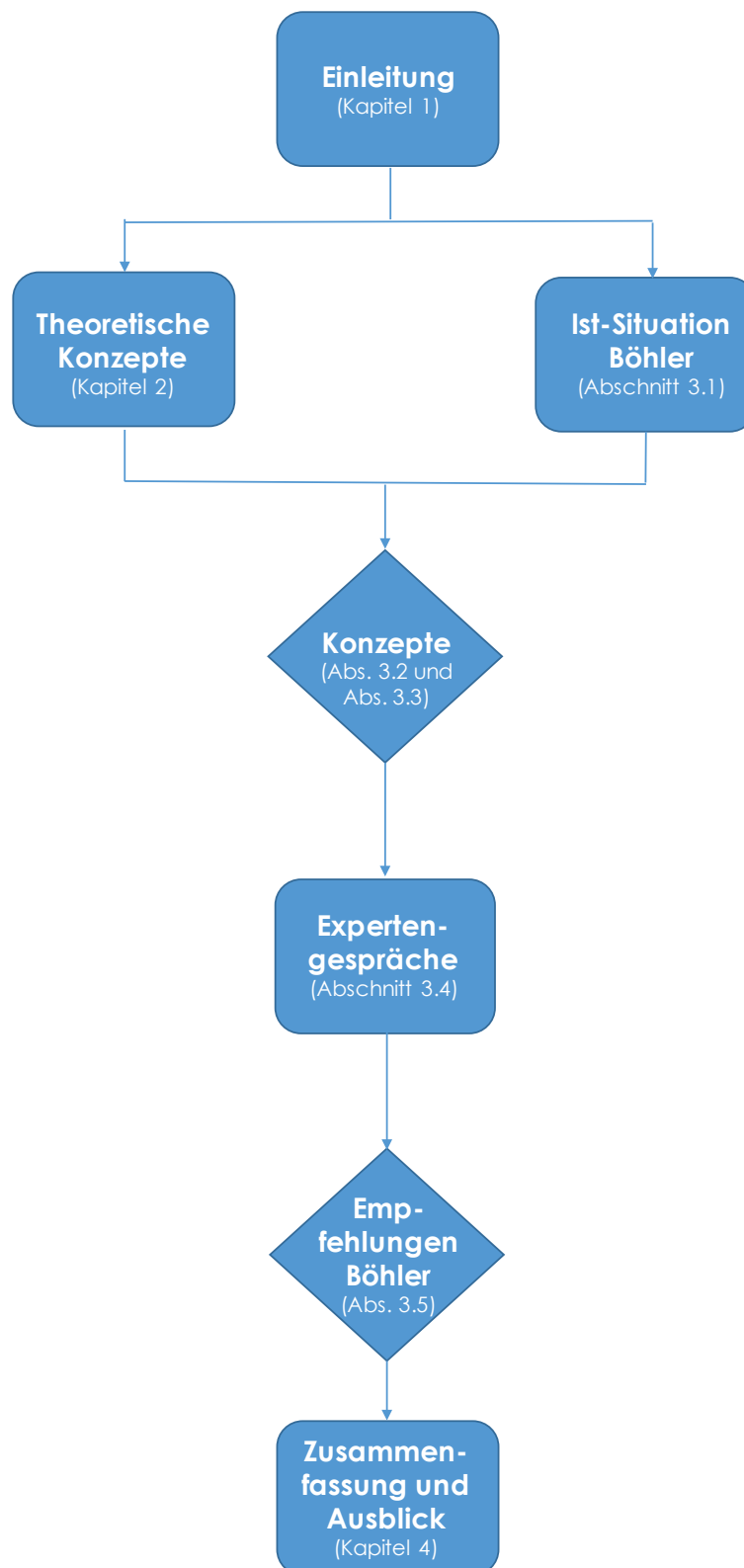


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit⁵

Zuletzt erfolgt in Kapitel 4 eine Zusammenfassung der Ergebnisse sowie ein Ausblick.

⁵ Quelle: eigene Darstellung

2 Theoretische Konzepte der Produktionsversorgung

Die Produktionslogistik ist zwischen der Beschaffungslogistik und Distributionslogistik angesiedelt.⁶ Die „Planung und Durchführung aller Maßnahmen zur Gestaltung des Material- und Informationsflusses“⁷ wird als Produktionslogistik bezeichnet.⁸ Aufgabe der Produktionslogistik ist die Produktionsversorgung mit den Einsatzfaktoren. Die zeitgerechte Bereitstellung der benötigten Menge am Produktionsort ist essentiell.⁹ Die Aufgabe umfasst die Teilbereiche der Material- und Informationsflussplanung, der Zwischenlagerung in der Fertigung sowie des innerbetrieblichen Transports.¹⁰

Ziele der Produktionslogistik sind die Senkung der Durchlaufzeit und die Steigerung der Termintreue. Die Kapitalbindung soll ebenso wie die Fertigungstiefe und die Logistikkosten gesenkt werden. Außerdem soll eine Erhöhung der Kapazitätsauslastung stattfinden.¹¹

Die zuvor genannten Ziele stehen jedoch teilweise miteinander in Konflikt, d.h. sie können nicht gleichzeitig erreicht werden. Beispielsweise konkurrieren eine niedrige Durchlaufzeit und eine hohe Auslastung. Niedrige Bestände und eine hohe Auslastung sind ebenfalls nicht gleichzeitig realisierbar. Niedrige Bestände bedingen auch eine schlechtere Termintreue. Weiters erhöht eine hohe Termintreue, die durch Priorisierungen während des Fertigungsprozesses erreicht wird, die Durchlaufzeit nicht priorisierter Produkte. Dies steht damit im Widerspruch zum Ziel der kurzen Durchlaufzeit.¹²

Das bedeutet, dass ein Unternehmen in Bezug auf die Produktionsziele Prioritäten setzen muss und dementsprechende Maßnahmen und Verbesserungen zur Erreichung dieser Ziele ergreifen muss. Die Ziele der Produktionslogistik spiegeln sich in deren Teilbereichen, z.B. der Produktionsplanung und -steuerung (PPS), wieder bzw. sind übergeordnete Ziele für alle Teilbereiche der Produktionslogistik. Die unterschiedlichen Teilbereiche, deren Gliederung, Aufgaben und Ziele werden in diesem Abschnitt nachfolgend beschrieben.

⁶ Vgl.: Jünemann, R.; Beyer, A. (1998), S. 22

⁷ Westkämper, E. (2006), S. 227

⁸ Vgl.: Westkämper, E. (2006), S. 227

⁹ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 103

¹⁰ Vgl.: Westkämper, E. (2006), S. 227

¹¹ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 163

¹² Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 21 f.

Wird der Fokus eines Unternehmens auf eine kurze Durchlaufzeit sowie die Vorhersagegenauigkeit und Liefertermintreue gelegt, kann ein Hebel zur Erreichung der Ziele die Steuerung und Organisation der Materialdisposition sein. Nachfolgend werden die Steuerungskonzepte und Organisationsformen der Disposition näher behandelt (siehe Abschnitt Planungs- und Steuerungsverfahren sowie Disposition).

Ein Teilbereich der Produktionslogistik ist die Produktionsplanung und -steuerung. Die Planung der Produktionsfaktoren sowie des Produktionsprogrammes sind Aufgaben der Produktionsplanung. Ziele der PPS sind eine kurze Durchlaufzeit, geringe Bestände, eine hohe Termintreue und geringe Kosten sowie eine hohe Produktqualität.¹³

Steuerungsaufgaben der PPS sind die Auftragsfreigabe, Verfügbarkeitsprüfung von Material und Ressourcen, Arbeitsverteilanweisung, Materialtransportsteuerung und Auftragsüberwachung.¹⁴

Die Durchlaufzeit ist ein wichtiger Schlüssel zur Erreichung weiterer logistischer Ziele und soll deswegen hier näher betrachtet werden. Die Zeit zwischen Auftragsbeginn und -ende wird als Durchlaufzeit bezeichnet.¹⁵ Sie setzt sich aus Bearbeitungs-, Transport-, Kontroll- und Wartezeiten zusammen.¹⁶ Die Durchlaufzeit ist ein Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Produktionssystems.¹⁷ Eine Reduktion führt zu geringerer Kapitalbindung sowie zu einer höheren Flexibilität und damit zu einem besseren Servicegrad.¹⁸

Die Beherrschung der Durchlaufzeit verhindert ungeplante Bestände. Das führt zu einem geringeren Planungsaufwand und in weiterer Folge zu einer höheren Planungsgenauigkeit. Dadurch steigt auch die Termintreue.¹⁹

Somit können die in Kapitel 1 beschriebenen Herausforderungen der Produktion, Liefertermintreue und Vorhersagegenauigkeit, durch eine niedrige, beherrschte (bzw. konstante) Durchlaufzeit erreicht werden.

Eine Reduzierung der Durchlaufzeit lässt sich über mehrere Maßnahmen erreichen. Einerseits über eine Reduzierung von Rüstzeiten und andererseits durch eine Kopplung

¹³ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 131

¹⁴ Vgl.: Sihm, W. et al. (2016), S. 98 ff.

¹⁵ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 112

¹⁶ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 33

¹⁷ Vgl.: Westphal, J. R. (2001), S. 248

¹⁸ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 29,34

¹⁹ Vgl.: Westphal, J. R. (2001), S. 249 f.

der einzelnen Materialflüsse einhergehend mit der Reduktion von Zwischenlagern verringert sich die Durchlaufzeit. Die Vermeidung von Transporten und Lagervorgängen führt ebenfalls zur einer geringeren Durchlaufzeit.²⁰

Durch eine Verbesserung der Materialdisposition lassen sich Transport- und Lagervorgänge reduzieren und das führt, aus Sicht des Autors, zu einer geringeren Durchlaufzeit und in weiterer Folge werden auch andere Produktionsziele erreicht (siehe Abschnitt Disposition).

Zwischen der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung ist als verbindende Funktion die Materialwirtschaft angesiedelt.²¹

Die Materialwirtschaft unterteilt sich in Materialbeschaffung, Materialverwaltung und Materialverteilung. Die Materialverwaltung ist dabei für die Materialien vom Wareneingang der Rohmaterialien bis zum Warenausgang der Fertigprodukte verantwortlich. In diesen Bereich fällt u.a. der innerbetriebliche Transport und die Lagerung. Ziele der Materialwirtschaft sind eine hohe Lieferbereitschaft, geringe Dispositions- und Beschaffungskosten, eine geringe Kapitalbindung sowie eine gute Kapazitätsauslastung der Fertigung durch eine optimale Materialbereitstellung.²²

Die Versorgung der Produktion mit den benötigten Materialien ist Aufgabe der internen Materialbereitstellung. Die Transporte werden vom Lager zum Arbeitsplatz, von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz und von Lager zu Lager durchgeführt. Ziel ist es diese Transporte kostenoptimal zu gestalten. Die Gestaltung ist abhängig vom Fertigungsprinzip, z.B. der Werkstattfertigung, sowie von der Steuerung, die zentral oder dezentral ausgeführt werden kann.²³ Die Möglichkeiten der Steuerung werden in Abschnitt 2.1 näher behandelt.

Die Materialbereitstellung kann entweder bedarfsgesteuert oder verbrauchsgesteuert durchgeführt werden. Bei der bedarfsgesteuerten Materialbereitstellung werden Art und Menge des zu bereitstellenden Materials zentral vorgegeben. Bei der verbrauchsgesteuerten Bereitstellung bestellt der Mitarbeiter nach Bedarf benötigtes Material. Just-in-Time ist ein Verfahren der bedarfsgesteuerten Bereitstellung. Ein Beispiel für ein

²⁰ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 35 ff.

²¹ Vgl.: Fandel, G. et al. (2009), S. 343

²² Vgl.: Wiendahl, H.-P. (1983), S. 262 f.

²³ Vgl.: Fandel, G. et al. (2009), S. 336

Verfahren der verbrauchsgesteuerten Bereitstellung ist KANBAN.²⁴ Eine nähere Beschreibung der Verfahren wird in Abschnitt 2.1.1 und Abschnitt 2.1.2 durchgeführt.

Aus organisatorischer Sicht kann die Materialbereitstellung entweder nach dem Bring- oder dem Hol-Prinzip gestaltet sein. Das Bring-System findet bei Großbetrieben mit eigenem innerbetrieblichen Transportwesen sowie einer zentralen Fertigungssteuerung Anwendung. Beim Bring-System ist eine Abstimmung der Bedarfszeitpunkte notwendig. Dies bedingt einen größeren organisatorischen Aufwand als die Anwendung des Hol-Prinzips. Dort kann es hingegen zu Stockungen und Leerlaufzeiten kommen. Anwendung findet das Hol-Prinzip bei kurzen Wegen und geringen Wartezeiten. Es wird vor allem bei Klein- und Mittelbetrieben eingesetzt.²⁵

Das bedeutet, die Materialbereitstellung nach dem Hol-Prinzip verursacht aufgrund fehlender Koordination der Bedarfe einen schwankenden Bedarf der Lager- und Transportressourcen. Der gleichzeitige Bedarf an Materialien führt zu überlasteten Ressourcen und damit zu Lieferverzögerungen. Eine geringe Nachfrage nach Materialien zu anderen Zeitpunkten verursacht hingegen Stillstände und somit eine geringe Auslastung der Transportmittel. Dadurch kommt es zu einer höheren, schwankenden Durchlaufzeit der Produkte. Die nicht benötigten Ressourcen verursachen ebenso Kosten.

Das Bring-Prinzip hingegen vermeidet die vorhin genannten Bedarfsschwankungen durch eine zentrale Koordination der Bedarfe. Diese Koordination verursacht jedoch Verwaltungskosten.

In der konkreten Ausgestaltung der Materialbereitstellung nach dem Bring-Prinzip in Verbindung mit einer zentralen Fertigungssteuerung werden nach der Auftragsfreigabe Bereitstellungsaufträge für unterschiedliche Arbeitsplätze zu bestimmten Zeitpunkten erstellt.²⁶

Die Materialbereitstellung kann nach verschiedenen zentral und dezentral gesteuerten Strategien ausgeführt werden.

Strategien der Materialbereitstellung sind die KANBAN-Bereitstellung, die Bereitstellung über ein Konsignationslager oder Linienlager sowie die Bereitstellung nach dem JIT-Prinzip. Werden in einem Unternehmen verschiedene Materialien für z.B. die Montage

²⁴ Vgl.: Westkämper, E. (2006), S. 227 f.

²⁵ Vgl.: Wiendahl, H.-P. (1983), S. 283, 302

²⁶ Vgl.: Schuh, G.; Gierth, A. (2006), S. 222

bereitgestellt, kann eine Einteilung der Teile sowie eine Zuordnung der Bereitstellungsstrategien vorgenommen werden. Ein KANBAN-Material zeichnet sich durch stetigen Verbrauch, mittlere Mengen und geringen Wert aus. Werden große, regelmäßige Mengen des Materials benötigt und hat dieses Material einen hohen Wert wird es als Fließteil klassifiziert. Auftragsteile haben eine niedrige Menge und werden unregelmäßig benötigt. Große Verbrauchsmengen und niedriger Wert sind Kennzeichen für Lagerteile. Hochwertige Materialien mit geringer Schwankung des Verbrauchs eignen sich für die JIT-Bereitstellung.²⁷

Das bedeutet aus Sicht des Verfassers, dass zuerst eine Prüfung der Eignung der Bedarfsmaterialien für verschiedene Bereitstellungsstrategien erfolgen muss und danach eine Klassifizierung der Materialien durchgeführt wird. Aufgrund der Klassifizierung kann danach ein Verfahren der Materialbereitstellung in den Betrieb implementiert werden. Eine Klassifizierung der Schmiedeteile erfolgt in Kapitel 3.

Die zentrale und dezentrale Steuerung sowie unterschiedliche Verfahren der Materialbereitstellung werden in Abschnitt 2.1 beschrieben.

Wie bereits zuvor erwähnt ist die Materialverteilung ein Teil der Materialwirtschaft.

Die Planung, Steuerung und Kontrolle des Materialflusses zum Unternehmen, im Unternehmen und vom Unternehmen wird unter dem Begriff Materialverteilung zusammengefasst. Aufgabe der Materialverteilung ist die wirtschaftliche Gestaltung des Materialflusses vom Rohstofflieferanten zum Kunden. Die Minimierung von Transporten und Lagervorgängen steht im Vordergrund.²⁸

Die angestrebte Minimierung der Transport- und Lagervorgänge trägt zur Erreichung der beiden (vorhin beschriebenen) übergeordneten Ziele der Produktionslogistik, eine kurze Durchlaufzeit und geringe Kosten, bei.

Die Versorgung und Entsorgung der Produktion mit den benötigten Materialien bzw. Fertigprodukten wird durch das Materialflusssystem verwirklicht. Der Aufgabenbereich umfasst dabei den Transport, die Lagerung sowie Umschlag und Kommissionierung von Werkstücken, Fertigprodukten sowie von Hilfs- und Betriebsmitteln.²⁹

²⁷ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 56, 174

²⁸ Vgl.: Oeldorf, G.; Olfert, K. (2003), S. 329

²⁹ Vgl.: Martin, H. (2006), S. 24

Die Realisierung des Materialflusses im Unternehmen erfolgt durch den innerbetrieblichen Transport. Dessen Aufgabe ist die Raumüberbrückung zwischen der Quelle und dem Ziel des Materials.³⁰

Der innerbetriebliche Transport kann durch Bereichstransporteure, die die Versorgung eines Bereiches mit Materialien verantworten, organisiert werden. Weiters können die Transporte anhand von festen Fahrplänen durchgeführt werden. Außerdem kann eine Transportsteuerung durch Transportaufträge erfolgen. Werden mehrere Aufträge gleichzeitig an den Transporteur erteilt, erfolgt die Abarbeitung dieser Aufträge nach Prioritäten. Die Übergabe der Aufträge kann durch verschiedene Technologien und digitale Kommunikation unterstützt werden (vgl. Abschnitt 2.4).³¹

Weitere Organisationsformen bzw. Verfahren der Materialbelieferung sind Milk-Run und Small-Train. Beim Milk-Run erfolgt die Materialversorgung und Materialentsorgung nach festen Routen zu fixen Zeiten. Beim Small-Train wird der Transport durch eine Zugmaschine mit Anhängern durchgeführt. Diese durchfährt eine fixe Route in gewissem Takt. Bestellungen werden während der Rundfahrt von den Leistungsstellen an den Transporteur übergeben. Bei der nächsten Runde werden die bestellten Materialien an die Leistungsstelle ausgeliefert. Weiters werden auch Fertigprodukte bei der Rundfahrt vom Zug aufgeladen und am jeweiligen Zielort wieder abgeladen. Small-Trains werden bei Produktionen nach dem Pull-Prinzip angewandt (näheres zu Pull-Steuerung siehe Abschnitt 2.1.2).³²

Aus Sicht des Autors erfolgt durch Milk-Run und Small-Train vor allem eine Senkung von Transportkosten durch die Bündelung von Transportaufträgen und einer Reduzierung der Transporte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die übergeordneten Ziele der Produktionslogistik auch in ihren Teilbereichen verfolgt werden. Diese Ziele widersprechen sich jedoch teilweise. Teilbereiche der Produktionslogistik sind die Produktionsplanung und -steuerung sowie die Materialwirtschaft. Diese gliedert sich wiederum in die Materialbeschaffung, Materialverwaltung und Materialverteilung. Die Durchlaufzeit ist für viele andere Ziele eine Schlüsselkomponente und wurde deswegen in diesem Abschnitt näher behandelt. Die Materialbelieferung kann als Milk-Run oder Small-Train organisiert werden. Es gibt jedoch, neben diesen Beiden, weitere Verfahren der Steuerung bzw.

³⁰ Vgl.: Martin, H. (2006), S. 94

³¹ Vgl.: Bichler, K. et al. (2010), S. 143

³² Vgl.: Gorecki, P.; Pautsch, P. (2013), S. 229 f., 239 ff.

Organisationsformen der Materialbereitstellung, die in den nachfolgenden Abschnitten behandelt werden.

2.1 Planungs- und Steuerungsverfahren

Es wird zwischen der zentralen und dezentralen Steuerung sowie der hybriden Form der Steuerung, als Mischung der beiden zuvor genannten, unterschieden. Diese drei Möglichkeiten der Steuerung werden nachfolgend beschrieben.

2.1.1 Zentrale Planungs- und Steuerungsverfahren

Bei der zentralen Steuerung der Produktionslogistik erfolgt die Koordination durch eine zentrale Instanz.³³ Die Informationen sind zentral vorhanden, dadurch ist der Informationsfluss vom Materialfluss entkoppelt.³⁴ Eine genaue Beschreibung von gekoppelten und entkoppelten Informationsflüssen folgt im Abschnitt „Informationsfluss der Materialdisposition“.

Eine wichtige Aufgabe der Produktionslogistik ist, wie zuvor beschrieben, die Produktionsplanung und -steuerung. Bei einer zentralen Produktionsplanung und -steuerung werden die Produktions- und Rüstaufträge durch eine übergeordnete Instanz geplant und gesteuert. Das dafür erforderliche Wissen ist zentral vorhanden.³⁵

Diese zentrale Produktionsplanung und -steuerung ermöglicht eine bessere Abstimmung verschiedener Prozesse und damit die Ausrichtung auf globale Unternehmensziele.³⁶

Eine Koordination bzw. Abstimmung der Leistungsstellen ist aus Sicht des Verfassers vor allem bei allen Fertigungsformen notwendig bei denen die Prozesse nicht an einem zentralen Takt ausgerichtet sind. Ein Beispiel für eine ungetaktete Produktion ist die Werkstattfertigung (Eine genaue Beschreibung der Werkstattfertigung wird in Kapitel 3 durchgeführt). Die Arbeitsplätze solcher Produktionen neigen zur Selbstoptimierung

³³ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 91

³⁴ Vgl.: Krämer, K. (2002), S. 25

³⁵ Vgl.: Jodlbauer, H. (2008), S. 107

³⁶ Vgl.: Schuh, G.; Gierth, A. (2006), S. 300

der Auslastung, des Ressourceneinsatzes, der Transport-, Rüst- und Lagervorgänge sowie der Durchlaufzeit. Dieses dadurch erzielte lokale Optimum muss jedoch nicht einem unternehmensweiten Optimum entsprechen.

Durch die vorhin genannte Abstimmung und Ausrichtung ist eine Fokussierung auf längerfristige Unternehmensziele möglich. Dabei werden die Vorgaben der strategischen Planung genützt. Ein weiterer Vorteil der zentralen Steuerung ist der geringere Kommunikationsbedarf im Vergleich zur dezentralen Steuerung.³⁷

Das bedeutet, der geringere Kommunikationsbedarf zwischen den „gleichrangigen“ Leistungsstellen ergibt sich aus den zentralen Vorgaben die alle Leistungsstellen von einer hierarchisch höheren Stelle erhalten. Diese Vorgaben ersetzen die koordinierende Kommunikation der Leistungsstellen untereinander.

Infolge der Zentralisierung erfolgt eine Spezialisierung auf bestimmte Aufgaben.³⁸

Die Spezialisierung der Mitarbeiter erfolgt aufgrund der höheren Auslastung des Mitarbeiters mit einer bestimmten Aufgabe, meint der Autor. Beispielsweise in einem Unternehmen mit fünf Werkstattarbeitsplätzen müssen pro Tag je zehn Materialien disponiert werden. Bei einer dezentralen Steuerung führt jeder Arbeitsplatz die Disposition selbstständig durch. Das bedeutet, fünf Mitarbeiter disponieren jeweils zehn Materialien und benötigen dafür einen Teil ihrer Arbeitszeit. Bei einer zentralen Steuerung erledigt ein Mitarbeiter alle 50 Dispositionen und wendet dafür seine gesamte Arbeitszeit auf. Dementsprechend größer ist der Lerneffekt bzw. die Spezialisierung und die Effektivität steigt.

Ein Nachteil der zentralen Steuerung ist, dass die Kontrolle reaktiv erfolgt und es sich dabei meist um einen Soll-Ist-Vergleich handelt. Außerdem wird Wissen über die Ist-Situation nur in geringem Maße eingebunden. Die Fortpflanzung von Störungen ist ein weiterer Nachteil.³⁹

Auch das Know-how der ausführenden Stellen wird in der zentralen Planung und Steuerung kaum berücksichtigt.⁴⁰ Eine wichtige Voraussetzung für eine zentrale Steuerung ist jedoch die genaue Kenntnis der zu steuernden Prozesse.⁴¹ Das bedeutet aus Sicht des Autors, dass Kenntnisse über die tatsächlichen Abläufe der Prozesse erforderlich

³⁷ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 92

³⁸ Vgl.: Westphal, J. R. (2001), S. 194 nach Bleicher, K. (1980), S. 2408

³⁹ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 92

⁴⁰ Vgl.: Jodlbauer, H. (2008), S. 107

⁴¹ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 91

sind. Denn diese müssen nicht immer den dokumentierten Prozessen entsprechen. Das Wissen über die tatsächlichen Fertigungsabläufe haben die Mitarbeiter vor Ort in der Fertigung. Dieses Wissen muss bei zentraler Steuerung in die Entscheidungen miteinfließen.

Die zentrale Steuerung wird mit dem Push-Prinzip implementiert. In einem durch das Push-Prinzip gesteuerten System erfolgt eine zentrale Planung der Ausbringungsmenge.⁴² Weiters wird ein Auftragsstarttermin und die jeweilig benötigte Materialmenge für jede Stelle der Produktion geplant.⁴³ Als Produktionsauslöser fungiert der Planstarttermin und anschließend wird das Material durch die Produktion geschoben und der Bestand überwacht.⁴⁴

Anwendung findet die Push-Steuerung bei getakteter Fließfertigung ohne Puffer sowie bei niedriger Wiederholhäufigkeit der Fertigung eines Produktes.⁴⁵ (Anm. d. Verf.: Eine niedrige Wiederholhäufigkeit tritt bei Einzel- und Kleinserienproduktion z.B. im Rahmen der Werkstattfertigung auf.)

Die Materialbereitstellung erfolgt bedarfsgesteuert. Dabei ist der erwartete Verbrauch ausschlaggebend. Beim Push-Prinzip wird das Bring-Prinzip angewandt. Das bedeutet, dass das benötigte Material zum Verbrauchsort in der Produktion gebracht wird.⁴⁶

Nachteile des Push-Prinzips sind hohe Bestände in der Fertigung. Diese führen zu einer hohen Durchlaufzeit der einzelnen Produktionsaufträge.⁴⁷

Die Bestände resultieren aus der kapazitätsorientierten Fertigung einer Produktionsstufe. Die Produkte werden anschließend zur nachgelagerten Produktionsstufe weitergereicht und dort gelagert. Dies geschieht unabhängig vom Verbrauch der nachgelagerten Produktionsstufe.⁴⁸

Ein weiterer Nachteil des Push-Prinzips ist die lange Reaktionszeit auf Kundenaufträge.⁴⁹ Diese ist eine Folge der zuvor beschriebenen hohen Bestände und langen Durchlaufzeiten.

⁴² Vgl.: Jodlbauer, H. (2008), S. 107

⁴³ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 35

⁴⁴ Vgl.: Jodlbauer, H. (2008), S. 107

⁴⁵ Vgl.: Sihm, W. et al. (2016), S. 111

⁴⁶ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 227

⁴⁷ Vgl.: Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015), S. 110

⁴⁸ Vgl.: Bleher, N. (2014), S. 33

⁴⁹ Vgl.: Sihm, W. et al. (2016), S. 111

Ferner können Störungen in der Produktion, Fehlplanungen, Planänderungen und Bedarfsschwankungen bei zentral vorgeplanten Push-Systemen zu Problemen in der Fertigung führen.⁵⁰

Beispielsweise in Fließfertigungen bzw. bei getakteten Fertigungsprozessen werden die Zulieferprozesse an der zentral geplanten Produktionsreihenfolge ausgerichtet. Bei einer Planänderung müssen auch alle Zuliefervorgänge geändert werden. Bei Produktionen mit Zwischenlagerung (z.B. bei einer Werkstattfertigung) ist eine Reihenfolgeänderung leichter möglich.

Bei der zentralen Materialflusssteuerung sind alle Informationen zentral gespeichert. Informationen die bei der Fertigung entstehen, werden ebenfalls zentral abgespeichert. Einerseits sind durch diese Vorgangsweise alle gespeicherten Informationen konsistent. Andererseits führt eine Störung in einer hohen Ebene zu einem Systemausfall.⁵¹

Transportsysteme, die bei der Materialbereitstellung eine Rolle spielen, werden bei einer großen Anzahl an Transportmitteln und Stationen zentral gesteuert. Dies erlaubt die Steuerung nach einer Gesamtstrategie auszurichten. Beispielsweise eine Leerfahrtstrategie oder eine Stationsstrategie, bei der die Abfertigung an den Stationen geregelt wird, erfordert eine Zentralsteuerung. Diese ermöglicht auch eine Wegeverfolgung des Transportmittels. Die Steuerung erfolgt durch Transportaufträge oder Anweisungen aus einem zentralen Steuerstand.⁵²

Anwendung findet das Push-Prinzip in der Produktionsplanung und -steuerung in den Verfahren Just-in-Time (JIT), Material Requirement Planning (MRP), Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA), beim Fortschrittszahlen-Konzept, in der FIFO-Steuerung (FIFO bedeutet first in – first out) und in der Fließfertigung.

Bei der Fließfertigung werden zwei oder mehrere aufeinanderfolgende Prozesse gekoppelt. Diese sind durch einen gemeinsamen Takt gebunden. Nachdem ein Material fertig bearbeitet wurde, wird es direkt an den nächsten Prozess weitergegeben. Die Weitergabe erfolgt ohne Zwischenlagerung oder Pufferung.⁵³

Das bedeutet, dass durch die Eliminierung von Zwischenlager- und Pufferzeiten die Durchlaufzeit sinkt. Der zentrale Takt verhindert Schwankungen der Durchlaufzeit und dadurch wird eine hohe Planungsgenauigkeit erreicht. In die Produktion eingelastete

⁵⁰ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 35

⁵¹ Vgl.: Arnold, D.; Furmans, K. (2009), S. 381 f.

⁵² Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 821 ff.

⁵³ Vgl.: Durchholz, J.; Boppert (2013b), S. 216

Aufträge können aber während der Fertigung nicht vorgezogen werden, d.h. die Reihenfolge der Aufträge bleibt gleich.

Bei der FIFO-Steuerung gibt es zwischen den Prozessen kleine Puffer mit begrenzter Lagerkapazität. Die Aufträge im Puffer werden nach dem FIFO-Prinzip abgearbeitet. Dies ermöglicht eine Fertigung ähnlich der Fließfertigung, jedoch stellt eine unregelmäßige Taktung der Prozesse für die FIFO-Steuerung kein Problem dar.⁵⁴

Daraus resultieren höhere Bestände und auch die Durchlaufzeit ist länger und sie kann schwanken. Deswegen ist die Planungsgenauigkeit, aus Sicht des Verfassers, bei der FIFO-Steuerung niedriger als bei der Fließfertigung.

Die zeitgenaue Fertigung, der Transport und die Bereitstellung der benötigten Menge an Materialien oder Zwischenprodukten wird durch das Just-in-Time-Konzept verwirklicht. Anwendung findet das Konzept bei der Beschaffung, in der Produktion und in der Distribution. JIT führt zu einer Reduzierung der Bestände und Fehlmengen.⁵⁵ Voraussetzung für das Just-in-Time Verfahren ist die passende Qualität der Produkte.⁵⁶

Mittels Material Requirement Planning wird der Materialbedarf ermittelt. Die dafür benötigten Informationen sind der Bruttobedarf an Endprodukten, die Stückliste und Lagerbestände. Daraus werden der Nettobedarf und die Losgrößen ermittelt. Anschließend werden die Freigabetermine für die Aufträge durch Rückwertterminierung berechnet. Nach der Stücklistenauflösung wird dieser Vorgang für alle weiteren (Sub-) Teile des Produktes wiederholt.⁵⁷

Durch die Beachtung der Primär- und Sekundärbedarfe eignet sich MRP vor allem, nach Meinung des Autors, für die Planung der Auftragsfreigabetermine von mehrteiligen Produkten.

Als Basis der Belastungsorientierten Auftragsfreigabe dienen die mittleren Durchlaufzeiten sowie die mittleren Bestände der Arbeitsplätze. Vor der Fertigung gibt es eine Warteschlange mit dringenden Aufträgen. Der dringendste Auftrag erhält die Freigabe, wenn an keinem Arbeitsplatz die Bestandsgrenze überschritten ist. BOA führt zu

⁵⁴ Vgl.: Durchholz, J.; Boppert (2013b), S. 217

⁵⁵ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 180 f.

⁵⁶ Vgl.: Bleher, N. (2014), S. 36

⁵⁷ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 143 f.

kürzeren Durchlaufzeiten und geringeren Beständen sowie einer besseren Liefertermintreue. Eingesetzt wird die Belastungsorientierte Auftragsfreigabe bei Werkstatt- und Gruppenfertigungen mit Kleinserienproduktion.⁵⁸

Aus Sicht des Autors steuert BOA die Materialanlieferung an die einzelnen Arbeitsplätze in der Fertigung nach dem FIFO-Prinzip. Durch die Zwischenlager, die im Rahmen der Werkstattfertigung vorhanden sind, wäre jedoch auch eine Umreihung der Aufträge möglich um übergeordnete Ziel zu erreichen. Ein solches Ziel kann beispielsweise die Einhaltung der Liefertermintreue sein.

Das Fortschrittszahlen-Konzept besteht aus Soll-Fortschrittszahlen für die Produktion, die als Vorgabe dienen und aus Ist-Fortschrittszahlen. Letztere sind die tatsächlich erreichten Mengen. Ein Soll-Ist-Vergleich gibt Auskunft über den Grad der Zielerreichung und zeigt gegebenenfalls Handlungsbedarf auf.⁵⁹

Das bedeutet, beim Fortschrittszahlen-Konzept handelt es sich mehr um ein Kontroll- als ein Steuerungskonzept.

2.1.2 Dezentrale Planungs- und Steuerungsverfahren

Bei der dezentralen Steuerung der Produktionslogistik werden die Entscheidungen vor Ort getroffen.⁶⁰ Dadurch wird die Verantwortung zum Ort der Herstellung verlagert.⁶¹

Dezentral organisierte Bereiche befinden sich häufig auf Fertigungsebene. Sie sind flexibler und die Koordination ist weniger aufwändig als bei zentral organisierten Systemen. Ein weiteres Merkmal sind kurze Entscheidungswege.⁶² Dadurch ermöglichen dezentrale Strukturen eine direktere, effizientere Kommunikation und in weiterer Folge richtige Entscheidungen.⁶³ Die getroffenen Entscheidungen sind nach Meinung des Autors für den eigenen Bereich richtig, für das gesamte Unternehmen müssen sie das jedoch nicht sein (lokale Optima werden nachfolgend in diesem Abschnitt noch näher betrachtet).

Weitere Vorteile einer dezentralen Steuerung sind zeitnahe Entscheidungen und eine höhere Mitarbeitermotivation. Durch diese Steuerung wird das vor Ort vorhandene

⁵⁸ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 156 ff.

⁵⁹ ebenda

⁶⁰ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 92

⁶¹ Vgl.: Dickmann, P. (2015a), S. 96

⁶² Vgl.: Schuh, G.; Gierth, A. (2006), S. 300

⁶³ Vgl.: Dickmann, P. (2015a), S. 96

Know-how der Mitarbeiter genutzt. Es besteht jedoch ein erhöhter Kommunikationsbedarf (Anm. d. Verf.: zwischen den Leistungsstellen einer Hierarchieebene) und es besteht die Gefahr von lokalen Optima in den einzelnen Bereichen.⁶⁴

Diese Suboptima können mit anderen Unternehmenszielen in Konflikt stehen. Daraus ergibt sich ein möglicher höherer Koordinationsaufwand für höhere Unternehmensbereiche.⁶⁵ Dies bedeutet, die Einsparungen von administrativen Kosten durch die dezentrale Steuerung werden durch Ausgaben für einen höheren Aufwand in der Koordination der Leistungsstellen reduziert.

Bei einer dezentralen Materialflusssteuerung sind alle notwendigen Daten in Prozessnähe gespeichert.⁶⁶ Die Daten können dabei (wie in den Abschnitten Informationsfluss der Materialdisposition und Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung nachfolgend beschrieben) auch direkt mittels RFID-Technologie am Produkt gespeichert sein.

In enger Verbindung mit der dezentralen Steuerung steht das Pull-Prinzip. Als Produktionsauslöser fungiert beim Pull-Prinzip der Verbrauch an Zwischen- oder Endprodukten. Das Material wird beim Pull-Prinzip durch die Fertigung gezogen. Die Ausbringungsmenge wird dabei überwacht und es gibt eine Bestandsobergrenze.⁶⁷

Der Informationsfluss bei einer Pull-Steuerung läuft entgegengesetzt zum Materialfluss.⁶⁸ Weiters ist der Informationsfluss transparenter, kürzer und unkomplizierter als bei einer Push-Steuerung.⁶⁹

Das bedeutet, die Informationen fließen von der nachfolgenden zur vorgelagerten Leistungsstelle, während die Materialien entgegengesetzt von der vorgelagerten zur nachfolgenden Leistungsstelle fließen. Durch die dezentrale Datenhaltung ist der Informationsfluss weniger kompliziert als bei einer zentralen Steuerung.

Die Bedarfe werden durch die nachgelagerte Fertigungsstufe in der Produktion koordiniert. Die Fertigung dieses Bedarfs wird erst bei Vorliegen genauer Nachfragezahlen durchgeführt. Kleine Lagerbestände auf allen Produktionsstufen und kurze Durchlaufzeiten kennzeichnen das Pull-Prinzip.⁷⁰

⁶⁴ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 92

⁶⁵ Vgl.: Schuh, G.; Gierth, A. (2006), S. 300

⁶⁶ Vgl.: Arnold, D.; Furmans, K. (2009), S. 382

⁶⁷ Vgl.: Jodlbauer, H. (2008), S. 107

⁶⁸ Vgl.: Sihm, W. et al. (2016), S. 111

⁶⁹ Vgl.: Dickmann, P. (2015b), S. 205

⁷⁰ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 35 f.

Die Verantwortung für die Lagerbestände liegt bei der vorgelagerten Produktionsstufe. Erreicht der Lagerstand die Bestandsgrenze wird die Produktion eingestellt. Dies verhindert zu hohe, vom Verbrauch abgekoppelte Bestände.⁷¹

Die Materialbereitstellung für die einzelnen Arbeitsplätze, z.B. bei einer Werkstattfertigung, erfolgt nach dem Pull-Prinzip verbrauchsgesteuert und nach dem Hol-Prinzip. Dabei muss sich der Produktionsmitarbeiter das benötigte Material selbst aus dem Lager holen.⁷²

Falls ein eigener innerbetrieblicher Transportdienst in der Fertigung zur Verfügung steht, kann der Mitarbeiter nach dem Pull-Prinzip Transportaufträge für benötigte Materialien erstellen. Er holt dadurch das Material nicht selbst z.B. aus dem Lager, sondern delegiert die Materialbereitstellung an diesen Transportdienst. (Vgl.: Taxiversorgung als Steuerungsverfahren nach dem Pull-Prinzip)

Der Materialtransport wird bei einer nach dem Pull-Prinzip gestalteten Fertigung bedarfsgerecht durchgeführt.⁷³

Steuerungsverfahren nach dem Pull-Prinzip sind KANBAN, CONWIP (Constant Work in Progress), Go-See Pull und die Taxiversorgung. Nachfolgend werden die Verfahren sowie die Einsatzvoraussetzungen, Vor- und Nachteile beschrieben.

Bei der KANBAN-Steuerung gibt es zwischen allen Produktionsstufen Pufferlager mit einer Bestandsobergrenze (meist ein Behälter mit bestimmtem Volumen). Der Kundenauftrag wird bei der letzten Produktionsstelle eingelastet. Diese Stelle nimmt die benötigten Zwischenprodukte aus dem Puffer. Wenn der Puffer leer ist, wird von der vorgelagerten Produktionsstelle das jeweilige Zwischenprodukt nachgefertigt. Dafür entnimmt diese Materialien aus ihrem vorgelagerten Puffer. Dieser Vorgang wiederholt sich entlang der gesamten Produktionskette.⁷⁴

Für den Transportvorgang im Rahmen von KANBAN sind Information über Ziel, Quelle, Materialnummer, Materialart, Lagerort, Behälterart sowie Behälterkapazität notwendig. Die Produktion benötigt Materialnummer, Materialname, Lagerort und durchzuführende Arbeitsgänge als Input-Informationen.⁷⁵

⁷¹ Vgl.: Bleher, N. (2014), S. 33

⁷² Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 227

⁷³ Vgl.: Sihm, W. et al. (2016), S. 111

⁷⁴ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 160

⁷⁵ Vgl.: Fandel, G. et al. (2011), S. 79 f.

KANBAN wird vor allem bei standardisierten Produkten angewandt. Vorteile von KANBAN sind eine Flexibilität im Ressourceneinsatz, ein geringer Aufwand der Steuerung sowie die Einbindung von Lieferanten.⁷⁶

Bei der CONWIP-Steuerung gibt es eine nach Prioritäten geordnete Warteschlange an Rohmaterialien für verschiedene Produkte. Die Einlastung in die Produktion erfolgt nach dem Pull-Prinzip. Bei einem Kundenauftrag wird ein Endprodukt aus dem Fertiglager entnommen. Dies ermöglicht dem ersten Rohmaterial in der Warteschlange den Start in die Produktion. Dort wird das Material von einer Station zur nächsten bzw. in deren Zwischenlager nach dem Push-Prinzip weitergereicht. Durch diese Vorgangsweise bleibt der Bestand in der Fertigung konstant. Vorteile von CONWIP sind ein gleichmäßiger Fluss an Produkten und geregelte Bestände. Im Gegensatz zu KANBAN können bei CONWIP jedoch vor den Leistungsstellen Reihenfolgeprobleme auftreten. Eine geringe Produktvielfalt sowie eine geringe Schwankung der Bedarfe sind Voraussetzungen für den Einsatz von KANBAN und CONWIP. Weiters sind kontinuierliche Abläufe ohne Engpässe notwendig. Eine hohe Produktqualität, kurze Rüstzeiten stabile Prozesse und eine Anordnung der Leistungsstellen nach dem Fließprinzip sind ebenfalls Voraussetzungen.⁷⁷

Beim Go-See Pull Verfahren orientiert sich eine Produktionsstufe an der nachgelagerten Stufe. Dort soll ein Mindestbestand an Produkten nicht unterschritten werden. Zur Befriedigung der Bedarfe arbeiten die Mitarbeiter nach Gefühl. Die Entscheidung für z.B. durchzuführende Transporte werden selbständig von den Mitarbeitern getroffen.⁷⁸

Voraussetzung dafür ist aus Sicht des Autors, dass die Mitarbeiter Kenntnis über die Bestände der nachfolgenden Arbeitsplätze haben. Das ist jedoch nur bei einer wenig komplexen Fertigung möglich. Außerdem neigen die nach Gefühl getroffenen Entscheidungen zur Schaffung lokaler Optima.

Eine weitere bedarfsgesteuerte Möglichkeit der Materialbelieferung ist die Taxi-Versorgung. Der Arbeitsplatz wird durch einen Bereitsteller mit Material versorgt. Der Kunde bzw. der Arbeitsplatz teilt dem Bereitsteller den Materialbedarf mit und dieser liefert das benötigte Material. Typische Merkmale der Taxiversorgung sind viele Leerfahrten

⁷⁶ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 96

⁷⁷ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 163 f.

⁷⁸ Vgl.: Durchholz, J.; Boppert (2013b), S. 218

und daraus ergibt sich eine schlechte Auslastung. Weiters kommt es zu Engpässen, wenn zwei oder mehrere Arbeitsplätze zeitgleich Material benötigen.⁷⁹

Aus Sicht des Autors können jedoch durch eine zentrale Vorgabe der Reihenfolge bzw. einer Setzung von Prioritäten Leefahrten vermieden und die Auslastung erhöht werden. Beispielsweise kann die Reihenfolge der Transportaufträge geändert werden um jeweils Hin- und Rücktransporte zu ermöglichen und damit die Gesamtzahl der Transporte zu senken.

Die Taxiversorgung ist geeignet für unregelmäßige Bedarfe sowie den Transport großer Behälter über kleine Entfernungen.⁸⁰

In einer konkreten Implementierung in der Produktion können die Mitarbeiter dezentral Transportaufträge erstellen, die anschließend nach dem Bring-System vom Taxi ausgeführt werden.

2.1.3 Hybride Planungs- und Steuerungsverfahren

Die hybride Steuerung ist eine Mischung aus der zentralen und dezentralen Steuerung. Dadurch können Vorteile beider Varianten genutzt werden. Neben einer zeitnahen Koordination werden Entscheidungen vor Ort getroffen. Dadurch kann dezentrales Know-how genutzt werden.⁸¹

Ein hybrides Fertigungsverfahren ist das POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Administration) -Verfahren. Dieses Verfahren ist für eine Produktion mit kundenindividuellen Produkten und großer Produktvielfalt geeignet.⁸²

Besonders eignen sich Fertigungsinseln zur Steuerung mit dem POLCA-Verfahren. Aber auch bei anderen Fertigungsorganisationen ist eine Anwendung möglich.⁸³

Nach Meinung des Autors sind damit alle Fertigungsorganisationen gemeint, bei denen die Weitergabe der Zwischenprodukte nicht nach einem festen Takt erfolgt. D.h. das POLCA-Verfahren ist z.B. für die Werkstattfertigung, jedoch nicht für die Fließfertigung geeignet.

Der vorgelagerte Prozess wird bei diesem Fertigungsverfahren nur begonnen, wenn im nachfolgenden Prozess genügend freie Kapazitäten für den Auftrag vorhanden sind.

⁷⁹ Vgl.: Dickmann, P. (2015c), S. 357 f.

⁸⁰ Vgl.: Durchholz, J.; Boppert (2013a), S. 180 f.

⁸¹ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 92 f.

⁸² Vgl.: Rucker, T. (2006), S. 29

⁸³ Vgl.: Lödding, H. (2008), S. 407

Zufällige Nachfrageschwankungen werden durch überlappende Regelkreise selbstständig gelöst.⁸⁴

Es erfolgt eine zentrale Planung der Anzahl der POLCA-Karten sowie der Vorlaufzeit anhand der prognostizierten Kundennachfrage und der mittleren Durchlaufzeit. Wenn ein Auftrag eingeht erfolgt eine Durchlaufterminierung. Daraufhin wird das Rohmaterial freigegeben und alle nachgelagerten Fertigungsstufen werden zeitverzögert informiert. Die Verzögerung entspricht der mittleren Durchlaufzeit durch die vorgelagerten Fertigungsstufen. Bei Eingang der Information wird das benötigte Produkt mit einer POLCA-Karte versehen an die nächste Stufe weitergereicht. Das Produkt wird durch zwei Fertigungsstufen von der POLCA-Karte begleitet. Anschließend wird die Karte zur Ausgangsstufe zurückgebracht und das Produkt muss auf eine neue Karte warten. Dadurch besteht ein Kartenkreislauf innerhalb zweier Fertigungsstufen.⁸⁵

Die Durchlaufzeit wird über einen MRP-Lauf berechnet. Im Gegensatz zu KANBAN wird beim POLCA-Verfahren nur kundenauftragsbezogen gefertigt. Die Einführung einer POLCA-Steuerung in der Produktion benötigt einen hohen Schulungsaufwand der Mitarbeiter, da POLCA ein sehr komplexes Verfahren ist.⁸⁶

Basierend auf den zuvor durchgeführten Ausführungen, kann gesagt werden, dass es sowohl bei zentraler, dezentraler, als auch hybrider Steuerung Vor- und Nachteile gibt. Die zentrale Steuerung wird zusammen mit dem Push-Prinzip ausgeführt. Die dezentrale Steuerung wird hingegen mit dem Pull-Prinzip implementiert. Für beide Varianten gibt es mehrere praktische Verfahren. JIT ist ein zentral gesteuertes und KANBAN ein dezentral gesteuertes Verfahren um nur je ein Beispiel zu nennen.

2.2 Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Die Organisation der Materialdisposition betrifft einerseits die Aufbauorganisation und andererseits die Organisation der Steuerung der Disposition. Diese beiden Themenbereiche werden in den nächsten zwei Unterkapiteln behandelt.

⁸⁴ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 96 f.

⁸⁵ Vgl.: Rucker, T. (2006), S. 29 ff.

⁸⁶ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 97

2.2.1 Aufbauorganisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Als grundsätzlichen Formen der Aufbauorganisation können Einlinien-, Mehrlinien-, Stablinien-, Sparten- und Matrixorganisation unterschieden werden. Bei der Einlinienorganisation können Anweisungen entlang der Linie, von einer übergeordneten zur untergeordneten Stelle, erteilt werden. D.h. es gibt in der Hierarchie eine direkte Verantwortung.⁸⁷

Eine übergeordnete Stelle erteilt bei der Mehrlinienorganisation Aufgaben an mehrere untergeordnete Stellen.⁸⁸

Die Stablinienorganisation kombiniert die Einlinien- oder Mehrlinienorganisation mit Stabstellen, welche beratende Tätigkeiten zu einem Spezialgebiet durchführen.⁸⁹

Die Spartenorganisation entspricht dem Aufbau einer Mehrlinienorganisation, bei der die Linien durch verschiedene Produktgruppen oder Fertigungsarten gebildet werden. Beispielsweise können PKW, LKW und Bus jeweils eine eigene Linie eines Automobilkonzerns bilden.⁹⁰

Werden verschiedene (Support-) Abteilungen, wie z.B. das Rechnungswesen, gemeinsam von allen Sparten genützt, spricht man von einer Matrixorganisation.⁹¹ Die Hauptfunktionen werden dabei horizontal und die zentralen (Service-) Funktionen vertikal angeordnet.⁹²

Die Logistik kann je nach Organisationsform des Unternehmens zentral oder dezentral eingegliedert werden. Bei einer Sparten- oder Matrixorganisation besitzt jede Sparte dezentral eine Logistikabteilung. Bei einer zentralen Organisation wird die Logistik als eigenständige Funktion neben u.a. der Produktion und dem Vertrieb unter der Unternehmensleitung angesiedelt.⁹³

⁸⁷ Vgl.: Wiendahl, H.-P. (1983), S. 16 f.

⁸⁸ Vgl.: Nebl, T. (2011), S. 332

⁸⁹ Vgl.: Wiendahl, H.-P. (1983), S. 17 f.

⁹⁰ ebenda

⁹¹ ebenda

⁹² Vgl.: Oeldorf, G.; Olfert, K. (2003), S. 28

⁹³ Vgl.: Martin, H. (2006), S. 12

Vorteile der zentralen Organisation sind eine Bündelung von Know-how und eine bessere Auslastung der Logistikmitarbeiter. Die Dezentralisierung der Logistik erhöht hingegen die Reaktionsfähigkeit und die Flexibilität. Außerdem reduziert eine dezentrale Organisation Kommunikationsprobleme.⁹⁴

Die Eingliederung der Materialwirtschaft in die Aufbauorganisation kann, ebenso wie die Logistik, zentral oder dezentral erfolgen. In der zentralen Variante wird die Materialwirtschaft als selbstständige Funktion, neben z.B. der Fertigung oder dem Rechnungswesen, der Unternehmensleitung unterstellt. Die zweite Möglichkeit ist die Aufteilung der Materialwirtschaft in die Bereiche Materialbeschaffung, Materialverteilung, Materiallagerung und Materialentsorgung. Bei einem Unternehmen das in eine kaufmännische und eine technische Linie unterteilt ist, werden die Materialbeschaffung und Materialverteilung der kaufmännischen Linie und die Materiallagerung und Materialentsorgung der technischen Linie unterstellt. Die letztgenannte Variante findet vor allem bei Industrieunternehmen Anwendung, welche sich aus Handwerksbetrieben entwickelt haben.⁹⁵

Bei Großunternehmen die über geografisch abgegrenzte Produktionsbetriebe und eine zentrale Verwaltung verfügen, bietet sich die zentrale Eingliederung der Materialwirtschaft an. Die Materialwirtschaft wird dabei nach dem Verrichtungsprinzip u.a. in Lagerung und Materialdisposition unterteilt. Sind die Funktionsbereiche den Betrieben unterstellt, dann bietet sich die dezentrale Eingliederung der Materialwirtschaft an. Dabei fallen Lagerung, Materialbereitstellung und Materialtransport in die Aufgabe des jeweiligen Betriebsleiters. Die strategischen Aufgaben werden jedoch zentral durchgeführt. Unter die strategischen Aufgaben fallen z.B. Beschaffungsstrategien oder der zentrale Fuhrpark. Nach Möglichkeit sollten die Tätigkeiten aber an die ausführende Ebene delegiert werden.⁹⁶

Werden die Bereiche Materialeingang, Lagerung und Transport zu einer zentralen Funktion Materialwirtschaft zusammengefasst, kann diese vertikal als Servicefunktion in eine Matrixorganisation eingefügt werden.⁹⁷

Die Materialverteilung kann ebenfalls zentral oder dezentral ins Unternehmen eingegliedert werden. Bei der zentralen Eingliederung erfüllt eine Organisationseinheit die

⁹⁴ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 27

⁹⁵ Vgl.: Oeldorf, G.; Olfert, K. (2003), S. 24 ff.

⁹⁶ ebenda

⁹⁷ Vgl.: Oeldorf, G.; Olfert, K. (2003), S. 28

Aufgaben der Materialverteilung. Bei der dezentralen Eingliederung werden diese Aufgaben nebeneinander von mehreren Organisationseinheiten erledigt. Auch eine hybride Aufteilung der Aufgaben ist möglich. Der Trend geht laut OELDORF und OLFERT in Richtung Zentralisierung, denn die Zusammenfassung von Innenverkehr, Werksverkehr und Außenverkehr ermöglicht die Lösung der Materialflussprobleme des Unternehmens. Umfassen sowohl Rohstoffe als auch Fertigerzeugnisse gleichermaßen die Materialverteilung, kann diese als eigene Abteilung in das Unternehmen neben den Bereichen Materialwirtschaft, Produktion und Absatzwirtschaft eingegliedert werden. Diese eigenständige Abteilung ist für die unterschiedlichen Lager, den Transport sowie den Fuhrpark verantwortlich. Ist jedoch ein Schwerpunkt der Materialverteilung vorhanden, der entweder auf den Rohstoffen oder auf dem Fertigprodukt liegt, so ist es sinnvoller die Materialverteilung in die Materialwirtschaft oder die Absatzwirtschaft einzugliedern.⁹⁸

Aus der Sicht des Autors führt eine zentrale Organisation der Materialverteilung zu einer größeren Effizienz in der Ausführung der Aufgaben, da die Mitarbeiter ausschließlich diese Aufgaben erledigen und sie dadurch lernen bzw. sich verbessern. Das führt zu einer steileren Lernkurve als bei einer dezentralen Organisation, bei der die Leistungsstellen die Aufgaben der Materialverteilung nebenbei erledigen. Bei einer dezentralen Organisation sind die Leistungsstellen für die Materialversorgung verantwortlich und somit unzählige bzw. verschiedene Fertigungsmitarbeiter. Bei einer zentralen Organisation ist eine geringere Anzahl an Mitarbeitern an der Materialverteilung beteiligt. Dadurch sind die Mitarbeiterführung sowie eine Steuerung in Bezug auf Verbesserungen, Optimierungen und Etablierung von Standards einfacher möglich. Weiters ist der Schulungsaufwand durch die geringere Anzahl spezialisierter Mitarbeiter geringer und die für die Fertigung spezialisierten Mitarbeiter können ausschließlich darauf fokussieren und müssen sich nicht um den Supportprozess der Materialbelieferung kümmern.

Betrachtet man die Aufgaben der administrativen, dispositiven und operativen Unternehmensebene, so ist die administrative Ebene für die Entwicklung von Strategien, die Festlegung des Produktspektrums oder für die Verhandlung von Beschaffungsverträgen verantwortlich. Die Verwaltung, Disposition und Kontrolle von Aufträgen, Bestän-

⁹⁸ Vgl.: Oeldorf, G.; Olfert, K. (2003), S. 35, 358

den und Betriebsmitteln erfolgt auf der dispositiven Ebene. Darunter fällt auch die Aufgabe der Nachschubdisposition und die Auftragsverfolgung. Die operative Ebene ist u.a. für die Steuerung und Regelung der internen Aufträge verantwortlich.⁹⁹

Die Dezentralisierung der operativen Logistikbereiche, Disposition und Logistikbetrieb, ist in großen Unternehmen angebracht. Die Logistikdisposition hat die Aufgabe externe Aufträge in interne Aufträge zu überführen (Anm.: die Disposition wird im nächsten Abschnitt näher behandelt). Weiters ist sie für die Nachschub- und Bestandsdisposition sowie die Ausführungskontrolle der internen Aufträge verantwortlich. Der Logistikbetrieb umfasst den innerbetrieblichen Transport, die Einsatzdisposition der Logistikbetriebsmittel und die Führung der Logistikmitarbeiter.¹⁰⁰

Die dezentrale Führung von Logistikmitarbeitern, ausgerichtet nach einer Unternehmensgesamtstrategie, ist jedoch aus Sicht des Autors schwieriger als eine zentrale Mitarbeiterführung, denn die Koordination von mehreren dezentralen Vorgesetzten erfordert einen höheren Aufwand. Vor allem bei Einführung oder Verbesserungen von IT-Systemen, Technologien oder operativen Abläufen sind mehr koordinierende Maßnahmen und Schulungen notwendig.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Logistik bzw. Materialwirtschaft, je nach Unternehmenstyp und der jeweiligen Aufbauorganisation, zentral oder dezentral eingegliedert werden kann. Die jeweilige Variante bringt auch hier verschiedene Vor- und Nachteile mit sich. Eine Aussage über die optimale Organisation der Aufbauorganisation kann, basierend auf den Ausführungen in diesem Abschnitt, nur Unternehmensspezifisch getätigt werden. Die Aufbauorganisation ist auch abhängig von der Materialdisposition bzw. der Form der Materialbereitstellung (Bring- oder Hol-System). Die Materialdisposition wird im nächsten Abschnitt behandelt. Für weitere Informationen zum Bring- bzw. Hol-Prinzip siehe Abschnitt „Planungs- und Steuerungsverfahren“.

2.2.2 Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Allgemeine Grundsätze der Organisation sind der Entkopplungsgrundsatz, der Delegationsgrundsatz sowie das Subsidiaritätsprinzip. Um das Durchgreifen von Störungen von einem zum anderen System zu verhindern, sollen dem Entkopplungsgrundsatz entsprechend Puffer und Zwischenlager zur Trennung dieser Systeme in Teilsysteme verwendet werden. Nach dem Delegationsgrundsatz sind Entscheidungen so dezentral

⁹⁹ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 52 ff.

¹⁰⁰ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 63 ff.

wie möglich und nur so zentral wie nötig zu treffen. Das Subsidiaritätsprinzip besagt, dass die Disposition ebenfalls so dezentral wie möglich und nur so zentral wie nötig durchzuführen ist.

Im Unternehmen beinhaltet die Disposition die Funktionen der Mengen- und Ressourceneinsatzplanung. Die Kenntnisse von Bedarf, Bestand und Lieferquellen bildet die Basis hierfür. Aufgabe der Disposition ist die zeit-, mengen- und qualitätsgenaue Befriedigung des Bedarfes. Einerseits sollen dabei die Bestände kleingehalten werden, andererseits wird eine hohe Flexibilität angestrebt. Das führt zu einem Zielkonflikt (vgl. dazu die Zielkonflikte der Produktionslogistik in Kapitel 2).¹⁰¹

Die Disposition wird auch als Materialsteuerung bezeichnet und beinhaltet die Steuerungstätigkeiten vom Eingang des Auftrags bis zur Materialbereitstellung in der Produktion. Die Basis für die Steuerung bilden Art, Menge und Liefertermin der Produktionsaufträge. Die Aufgaben umfassen die Ermittlung der Bedarfe, die Überwachung der Bestände sowie die Beschaffung, Lagerung und Materialbereitstellung bzw. -verteilung.¹⁰²

Konkrete Aufgabe der Materialdisposition ist die zeitgerechte Beschaffung von Materialien. Ein Ziel der Materialdisposition ist eine geringe Kapitalbindung. Dieses Ziel geht mit geringen Beständen einher. Das zweite Ziel ist eine sichere Versorgung der Produktion mit den benötigten Materialien. Diese müssen zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Menge und Qualität bereitgestellt werden. Daraus resultieren die Beschaffung der Materialien sowie die Terminierung und Überwachung der Dispositionsaufträge.¹⁰³

Die Liegezeit, d.h. Stau-, Puffer- und Lagerzeiten, der Produkte ist eine wesentliche Stellgröße, welche durch die Disposition optimierbar ist. Durch Optimierung in diesem Bereich werden die Kosten gesenkt und eine bessere Auslastung erreicht.¹⁰⁴

Das bedeutet, dass durch den optimalen Zeitpunkt der Disposition Liegezeiten vermieden bzw. minimiert werden. Wie bereits zuvor erwähnt wird dadurch die Durchlaufzeit gesenkt. Eine optimierte Disposition ist somit ein Schlüssel zur Sicherstellung einer kurzen Durchlaufzeit, einer hohen Liefertermintreue sowie der Vermeidung von Materialengpässen aufgrund einer zu späten Disposition bzw. von hohen Beständen bei einer zu

¹⁰¹ Vgl.: Bichler, K. et al. (2010), S. 75

¹⁰² Vgl.: Wiendahl, H.-P. (1983), S. 284

¹⁰³ Vgl.: Bichler, K. et al. (2010), S. 75

¹⁰⁴ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 268

frühen Disposition. Die durch Kapitalbindung verursachten Kosten werden indirekt durch die Höhe der Bestände ebenfalls von der Disposition beeinflusst.

Der erste Schritt der Materialdisposition ist die Bedarfsermittlung. Die dafür benötigten Daten sind u.a. die Vorlaufzeit, die Wiederbeschaffungszeit und die Beschaffungsmenge. Anschließend ist die Art der Beschaffung festzulegen.¹⁰⁵

Die Disposition kann verbrauchsgesteuert oder bedarfsgesteuert abgewickelt werden. Bei geringen Bedarfsschwankungen wird die verbrauchsgesteuerte Disposition angewandt. Die bedarfsgesteuerte Materialdisposition hat den Vorteil geringer Bestände.¹⁰⁶

Basierend auf dem Abschnitt „Planungs- und Steuerungsverfahren“ kann gesagt werden, dass die verbrauchsgesteuerte Disposition nach dem Pull-Prinzip und die bedarfsgesteuerte Disposition mit einem Push-System erfolgt.

Es ist auch eine Orientierung der Disposition an der Lagerhaltung oder der Belastung der Produktionskapazitäten möglich. Erstere hat als Ziel die Minimierung der Lagerkosten. Die bedarfsgerechte Disposition hat eine flexible Nutzung der Fertigungskapazitäten, die Einhaltung der Liefertermine sowie eine gleichmäßige sowie hohe Auslastung zum Ziel.¹⁰⁷

Die Materialbereitstellung kann manuell veranlasst werden, aber auch auftragsbezogen oder arbeitgangbezogen. Eine weitere Möglichkeit ist die automatische Bereitstellungsveranlassung. Diese kann an die Auftrags- oder Arbeitsgangfreigabe gekoppelt sein oder es erfolgt zentral ein festgelegter Vorlauf bis zum Fertigungsbeginn.¹⁰⁸

Aus Sicht des Autors muss die Bereitstellungsveranlassung individuell nach Fertigungsorganisation und Produktionsmenge festgelegt werden. Beispielsweise bei Montageprozessen, Losfertigung, Kleinserienfertigung oder Fließfertigung ist diese anders zu gestalten.

Die Steuerung der Disposition kann zentral oder dezentral sowie nach dem Push- oder Pull-Prinzip erfolgen. Die unterschiedlichen Varianten der Disposition werden nachfolgend beschrieben.

¹⁰⁵ Vgl.: Schuh, G.; Svend, L. (2006), S. 203, 205

¹⁰⁶ Vgl.: Bichler, K. et al. (2010), S. 82

¹⁰⁷ Vgl.: Hackstein, R. (1989), S. 150 ff.

¹⁰⁸ Vgl.: Schuh, G.; Gierth, A. (2006), S. 291

Bei der zentralen Disposition nach dem Push-Prinzip wird der Starttermin des Auftrags zentral ermittelt. Dafür wird der Auftragsbestand und die optimale Auslastung berücksichtigt. Der Auftrag wird in Subaufträge für die einzelnen Leistungsstellen geteilt und nacheinander an diese übermittelt. Die Leistungsstellen starten die Fertigung nach Auftragseingang und reichen das Zwischenprodukt anschließend an die nächste Leistungsstelle weiter. Die Disposition führt die Materialbeschaffung durch, regelt die Zwischenlagerung und überwacht die Termine.¹⁰⁹ Vergleiche dazu die Vor- und Nachteile der zentralen Disposition nach dem Push-Prinzip im Abschnitt „zentrale Steuerung“.

Die zentrale Disposition nach dem Pull-Prinzip ermittelt ebenfalls den Starttermin des Auftrags zentral. Die Subaufträge werden anschließend gleichzeitig an alle Leistungsstellen übermittelt. Die Zwischenprodukte werden jedoch erst weitergereicht, wenn die nachfolgende Stelle diese benötigt und sie lagern bis dahin bei der Abgabestelle. Die Disposition führt hier ebenfalls die Materialbeschaffung durch, regelt die Zwischenlagerung und überwacht die Termine.¹¹⁰

Aus Sicht des Autors führt diese Variante zu niedrigeren Beständen.

Der Auftragseingang erfolgt bei der dezentralen Disposition nach dem Pull-Prinzip bei der letzten Leistungsstelle. Diese plant den Auftragsstarttermin für den eigenen Bereich und erteilt Zulieferaufträge an die vorgelagerte Stelle. Die vorgelagerte Stelle wiederholt diesen Vorgang. Über die Beschaffung der benötigten Materialien und den Ressourceneinsatz entscheidet jede Stelle selbstständig. Auf diese Weise wird das Produkt durch die Fertigung gezogen. Diese Dispositionssteuerung wird vor allem bei der Fließfertigung von Montageprodukten eingesetzt. Ein Beispiel für diese Art der Produktionssteuerung ist KANBAN (vgl. dafür Abschnitt 2.1.2).¹¹¹

Die vierte Möglichkeit ist die dezentrale Disposition nach dem Push-Prinzip. Im Gegensatz zur dezentralen Disposition nach dem Pull-Prinzip geht hier der Auftrag bei der ersten Leistungsstelle ein. Diese führt den ersten Bearbeitungsschritt durch und gibt das Zwischenprodukt mit einem Lieferschein oder einer Begleitinformation an die nächste Leistungsstelle weiter. Das Produkt wird somit durch die Fertigung geschoben. Anwendung findet diese Art der Disposition bei Paketzustellung oder auch in der Werkstattfertigung.¹¹²

¹⁰⁹ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 259 ff.

¹¹⁰ ebenda

¹¹¹ ebenda

¹¹² ebenda

Aus Sicht des Autors findet hier jedoch keine Koordination der Leistungsstellen statt um ein Gesamtoptimum in der Produktion zu finden. Es werden weder die Bestände noch die Auslastung der nachfolgenden Leistungsstellen berücksichtigt. Der Vorteil liegt daher ausschließlich in einem geringen Planungs- und Steuerungsaufwand. Nachteile sind hohe Bestände und lokale Optima.

Eine hohe Eigenverantwortung und damit einhergehend eine höhere Mitarbeitermotivation und Effizienz sind Vorteile der dezentralen Disposition. Weiters fallen keine administrativen Kosten und Zeitverluste wie bei der zentralen Disposition an. Bei großen Bedarfsschwankungen kommt es jedoch zu langen Reaktionszeiten. Für neue Produkte sind lange Vorlaufzeiten notwendig und übergeordnete Unternehmensziele können durch die Gefahr von lokalen Optima gegebenenfalls nicht erreicht werden. Diese Nachteile sind bei kurzen Reaktionszeiten an den Leistungsstellen, kurzen und wenig schwankenden Durchlaufzeiten an den einzelnen Stellen, lange im Voraus bekannten Bedarfen und bei der Produktion von Standardprodukten beherrschbar.¹¹³ Auch hier kann KANBAN als Beispiel genannt werden.

Eine dezentrale Auftragsdisposition verbunden mit einer selbstregelnden Vergütung von Leistung und Qualität bewirkt eine Leistungssteigerung, höhere Termintreue und geringere Kosten in den Leistungsstellen.¹¹⁴

Jedoch besteht auch hier wieder die Gefahr lokaler Optima. Eine Erhöhung der Auslastung eines Arbeitsplatzes kann beispielsweise ohne Koordination mit den nachfolgenden Arbeitsplätzen zu hohen Beständen führen. Diese Bestände wiederum erhöhen die Durchlaufzeit und Kosten.

Die dynamische Disposition ermöglicht kurze Lieferzeiten und hohe Termintreue bei geringen Kosten. Grundlage für die dynamische Disposition ist eine Trennung zwischen Planung und Disposition. Die Disposition wird dabei kurzfristig durchgeführt. Die Planung wird mittel- bis langfristig abgewickelt. Leistungsstellen sollen dezentral und Lieferketten zentral organisiert sein. Die Anwendung des Subsidiaritäts- und Entkopplungsprinzips sind weitere wichtige Punkte der Organisation der Disposition.¹¹⁵

Die Auftragsfreigabe ist ein wesentlicher Bestandteil der Disposition (siehe zentrale / dezentrale Materialdisposition nach dem Push- bzw. Pull-Prinzip).

¹¹³ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 262

¹¹⁴ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 267

¹¹⁵ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 66 f.

Bevor Fertigungsaufträge freigegeben werden ist die Verfügbarkeit der Ressourcen zu prüfen. Die Festlegung der Freigabereihenfolge von Aufträgen kann manuell erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist einen Freigabetermin im Vorhinein festzulegen oder den Aufträgen Prioritäten zuzuweisen. Es können aber auch Merkmalskombinationen (Anm. d. Verf.: z.B. Schmiedestücke die bei gleicher Temperatur geschmiedet werden, werden bei der Reihenfolgeplanung zusammengefasst) für die Auftragsfreigabe herangezogen werden. Außerdem ist es möglich anhand von Fortschrittszahlen Aufträge freizugeben.¹¹⁶

Die Rückmeldung der durchgeführten Arbeitsgänge kann für jeden Arbeitsgang einzeln durchgeführt werden. Es ist auch möglich alle an einem Arbeitsplatz ausgeführten Arbeitsgänge nach Beendigung des letzten Bearbeitungsschrittes gemeinsam zurückzumelden. Die zu übermittelnden Daten sind Auftragsnummer, Nummer des Arbeitsvorgangs (Anm. des Verf.: bzw. Name des Bearbeitungsschrittes), Durchführungszeiten und Fertigstellungsdatum sowie die bearbeitete Menge.¹¹⁷

Das bedeutet, es werden sowohl Stamm- als auch Bewegungsdaten zurückgemeldet.

Im Rahmen von Industrie 4.0 und Internet of Things (IoT) wird eine Zunahme der dezentralen Produktionssteuerung erwartet.¹¹⁸ Diese wird geprägt sein durch einen dezentralen, echtzeitnahen Datenaustausch z.B. der Produktinformationen.¹¹⁹ Die in Echtzeit generierten Daten bei IoT und Industrie 4.0 ermöglichen jedoch auch bessere Entscheidungen zentraler Instanzen. Damit könnten auch Entscheidungen, die derzeit aufgrund fehlender Informationen dezentral getroffen werden, in Zukunft zentral getroffen werden.¹²⁰ TEN HOMPEL et al. sieht eine zentrale Durchführung von Buchungen, der Warenverfolgung und der Disposition. Neben der Echtzeitfähigkeit und Dezentralisierung ist die Selbstorganisation ein weiteres Merkmal des IoT.¹²¹

Vor allem die Werkstattfertigung ist für die Selbststeuerung geeignet. Dabei manövriert ein Gut selbstständig durch die Fertigung. Das Gut hat dabei den Arbeitsplan dezentral bei sich gespeichert (Anm. d. Verf.: z.B. auf einem RFID-Tag). Weiters bestellt das Gut auch selbst die benötigten Transportmittel. Die direkte Kommunikation zwischen

¹¹⁶ Vgl.: Schuh, G.; Svend, L. (2006), S. 221

¹¹⁷ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 228

¹¹⁸ Vgl.: Kersten, W. et al. (2014), S. 102

¹¹⁹ Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 117

¹²⁰ Vgl.: Bousonville, T. (2017), S. 8

¹²¹ Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 117

Gut, Transportmittel und Arbeitssystem sowie die Fähigkeit des Gutes selbst Entscheidungen zu treffen (z.B. die Wahl der nächsten Arbeitsstation) sind Kennzeichen der Selbststeuerung.¹²²

Basierend auf den Ausführungen in diesem Abschnitt bringt sowohl die zentrale als auch die dezentrale Materialdisposition Vor- und Nachteile mit sich. Diese müssen je nach Fall und konkreter Situation im Unternehmen abgewogen und bewertet werden.

2.3 Informationsfluss der Materialdisposition

Die Informationslogistik umfasst die „Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle der Gesamtheit der Datenflüsse“¹²³, die zur Unterstützung von Entscheidungen dienen und Grenzen, z.B. von Abteilungen, überschreiten. Die Datenspeicherung und Aufbereitung sind ebenfalls Teilgebiete der Informationslogistik.¹²⁴

Ziel ist die Bereitstellung von Information in der benötigten Qualität, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit und im benötigten Umfang.¹²⁵

Als Informationsfluss werden die Summe der Informationen und Daten, die mit dem Materialfluss fließen, ihm voraus- oder nachziehen, bezeichnet. Dieser Informationsfluss kann an den Materialfluss gekoppelt oder vom Materialfluss entkoppelt sein. Elemente des Informationsflusses sind die Dateneingabe und -ausgabe, der Datentransport sowie die Verarbeitung und Speicherung von Daten.¹²⁶

Die Summe der Informationsflüsse wird als Informationsflussstruktur bezeichnet. Diese ist ein wesentlicher Teil der Produktionslogistik. Welche Information von welcher Quelle zu welchem Ziel fließen, wird bei der Gestaltung der Informationsflussstruktur definiert. Informationswege, Informationspunkte, an denen Informationen eingespeist oder abgefragt werden, Informationsspeicher sowie Informationsarten sind Elemente der Informationsflusssysteme. Die Informationsarten werden in Stammdaten und Bewegungsdaten gegliedert.¹²⁷

¹²² Vgl.: Scholz-Reiter, B.; Höhns, H. (2006), S. 764 f.

¹²³ Winter, R. et al. (2008), S. 2

¹²⁴ Vgl.: Winter, R. et al. (2008), S. 2

¹²⁵ Vgl.: Grabowski, H. (1991), S. 2

¹²⁶ Vgl.: Jünemann, R.; Beyer, A. (1998), S. 11 f.

¹²⁷ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 74 f.

Stammdaten sind beispielsweise Materialdaten oder Informationen zu den Arbeitsgängen. Beispiele für Bewegungsdaten sind der Status der Arbeitsgänge oder Lagerorte der Gebinde, denn diese ändern sich während des Produktionsdurchlaufs. Aus Sicht des Autors sind je nach Position bzw. Aufgabe eines Mitarbeiters verschiedene Stamm- und Bewegungsdaten notwendig, welche dem Mitarbeiter die Ausführung seiner Tätigkeit ermöglichen. Dies bedeutet, ein Disponent, Fertigungsmitarbeiter oder Transportmitarbeiter benötigen unterschiedliche Informationen, um die notwendigen Entscheidungen zu treffen.

Zu jedem Gut werden Begleitinformationen zur Identifikation, zum Absender bzw. zur Quelle, zum Ziel und zur Steuerung benötigt. Die Steuerungsinformation beinhaltet Lieferweg, Lagerorte und Zwischenstationen. Diese Begleitinformationen sind Teil des Informationsflusses. Die Bereitstellung dieser Informationen kann über Barcode oder Etikett, einen Transponder, z.B. RFID, oder über ein Begleitdokument erfolgen. Einerseits kann die Begleitinformation vollständig am Gut vorhanden sein, andererseits ist es möglich, über eine Identifikationsinformation die am Gut „gespeichert“ ist, die weiteren Begleitinformationen über einen Rechner bzw. das IT-System abzurufen.¹²⁸

Daraus folgt, die Informationen sind entweder dezentral am Gut oder zentral z.B. im IT-System in einer Datenbank gespeichert. Bereits im Abschnitt Planungs- und Steuerungsverfahren wurde die dezentrale Datenspeicherung in Prozessnähe im Zuge der dezentralen Steuerung bzw. die zentrale Datenspeicherung bei der zentralen Steuerung besprochen.

Wie bereits zuvor erwähnt, kann der Informationsfluss an den Materialfluss gekoppelt sein oder nicht. Die Kopplung der Flüsse erfolgt über einen Datenträger der am Gut oder Transporthilfsmittel befestigt wird und die Begleitinformationen gespeichert hat. Die Zielinformation und ein Sollzustand kann damit direkt dem Fördergut entnommen werden. Dieser Sollzustand wird an manchen Stellen des Materialflusses mit dem Ist-Zustand verglichen und Daten können ergänzt, korrigiert oder gelöscht werden. Diese Vorgänge finden dezentral bzw. autark von übergeordneten Systemen statt. Kein Problem stellt eine Änderung des Materialflusses für die Gestaltung des Informationsflusses dar, weil die beiden Flüsse immer den gleichen Weg gehen.¹²⁹

¹²⁸ Vgl.: Gudehus, T. (2004), S. 59

¹²⁹ Vgl.: Krämer, K. (2002), S. 17, 23 f.

Das bedeutet, dass bei einer Materialflussänderung sich der Informationsfluss automatisch an die vorgenommene Änderung anpasst, da die beiden Flüsse gekoppelt sind. Ein Vorteil des gekoppelten Informationsflusses bei einer Pull-Fertigung ist, wie bereits im Abschnitt „dezentrale Steuerung“ erwähnt, eine höhere Transparenz und geringere Komplexität des Informationsflusses.

Ein Anwendungsbeispiel für einen gekoppelten Material- und Informationsfluss ist ein RFID-Tag der an einem Produkt befestigt wird. Am Beginn der Produktion werden alle zur Fertigung benötigten Daten, wie z.B. Materialdaten oder Bearbeitungsinformationen, vom zentralen IT-System auf den RFID-Tag gespeichert. An den Arbeitsplätzen wird die Fertigung autonom durchgeführt. Dort werden die dezentral gespeicherten Informationen ausgelesen, die Bearbeitung den Anweisungen entsprechend durchgeführt und danach z.B. der neue Status auf den Tag gespeichert. Vorteil dieser Vorgangsweise ist eine geringere Komplexität und damit Störanfälligkeit.¹³⁰

Verbleibt der Datenträger nach Beendigung der Fertigung im Unternehmen und wird nicht mit dem Produkt an den Kunden ausgeliefert spricht man von einer Closed-Loop-Anwendung. Der Datenträger wird anschließend in einem neuen Fertigungsdurchlauf wiederverwendet. Dieser Fall wird im Besonderen bei der Produktions- und Materialflusststeuerung angewandt.¹³¹

Aus Sicht des Autors ist es bei der Auswahl eines Datenträgers entscheidend ob dieser im Unternehmen verbleibt und wiederverwendet wird. Ist dies der Fall, kann auch eine teurere Variante des Datenträgers mit besserer Speicherkapazität oder mehreren Funktionen beschafft werden. Wird der Datenträger mit dem Produkt an den Kunden geliefert, so ist eine billigere, einfachere Variante, die alle Anforderungen erfüllt, ausreichend.

Bei den entkoppelten Flüssen hat der Informationsfluss nur eine koordinierende Funktion. Die Informationen werden hierfür zentral gespeichert, d.h. das Gut und die Begleitinformationen sind getrennt voneinander. Deswegen ist zwischen Material- und Informationsfluss ein Abgleich notwendig.¹³²

Beispielsweise bei Abschluss eines Bearbeitungs- oder Lagervorganges findet durch die zuvor beschriebene Rückmeldung ans IT-System ein solcher Abgleich statt.

¹³⁰ Vgl.: Weinländer, M. (2008), S. 133 f.

¹³¹ Vgl.: Hager, P. (2008), S. 87

¹³² Vgl.: Krämer, K. (2002), S. 23 ff.

In der Praxis wird oft eine hybride Lösung verwendet. Dabei wird an verschiedenen Punkten das Gut identifiziert und Informationen aus den zentralen Systemen abgerufen und dezentral am Gut gespeichert. Das Gut bewegt sich daraufhin selbstständig entlang des Materialflusses.¹³³

In diesem Zusammenhang ist auch der dritte Grundsatz¹³⁴ der Intralogistik zu erwähnen, der eine Synchronisation des Material- und Informationsflusses bedingt.¹³⁵

Eine wichtige Rolle für die Koordination von Material- und Informationsfluss nimmt die Lokalisierung von Produkten, Ladungsträgern und Transportmitteln ein.¹³⁶ Gängige Technologien zur Identifikation und Lokalisierung werden im Abschnitt 2.4 näher betrachtet.

Wie zuvor erwähnt, ist die Identifikation eines Produktes im Materialfluss eine wichtige Aufgabe. Anforderungen eines Identifikationssystems sind Lesesicherheit, eine adäquate Lesegeschwindigkeit, der Leseabstand bzw. die Reichweite sowie Kosteneffizienz. Die Identifikation kann einerseits über natürliche Merkmale, wie z.B. Farbe oder Gewicht eines Guts, oder andererseits über künstliche Merkmale, wie z.B. eine Identifikationsnummer, erfolgen. Die künstlichen Merkmale werden auf unterschiedlichen Medien u.a. Papier, Magnetkarten oder RFID-Transpondern gespeichert.¹³⁷

Für unterschiedliche Fertigungskonzepte wird der Informationsfluss, der die Materialbereitstellung veranlasst, unterschiedlich gestaltet. Bei einer Just-in-Time Produktion werden die Bereitstellinformationen aus der Produktionsreihenfolge abgeleitet. Die Materialbereitstellung wird bei KANBAN durch einen Fertigungsauftrag (Anm. d. Verf.: in der letzten Leistungsstelle der Produktion) oder eine KANBAN-Kopplung (Anm. d. Verf.: in den übrigen Leistungsstellen) ausgelöst.¹³⁸

Das bedeutet, der Informationsfluss wird vom Fertigungs- bzw. Materialbereitstellverfahren beeinflusst. Dies ist bei der Gestaltung des Informationsflusses zu berücksichtigen. Auch hier sind die Grundtypen Push und Pull. Bei einer Push-Steuerung (z.B. JIT) wird der Informationsfluss zentral angestoßen. Bei einer Pull-Steuerung veranlasst der jeweilige Arbeitsplatz dezentral den Informationsfluss (z.B. bei KANBAN).

¹³³ Vgl.: Krämer, K. (2002), S. 26

¹³⁴ Der erste Grundsatz veranlasst die Bereitstellung des richtigen Guts, in der richtigen Menge, am richtigen Ort. Der zweite Grundsatz besagt eine Begrenzung von Beständen und Ressourcen auf ein Minimum. Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 115 f.

¹³⁵ Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 116

¹³⁶ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 53

¹³⁷ Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 9 ff.

¹³⁸ Vgl.: Pawellek, G. (2007), S. 80 nach u.a. Hackstein, R. (1989); Zibell, R. M. (1989); Geiger, W. (1991)

Bei Lagerbewegungen wird ein Lagerbewegungsprotokoll erstellt, welches neben der Materialnummer und dem Quell- bzw. Ziellagerort u.a. auch den Kundenauftragsbezug, das Durchführungsdatum, die Charge, das Gebinde und die Seriennummer enthält.¹³⁹

Basierend auf den bisherigen getroffenen Aussagen, kann diese Lagerinformation ebenfalls, wie die zuvor erwähnten Produktbegleitinformationen, in einer Datenbank zentral oder dezentral z.B. auf einem RFID-Transponder gespeichert werden.

Somit ist es möglich den Informationsfluss an den Materialfluss zu koppeln bzw. nicht zu koppeln. Es ist auch eine hybride Form möglich. Eine Kopplung ist über RFID-Transponder möglich. Aufgaben im Rahmen des Informationsflusses sind die Identifikation und Lokalisierung. Es werden sowohl Stamm- als auch Bewegungsdaten verwendet. Ein wichtiger Teil des Informationsflusses ist die Begleitinformation eines Auftrags.

2.4 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung

Zur Unterstützung von Material- und Informationsflüssen sowie der Fertigungsplanung und -steuerung können verschiedene Technologien eingesetzt werden. In diesem Abschnitt werden unterschiedliche Technologien und deren Anwendungsgebiete beschrieben. Der Fokus liegt auf der Identifikation und Lokalisierung, aber auch Datenübertragung, Mensch-Maschine Schnittstelle und Auswahlkriterien für die Beschaffung von Technologien werden behandelt.

Kriterien für die Auswahl einer Technologie sind die Wiederbeschreibbarkeit, die Wiederverwendbarkeit in der Produktion, das Material sowie der verfügbare Platz auf den Gütern bzw. Ladungsträgern, die gekennzeichnet werden sollen. Weitere Kriterien sind die Reichweite der Technologie und Einflussfaktoren der Umwelt. Ganz allgemein ist die Analyse der Stärken und Schwächen der jeweiligen Technologie vor der Beschaffung notwendig.¹⁴⁰ Aus Sicht des Autors ist auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu klären.

¹³⁹ Vgl.: Schuh, G.; Svend, L. (2006), S. 291

¹⁴⁰ Vgl.: Hager, P. (2008), S. 83 f.

Satelliten- und Ortungstechnologie wird zur Lokalisierung von Gütern und Transportmitteln verwendet. Zur Identifikation können Barcodes, RFID-Tags, verschiedene Sensoren oder Chipkarten verwendet werden. Der Datenaustausch kann mittels mobiler Kommunikation oder z.B. Datenträger, XML und das Internet erfolgen. Eine wichtige Rolle spielen bei der Verwendung moderner Technologien die Mensch-Maschine Schnittstelle bzw. die Endgeräte.¹⁴¹

Als Endgeräte sind Bildschirme inkl. Maus und Tastatur (Anm. d. Verf.: inkl. Tablets, denn bei Tablets wurde die Maus durch einen Touchscreen ersetzt und die Tastatur ist in den Bildschirm integriert) sowie Funkterminals im Einsatz. Zustandsanzeiger oder Headsets, z.B. für die Pick-by-Voice Kommissionierung, werden ebenfalls als Mensch-Maschine Schnittstelle eingesetzt.¹⁴²

Die Identifikation von Produkten ist ein wichtiger Anwendungsbereich von Technologien in der Logistik. Dafür geeignete Technologien sind Barcodes und RFID. Es gibt verschiedene Barcodes und Standards die in der Praxis eingesetzt werden. Die Palette reicht von normalen Strichcodes über gestapelte Codes, Matrixcodes bis zu 3D Codes. Das Lesen der Codes erfolgt über Scanner. Dabei ist ein Sichtkontakt zwischen dem Barcode und dem Scanner notwendig.¹⁴³

Der große Vorteil von Barcodes sind die geringen Kosten im Vergleich zu RFID. Nachteilig wirkt sich jedoch die geringe Datenkapazität sowie der zum Scannen notwendige Sichtkontakt aus.¹⁴⁴ Auch Verschmutzungen können die Lesefähigkeit von Barcodes beeinträchtigen. Außerdem ist ein Barcode nicht wiederverwendbar, es können keine Daten ergänzt oder geändert werden und es ist keine automatische Lokalisierung des Barcodeträgers möglich.¹⁴⁵

Die Identifikation bzw. Datenübertragung erfolgt bei RFID mittels elektromagnetischer Wellen. Dafür ist kein Sichtkontakt notwendig und bewegte Gegenstände müssen nicht gestoppt werden um sie zu identifizieren. Bei RFID-Transpondern wird zwischen aktiven und passiven Tags unterschieden. Die Energieversorgung der passiven Transponder erfolgt über Funkwellen, die das Empfangsgerät aussendet. Aktive Transponder besitzen hingegen eine eigene Energiequelle. Dadurch sind diese Tags größer und teurer als passive Tags. Jedoch haben sie eine größere Sendereichweite. Ein Vorteil

¹⁴¹ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 52

¹⁴² Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 244

¹⁴³ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 54 ff.

¹⁴⁴ ebenda

¹⁴⁵ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 290

von RFID ist die größere Datenkapazität sowie die Wiederbeschreibbarkeit, bzw. gegebenenfalls die Änderbarkeit der gespeicherten Daten, im Vergleich zu Barcodes.¹⁴⁶

RFID-Transponder können außerdem, im Gegensatz zu Barcodes, zur Standorterfassung eines Gegenstandes verwendet werden.¹⁴⁷ Nachfolgend wird in diesem Abschnitt eine genauere Beschreibung über den Einsatz von RFID zur Lokalisierung von Gegenständen durchgeführt.

Für die Erfassung des aktuellen Standorts von Gütern, Ladungsträgern oder Transportmitteln sowie für die Nachvollziehbarkeit von Warenbewegungen ist die Lokalisierung dieser Materialflusselemente notwendig.¹⁴⁸

Technologien zur Lokalisierung werden auch zum Wiederauffinden von Gegenständen z.B. in Lagerzonen verwendet. Lange Suchzeiten durch Mitarbeiter entfallen dadurch und somit werden Kosten eingespart.¹⁴⁹

Daraus folgt, dass der Einsatz von Lokalisierungstechnologien durch den Entfall von Suchzeiten auch zu einer Reduktion der Durchlaufzeit führt. Da die Suchzeiten je nach Standort des gesuchten Gebindes variieren, werden auch diese Schwankungen in der Durchlaufzeit reduziert. Das bedeutet, neben einer Senkung der Durchlaufzeit erfolgt auch eine Erhöhung der Prognosegenauigkeit und der Liefertreue. Somit ermöglicht der Einsatz von Lokalisierungstechnologie das Erreichen wichtiger Ziele der Produktionslogistik.

Die Lokalisierung kann über GPS (Global Positioning System) oder Netzzellenortung mittels Mobilfunksendern erfolgen.¹⁵⁰

GPS ist für die Lokalisierung in Außenbereichen geeignet. In Verbindung mit einer mobilen Kommunikationseinheit kann jederzeit der aktuelle Standort, z.B. eines Transportmittels übertragen werden. Dadurch ist eine kontinuierliche Verfolgung des Transportmittels möglich.¹⁵¹

Eine mögliche Umsetzung in der Praxis ist eine Ortung des Transportmittels und dadurch eine indirekte Ortung des Transportgutes. Die Ortung der Fahrzeuge wird dabei mit GPS durchgeführt. Dadurch kann auch der Standort der Container ermittelt werden.

¹⁴⁶ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 55 ff.

¹⁴⁷ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 290

¹⁴⁸ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 53 f.

¹⁴⁹ Vgl.: Sprenger, C.; Wecker, F. (2006), S. 112 f.

¹⁵⁰ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 53 f.

¹⁵¹ Vgl.: Bousonville, T. (2017), S. 19

Auf dem Transponder, der am Container befestigt ist, wird der Kundenauftrag dem Container zugeordnet. Die Fahrzeug- und Containerstandorte werden in der Zentrale auf einer Karte dargestellt.¹⁵²

Durch die Eignung von GPS ausschließlich für Außenbereiche ist GPS für die Anwendung in der industriellen Produktion, z.B. zur Materialflussverfolgung, aus Sicht des Autors weniger geeignet, da die Produktion bzw. Lagerung auch in Gebäuden bzw. Hallen stattfindet und dort oft keine Satellitenverbindung zum GPS-Gerät besteht.

Neben GPS und Funkzellenortung kann zur Standorterfassung bzw. Ortung auch WLAN oder RFID eingesetzt werden. Für diese Anwendung werden aktive RFID-Tags verwendet, die selbst Signale aussenden. Da diese teurer als passive Tags sind lohnt sich ein Einsatz nur bei wertvollen Gegenständen (Anm. d. Verf.: bzw. bei Closed-Loop-Anwendungen). Besitzt das Produkt oder Transporthilfsmittel einen RFID-Tag, kann über RFID-Empfangsgeräte bei denen der Tag erfasst wird, der Standort des Tags und somit des Produktes durch Funkpeilung festgestellt werden. Dabei wird durch Richtantennen die Richtung des Signals des Transponders erfasst. Es ist auch möglich den Standort, an dem das Produkt gelagert wurde, auf dem RFID-Tag zu speichern. Diese Information wird später an ein Lesegerät übertragen, wenn es sich in Reichweite des Produkts befindet. Die Empfangsgeräte können entweder mobil auf Transportmitteln oder fix im Boden oder auf Regalen angebracht werden. Die Lokalisierung durch RFID ist im Gegensatz zu GPS sowohl im Freien als auch in Gebäuden z.B. in Fabrikhallen möglich. Außerdem kann durch den Einsatz von Transpondern eine eindeutige Identifikation des Objekts erfolgen und zusätzliche Informationen gespeichert werden.¹⁵³

GÜNTHER et al. beschreibt in einem Praxisbeispiel zwei Möglichkeiten zur Produktlokalisierung in einem Lager mittels RFID. In einem Unternehmen für Gussteile wird die Lagerverwaltung über SAP durchgeführt. Ist jedoch ein Lagerplatz eines Materials nicht im IT-System erfasst, muss dieses manuell von einem Mitarbeiter gesucht werden. Da das Material auf mehrere Lager verteilt sein kann, erhöht sich der Suchaufwand. Diese Vorgangsweise ist deswegen sehr zeitaufwendig und teuer. Eine Standorterfassung des Material kann entweder mit fixen oder mobilen Scannern erfolgen. Bei fixen Scannern werden diese an Schlüsselpunkten am Firmengelände installiert. Durch den Technologieeinsatz ist eine automatische Zuordnung der Materialien auf Lagerbereiche

¹⁵² Vgl.: Sprenger, C.; Wecker, F. (2006), S. 86, 112 f.

¹⁵³ ebenda

möglich, jedoch keine punktgenaue Ortung. Aber die Suchzeit wird dadurch erhebliche verringert.¹⁵⁴

In der zweiten Variante erhält jeder Mitarbeiter einen mobilen Scanner. Somit wäre die Anschaffung einer geringeren Menge an Scanner, verglichen mit Variante 1, notwendig. Durch RFID kann bei der Einlagerung der Lagerort sowie die Identität des Materials erfasst werden. Die Lagerposition wird dabei durch mehrere Positions-Tags, die am Firmengelände verteilt sind, bestimmt. Dadurch ist eine Punktortung möglich, welche wesentlich genauer ist als eine Lagerbereichsortung. Die Verbindung der mobilen Scanner mit dem übergeordneten IT-System erfolgt dabei über W-LAN. Die Hardwarekosten für Variante 2 sind geringer als jene von Variante 1.¹⁵⁵

Eine weitere Möglichkeit zur Indoor-Lokalisierung sind sogenannte Beacons. Durch mehrere Beacons die in einem Gebäude verteilt sind kann ein Empfangsgerät geortet werden. Beacons basieren auf der Bluetooth-Technologie.¹⁵⁶

Auch ein W-LAN Netzwerk kann zur Ortung W-LAN fähiger Geräte oder Transponder verwendet werden. Der Standort des Geräts oder Transponders wird dabei über die Signalstärke ermittelt.¹⁵⁷ Diese kann jedoch durch Gebäude, Maschinen, etc. beeinflusst werden. Der Vorteil der W-LAN Ortung liegt in der Nutzung oft bereits vorhandener W-LAN Infrastruktur.¹⁵⁸

Die Lokalisierung von Transportmitteln kann sowohl durch mobile als auch stationäre Ortungssysteme erfolgen. Wird der Vorgang der Lastaufnahme bzw. Lastabgabe an den aktuellen Standort des Fördermittels gebunden, kann der Standort bzw. der zurückgelegte Weg des Transportguts verfolgt werden.¹⁵⁹

Eine Bewegung des Transportgutes darf, nach Meinung des Autors, nur mit dafür ausgerüsteten Transportmitteln erfolgen. Falls dies nicht geschieht wird der neue Standort des Transportguts nicht erfasst und somit stimmt die tatsächliche Position nicht mit den gespeicherten Standortdaten überein. Ein Auffinden des Gebindes ist über die einge-

¹⁵⁴ Vgl.: Günther, O. et al. (2008), S. 85 ff.

¹⁵⁵ ebenda

¹⁵⁶ Vgl.: Zühlke, K. (2014)

¹⁵⁷ Die Signalstärke wird durch mehrere Router gemessen und aus den Messungen der Standort des Objekts berechnet. Vgl.: Gansemer, S. et al. (2009), S. 1

¹⁵⁸ Vgl.: Teker, U. (2005), S. 28 f.

¹⁵⁹ Vgl.: Hompel, M. ten et al. (2008), S. 183

setzte Technologie nicht mehr möglich und muss daher manuell erfolgen. Das vermindert die zuvor beschriebenen Vorteile von Lokalisierungstechnologie in der industriellen Produktion.

Die Anbindung der Lesegeräte und Scanner zum übergeordneten IT-System bzw. die Übertragung der erfassten Informationen, z.B. Standortdaten oder Produktinformationen, kann über W-LAN oder Mobilfunknetze erfolgen.¹⁶⁰

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es verschiedene Technologien zur Unterstützung von Informationsflüssen mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen gibt. Zur Identifikation können Barcodes oder RFID verwendet werden. Für die Lokalisierung ist der Einsatz von GPS, RFID, Beacons oder W-LAN Ortung möglich. Eine wichtige Rolle spielen auch Endgeräte und die Form des Datenaustauschs.

2.5 Zusammenfassung des theoretischen Kapitels

Die Verbesserung der innerbetrieblichen Materialdisposition gliedert sich in drei Ebenen. Die erste Ebene beinhaltet die Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition. Die zweite und dritte Ebene befassen sich mit den unterstützenden Informationsflüssen sowie mit den Technologien zur Identifikation und Verfolgung von Material.

Eine „kurze Durchlaufzeit“, „niedrige Bestände“ und „hohe Termintreue“ können durch eine Optimierung der Steuerung und Organisation der Materialdisposition erreicht werden. Durch die Vermeidung von Transport- und Lagervorgängen sowie von Suchzeiten wird die Durchlaufzeit gesenkt und Schwankungen in der Durchlaufzeit reduziert. Dadurch steigt die Vorhersagegenauigkeit.

Die Steuerung der Materialdisposition kann in die Grundformen zentral und dezentral gegliedert werden. Weiters existiert eine hybride Form als Mischung der beiden zuvor Genannten.

Vorteile der zentralen Steuerung sind eine bessere Koordination der Abläufe, eine Ausrichtung der Leistungsstellen auf langfristige, globale Unternehmensziele, eine Spezia-

¹⁶⁰ Vgl.: Hausladen, I. (2014), S. 61 f.

lisierung der Mitarbeiter auf bestimmte Aufgaben und ein geringerer Kommunikationsbedarf zwischen den Leistungsstellen. Nachteile sind, dass dezentrales Wissen nur in geringem Ausmaß in Entscheidungen eingebunden wird und die Kontrolle reaktiv mit einem Soll-Ist-Vergleich erfolgt. Weitere Nachteile sind hohe Bestände und Durchlaufzeiten.

Ein geringerer Koordinationsaufwand, eine hohe Flexibilität, hohe Mitarbeitermotivation, die Nutzung von dezentralem Wissen, kleine Bestände sowie kurze Durchlaufzeiten und Entscheidungswege sind Vorteile der dezentralen Steuerung. Die Gefahr der Schaffung lokaler Optima und ein höherer Kommunikationsbedarf sind hingegen Nachteile der Dezentralisierung.

Die Materialdisposition bzw. die Materialbereitstellung können in die verschiedenen Ausführungen der Aufbauorganisation von Industrieunternehmen entweder zentral, als eigenständige Abteilung, oder dezentral, z.B. als Teil der Produktion, eingegliedert werden. Außerdem kann sie grundsätzlich als Bring- oder Hol-Prinzip organisiert werden. Es gibt verschiedene Breitstellungsstrategien z.B. KANBAN oder JIT.

Vorteile der zentralen Organisation sind eine Bündelung von Know-how, eine höhere Effizienz, leichtere Mitarbeiterführung und eine bessere Auslastung der Mitarbeiter. Weiters sind Verbesserungen und neue Standards leichter zu implementieren. Die dezentrale Organisation erhöht hingegen die Reaktionsfähigkeit sowie die Flexibilität, außerdem werden Kommunikationsprobleme reduziert.

Die Produktionssteuerung und Materialdisposition kann zentral nach dem Push-Prinzip oder dezentral nach dem Pull-Prinzip erfolgen. Verfahren der Push-Steuerung sind Just-in-Time, MRP, BOA, FIFO-Steuerung, Fortschrittszahlen und Fließfertigung. Steuerungsverfahren nach dem Pull-Prinzip sind KANBAN, CONWIP, Go-See Pull und die Taxiver-sorgung. Die POLCA-Steuerung ist ein hybrides Verfahren.

Durch die Kopplung der Prozesse ohne Puffer gibt es in der Fließfertigung kurze Durchlaufzeiten und niedrige Bestände. Die FIFO-Steuerung ist auch für nicht gekoppelte Prozesse geeignet, jedoch sind die Bestände und Durchlaufzeit höher. Auch JIT führt zu niedrigen Beständen. MRP eignet sich besonders für die Planung der Auftragsfreigabetermine von mehrteiligen Produkten. BOA ist besonders für die Werkstattfertigung geeignet und senkt die Durchlaufzeit und Bestände. Das Fortschrittszahlen-Konzept eignet sich für die Kontrolle in Push-Produktionen.

KANBAN ist für standardisierte Produkte mit gleichmäßiger Nachfrage geeignet. Ein geringer Steuerungsaufwand und eine hohe Flexibilität sind Vorteile von KANBAN. CONWIP ermöglicht geregelte Bestände und einen gleichmäßigen Materialfluss. Eine geringe Variantenvielfalt und konstante Bedarfe sind Voraussetzungen für die CONWIP-Steuerung. Go-See-Pull ist für eine wenig komplexe Fertigung geeignet. Dieses Verfahren neigt jedoch zur Erreichung lokaler Optima. Die Taxiversorgung der Arbeitsplätze ist bei unregelmäßigen Bedarfen und beim Transport unhandlicher Gebinde bzw. Produkte über kurze Wege geeignet. Nachteile der Taxiversorgung sind jedoch viele Leefahrten und eine schlechte Auslastung.

Das POLCA-Verfahren ist auch für schwankende Bedarfe, kundenindividuelle Produkte und eine große Produktvielfalt geeignet. Die Produktion erfolgt ausschließlich nach Kundenauftrag.

Die Informationsflüsse, als zweite Ebene der Verbesserung der Materialdisposition, können ge- oder entkoppelt vom Materialfluss sein. Begleitinformationen zu Gütern enthalten Angaben zur Identifikation, zum Absender bzw. zur Quelle, zum Ziel und zur Steuerung.

Die dritte Ebene der Verbesserung der innerbetrieblichen Materialdisposition befasst sich mit der Lokalisierung und Identifikation von Gütern. Diese sind wichtige Aufgaben zur Unterstützung von Informationsflüssen. Ortungs- und Identifikationstechnologien ermöglichen die Erfüllung dieser Aufgaben. Die Lokalisierung kann über GPS, Netzzellenortung, RFID, W-LAN oder Beacons erfolgen. Barcodes und RFID sind Technologien zur Identifikation. Der Standort eines Objekts kann über stationäre oder mobile Ortungssysteme erfolgen. Bei stationärer Ortung sind Scanner an Fixpunkten im Betriebsgelände montiert. Bei mobilen Ortungssystemen sind Mitarbeiter oder Transportmittel mit den Scannern ausgerüstet. Diese Variante ist flexibler und oft günstiger, denn es werden weniger Scanner benötigt.

3 Konzept zur Produktionsversorgung der Böhler Schmiedetechnik

In diesem Kapitel wird zuerst die Ist-Situation bei Böhler Schmiedetechnik beschrieben. Anschließend werden die Vorteile und Nachteile der in Kapitel 2 beschriebenen theoretischen Konzepte am Beispiel Böhler Schmiedetechnik erörtert und ein Konzept erarbeitet. Zur Stützung dieses Konzepts werden Experteninterviews durchgeführt. Zuletzt wird eine Empfehlung für die Böhler Schmiedetechnik abgegeben.

3.1 Ist-Situation: Böhler Schmiedetechnik

Die aktuellen Herausforderungen der Böhler Schmiedetechnik sind durch starkes Wachstum in den letzten Jahren, ein dynamisches Wettbewerbsumfeld und steigende Kundenanforderungen in Bezug auf Liefertermintreue und Vorhersagegenauigkeit gekennzeichnet. Zur Erfüllung dieser Herausforderungen wird ein neues Produktionssystem eingeführt. Dadurch soll u.a. der Materialfluss zwischen den Arbeitsplätzen besser koordiniert werden. Um die verbesserte Planung auch in der Realität nutzen zu können ist eine Adaptierung der Organisation der Materialdisposition, des Informationsflusses sowie eine Unterstützung durch moderne Technologien vorgesehen.

Bei Böhler Schmiedetechnik werden in drei Betrieben an zwei Standorten Schmiedeteile gefertigt. Die Hammerfertigung (TPH) und die Endfertigung (TPE) befinden sich im Böhler Altwerk in Kapfenberg. Die Pressenfertigung (TPP) ist in Kapfenberg – Deuchendorf angesiedelt.

Die Fertigungsorganisation bei Böhler Schmiedetechnik entspricht einer Werkstattfertigung mit Kleinserienproduktion. Deshalb folgt hier eine kurze Beschreibung der Werkstattfertigung.

Wechselnde Produkte, kleine Stückzahlen und eine variierende Reihenfolge der Bearbeitungsvorgänge sind Kennzeichen der Werkstattfertigung.¹⁶¹

¹⁶¹ Vgl.: Nebl, T. (2011), S. 342

Die Anordnung der Fertigungsbereiche erfolgt bei der Werkstattfertigung nach dem Funktionsprinzip, d.h. gleichartige Betriebsmittel bzw. Werkzeuge werden zu Abteilungen zusammengefasst. Das hat einen dezentralen Durchlauf der Produkte zur Folge. Im Gegensatz zur Fließfertigung können die Produkte auch einen gleichen Arbeitsplatz während des Fertigungsprozesses öfters anlaufen. Zur Materialbelieferung wird deswegen ein variables Transportsystem, z.B. ein Stapler, benötigt. In einer Werkstattfertigung werden vor allem Einzel- und Kleinserien produziert. Durch unterschiedliche Bearbeitungszeiten der verschiedenen Produkte und wegen des Transportes von Fertigungslosen sind Zwischenlager notwendig. Generell ist die Koordination schwierig. Deswegen ist eine genaue Fertigungsplanung, eine adäquate Fertigungssteuerung und ein Transportplan essentiell.¹⁶²

Bei der Werkstattfertigung tritt ein ungerichteter losweiser Informationsfluss auf.¹⁶³

Der große Vorteil der Werkstattfertigung ist eine hohe Flexibilität. Eine hohe Kapitalbindung bedingt durch Bestände in den Zwischenlagern ist ein Nachteil dieser Fertigungsorganisation.¹⁶⁴

Durch den ungerichteten Materialdurchlauf ergeben sich lange Transportwege, lange Transportzeiten und damit hohe Transportkosten.¹⁶⁵ Ein weiterer Nachteil ist die geringe Kontinuität in der Werkstattfertigung.¹⁶⁶

Die zuvor beschriebenen Nachteile der langen Transportzeiten und der Zwischenlagerung bei der Werkstattfertigung erhöhen die Durchlaufzeit der Produkte, die Bestände und damit die Kapitalbindungskosten (vgl. Kapitel 2).

Die kontinuierliche Werkstattfertigung integriert die Informationsflüsse, den innerbetrieblichen Transport und die innerbetriebliche Lagerung. Ungerichtete Lostransporte und integrierte Zwischenlager sind Formen der praktischen Umsetzung. Dadurch wird eine Erhöhung der Kontinuität erreicht. Eine Koordination der Bearbeitungs-, Transport- und Lagervorgänge ist dafür notwendig. Weitere Maßnahmen zur Erreichung einer höheren Kontinuität sind kürzere Transportwege, eine Integration von Transport-Umschlag-Lagerungs-Prozessen (TUL), geringere Bestände und eine Verkürzung der Übergangszeiten von Tagen auf Schichten.¹⁶⁷

¹⁶² Vgl.: Fandel, G. et al. (2009), S. 19 f.

¹⁶³ Vgl.: Nebel, T. (2011), S. 635

¹⁶⁴ Vgl.: Fandel, G. et al. (2009), S. 29

¹⁶⁵ Vgl.: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 124

¹⁶⁶ Vgl.: Nebel, T. (2011), S. 363

¹⁶⁷ Vgl.: Nebel, T. (2011), S. 364, 395 f.

Auf Basis der in Kapitel 2 beschriebenen Konzepte der Steuerung ist die Koordination der Bearbeitung, des Transportes und der Lagerung nur durch eine zentrale Steuerung möglich. D.h. eine Integration der TUL-Prozesse ist nur durch eine Zentralisierung der Steuerung erreichbar.

Das Fertigungsprinzip bei Böhler Schmiedetechnik ist Make to Order (MTO), d.h. die Fertigung der Schmiedeteile erfolgt ausschließlich nach Kundenauftrag¹⁶⁸. Für jeden Auftrag wird für jeden Bearbeitungsschritt ein Start- und ein Fertigstellungstermin erstellt. Die höchste Priorität erhält derjenige Auftrag mit dem größten Rückstand zum Planstarttermin. Auf Basis dieser Prioritätsreihenfolge werden die Aufträge eingelastet. Es werden ca. 1000 Produkte, die in 12 Produktgruppen zusammengefasst werden können, in Losen gefertigt.

Die historisch gewachsenen Anlagenstrukturen spiegeln sich in den einzelnen Materialflüssen der Produkte wieder. Diese kreuzen sich oft. Aufgrund technischer Restriktionen werden einige Arbeitsplätze mehrfach angesteuert und es sind auch mehrfache Transporte zwischen den Betrieben notwendig. Das ergibt insgesamt ein ziemlich chaotisches Bild der Materialströme. Zur Veranschaulichung der Materialflüsse wurden das Produkte 8265 ausgewählt, weil es die Maximalausprägung an Materialflusskomplexität darstellt. Die vom Produkt angelaufenen Lager- und Arbeitsplätze sind in den folgenden drei Abbildungen fortlaufend nummeriert. Arbeits- und Lagerplätze die öfter durchlaufen werden haben aus diesem Grund in den Abbildungen zwei oder mehrere Nummern. Die zu den Abbildungen gehörende Legende ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Der Materialfluss des Produkts beginnt in der Pressenfertigung (vgl. Abbildung 2). Für einige Bearbeitungsvorgänge wird das Produkt in die Hammerfertigung und wieder zurück in die Pressenfertigung geliefert.

¹⁶⁸ Vgl.: Heiserich, O.-E. et al. (2011), S. 37

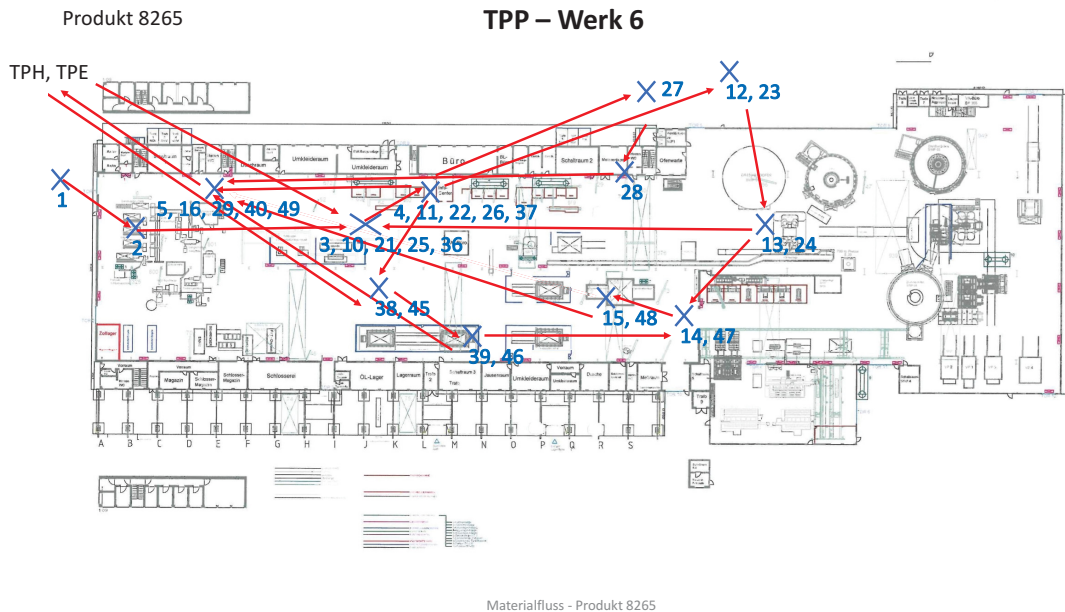


Abbildung 2: Materialfluss des Produktes 8265 in der Pressenfertigung¹⁶⁹

Das Produkt wird insgesamt fünf Mal von der Pressenfertigung in Deuchendorf in die Hammerfertigung (vgl. Abbildung 3) und die Endfertigung (vgl. Abbildung 4) nach Kapfenberg transportiert. Diese Transporte werden von einer externen Firma durchgeführt.

¹⁶⁹ Quelle: eigene Darstellung

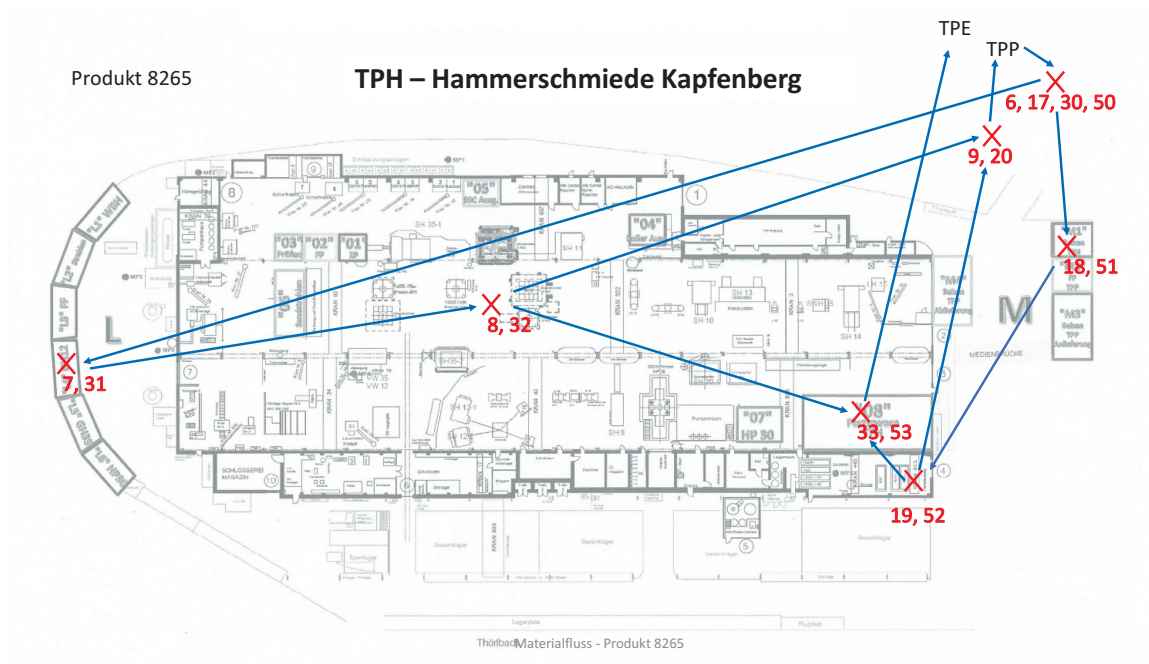


Abbildung 3: Materialfluss des Produktes 8265 in der Hammerfertigung¹⁷⁰

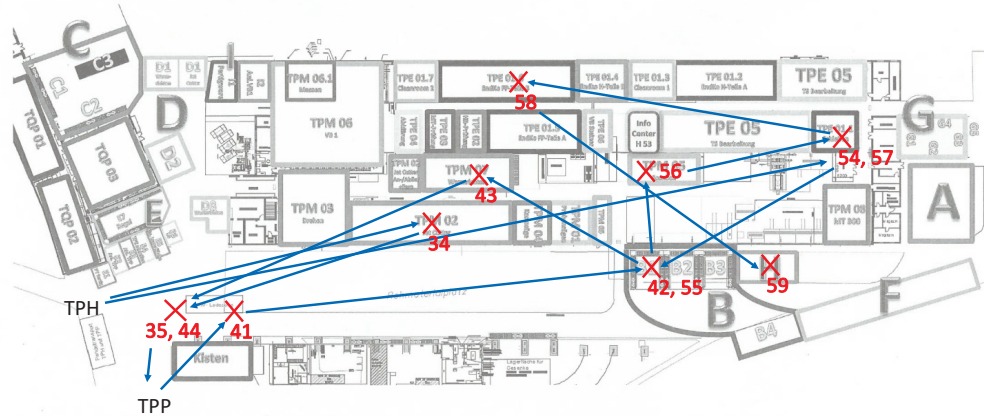
Das Produkt wird nach einem abgeschlossenen Bearbeitungsvorgang entweder zum nächsten Arbeitsplatz oder zu dessen Lagerplatz weitergegeben.

Die letzten Bearbeitungsschritte erfolgen in der Endfertigung in Kapfenberg und der Materialfluss endet im Versandlager.

¹⁷⁰ Quelle: eigene Darstellung

Produkt 8265

TPE - Endfertigung Kapfenberg



Materialfluss - Produkt 8265

Abbildung 4: Materialfluss des Produktes 8265 in der Endfertigung¹⁷¹

Die Zuordnung der Nummern aus den Abbildungen zu den Arbeitsplatz- und Lagernamen ist in Tabelle 1 ersichtlich.

| Nummer | Arbeits- oder Lagerplatz | Nummer | Arbeits- oder Lagerplatz |
|--------|-----------------------------|--------|----------------------------|
| 1 | Anlieferung Vormaterial TPP | 16 | Anlieferplatz Kapfenberg |
| 2 | Säge TPP | 17 | LKW Anlieferung von TPP |
| 3 | Lager Adjustage TPP | 18 | Lager Beizen |
| 4 | Adjustage TPP | 19 | Beizerei |
| 5 | Anlieferplatz Kapfenberg | 20 | Anlieferplatz Werk 6 (TPP) |
| 6 | LKW Anlieferung von TPP | 21 | Lager Adjustage TPP |
| 7 | Lager Schmiedehammer | 22 | Adjustage TPP |
| 8 | Schmiedehammer | 23 | Lager Presse |
| 9 | Anlieferplatz Werk 6 (TPP) | 24 | Presse |
| 10 | Lager Adjustage TPP | 25 | Lager Adjustage TPP |
| 11 | Adjustage TPP | 26 | Adjustage TPP |
| 12 | Lager Presse | 27 | Lager Ausgangskontrolle |
| 13 | Presse | 28 | Ausgangskontrolle |
| 14 | Lager Sandstrahlen TPP | 29 | Anlieferplatz Kapfenberg |
| 15 | Sandstrahlen TPP | 30 | LKW Anlieferung von TPP |

Tabelle 1: Legende: Arbeits- und Lagerplätze in der Produktion von 8265

¹⁷¹ Quelle: eigene Darstellung

| Nummer | Arbeits- oder Lagerplatz | Nummer | Arbeits- oder Lagerplatz |
|--------|----------------------------|--------|--------------------------|
| 31 | Lager Schmiedehammer | 46 | Wärmebehandlung |
| 32 | Schmiedehammer | 47 | Lager Sandstrahlen TPP |
| 33 | Lagerplatz TPE in TPH | 48 | Sandstrahlen TPP |
| 34 | Jet Cut | 49 | Anlieferplatz Kapfenberg |
| 35 | Anlieferplatz Werk 6 (TPP) | 50 | LKW Anlieferung von TPP |
| 36 | Lager Adjustage TPP | 51 | Lager Beizen |
| 37 | Adjustage TPP | 52 | Beizerei |
| 38 | Lager Wärmebehandlung | 53 | Lagerplatz TPE in TPH |
| 39 | Wärmebehandlung | 54 | Adjustage TPE |
| 40 | Anlieferplatz Kapfenberg | 55 | Lager TPE |
| 41 | LKW Anlieferung von TPP | 56 | Scan Box |
| 42 | Lager TPE | 57 | Adjustage |
| 43 | Warmrichten | 58 | Endkontrolle |
| 44 | Anlieferplatz Werk 6 (TPP) | 59 | Versandlager |
| 45 | Lager Wärmebehandlung | | |

Fortsetzung zu Tabelle1: Legende: Arbeits- und Lagerplätze in der Produktion von 8265

Auf die einzelnen Arbeitsplätze bezogen wird der Materialfluss einerseits durch einen „Pull“- Vorgang vom Lager zum Arbeitsplatz gesteuert. Trigger für diesen Vorgang ist eine Feinplanung der Auftragsreihenfolge, welche für jeden Arbeitsplatz erstellt wird. Andererseits wird nach Beendigung des Arbeitsauftrages das Fertigungslos nach dem „Push“- Konzept zum nächsten Arbeitsplatz bzw. dessen Lager weitergereicht. Manche Arbeitsplätze bestehen aus einem Fertigungsaggregat, beispielsweise die Pressenarbeitsplätze. Bei anderen Arbeitsplätzen gibt es mehrere parallele Maschinen. Dies ist z.B. in der Adjustage (mehrere Schleifkabinen) der Fall. Das bedeutet, hier können mehrere Fertigungsaufträge gleichzeitig bearbeitet werden.

3.1.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Die Böhler Schmiedetechnik ist in einer kaufmännische und eine technische Linie organisiert. In der technischen Linie befindet sich die Produktion bzw. die drei zuvor genannten Produktionsbetriebe (TPH, TPP, TPE), welche für die Materialversorgung der einzelnen Arbeitsplätze verantwortlich sind. Die Organisation der Materialversorgung der einzelnen Arbeitsplätze ist in den drei Betrieben jedoch nicht einheitlich geregelt. In der Hammerfertigung ist die Materialversorgung dezentral organisiert. Nach abgeschlossenem Arbeitsgang wird das Fertigungslos zum nächsten Arbeitsplatz laut Arbeitsplan bzw. zum zugehörigen Lagerplatz weitergereicht. Jeder Arbeitsplatz besitzt entweder ein eigenes Flurfördermittel oder teilt es mit einem weiteren Arbeitsplatz. Den

Transport führen verschiedene Mitarbeiter des Arbeitsplatzes durch, sobald der Arbeitsauftrag fertiggestellt wurde. Hierfür verlässt der Mitarbeiter seinen Arbeitsplatz und beginnt erst nach vollendetem Transportvorgang mit dem neuen Auftrag. Wird das Material nicht direkt zum nächsten Arbeitsplatz befördert, sondern zum jeweilig zugeordnete Lagerplatz, führen den Transport des Materials von diesem Lagerplatz zum zugehörigen Arbeitsplatz die Mitarbeiter des Arbeitsplatzes durch.

In der Pressenfertigung gibt es einerseits einen zentral organisierten Transportdienst der u.a. die Säge und Adjustage beliefert. Andererseits führt ein Teil der Arbeitsplätze die Materialversorgung dezentral selbstständig durch. Diese Arbeitsplätze haben eigene Flurfördermittel mit denen sie, analog zur Hammerschmiede, das Material vom eigenen Lagerplatz holen und zum Arbeitsplatz transportieren. Anschließend bringen Mitarbeiter die fertigen Lose zum nächsten Arbeitsplatz bzw. zu dessen zugehörigem Lager.

In der Endfertigung ist die Materialversorgung zentral organisiert. Es gibt zwei fix eingeteilte Staplerfahrer, die die einzelnen Arbeitsplätze mit Materialien beliefern und die fertigen Aufträge wieder zurück ins Lager oder zum nächsten Arbeitsplatz laut Arbeitsplan bringen.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass es keine einheitliche Aufbauorganisation für den innerbetrieblichen Transport in den drei Betrieben von Böhler Schmiedetechnik gibt.

Die meisten Arbeitsplätze besitzen eigene Lagerflächen auf denen die Produkte gepuffert werden. Diese Läger sind dezentral auf dem Betriebsgelände verteilt und befinden sich meist in örtlicher Nähe zum zugehörigen Arbeitsplatz.

3.1.2 Informationsfluss der Materialdisposition

Der Informationsfluss verläuft teilweise synchron und teilweise entkoppelt vom Materialfluss.

Als Software wird ein ERP-System genutzt, bei dem alle Datenbanken angesiedelt sind. Zur Feinplanung der Auftragsreihenfolge wird VIO, eine selbstentwickelte Software, verwendet. Weiters gibt es eine Software zur Betriebsdatenerfassung (BDE). Hier wird von den Mitarbeitern u.a. der Status des aktuell bearbeiteten Auftrags gesetzt. In der Hammerschmiede und Endfertigung wird weiters die „Stapler-App“ verwendet. Mit-

hilfe dieser App können Transportaufträge erstellt werden und den Gebinden vordefinierte Lagerplätze zugewiesen werden. Alle diese IT-Programme sind an das ERP-System gekoppelt. Ein APS-System (Advanced Planning and Scheduling – System) zur besseren Fertigungsplanung wird derzeit integriert.

In der nachfolgenden Grafik (in Abbildung 5) wird der Datenaustausch zwischen SAP und der jeweiligen Software dargestellt. Dabei sind die Schnittstellen der Programme sowie die Daten, die von SAP zu den Programmen gesendet werden, veranschaulicht. Überdies sind auch die Daten, die von den Programmen an SAP zurückgegeben werden, dargestellt.

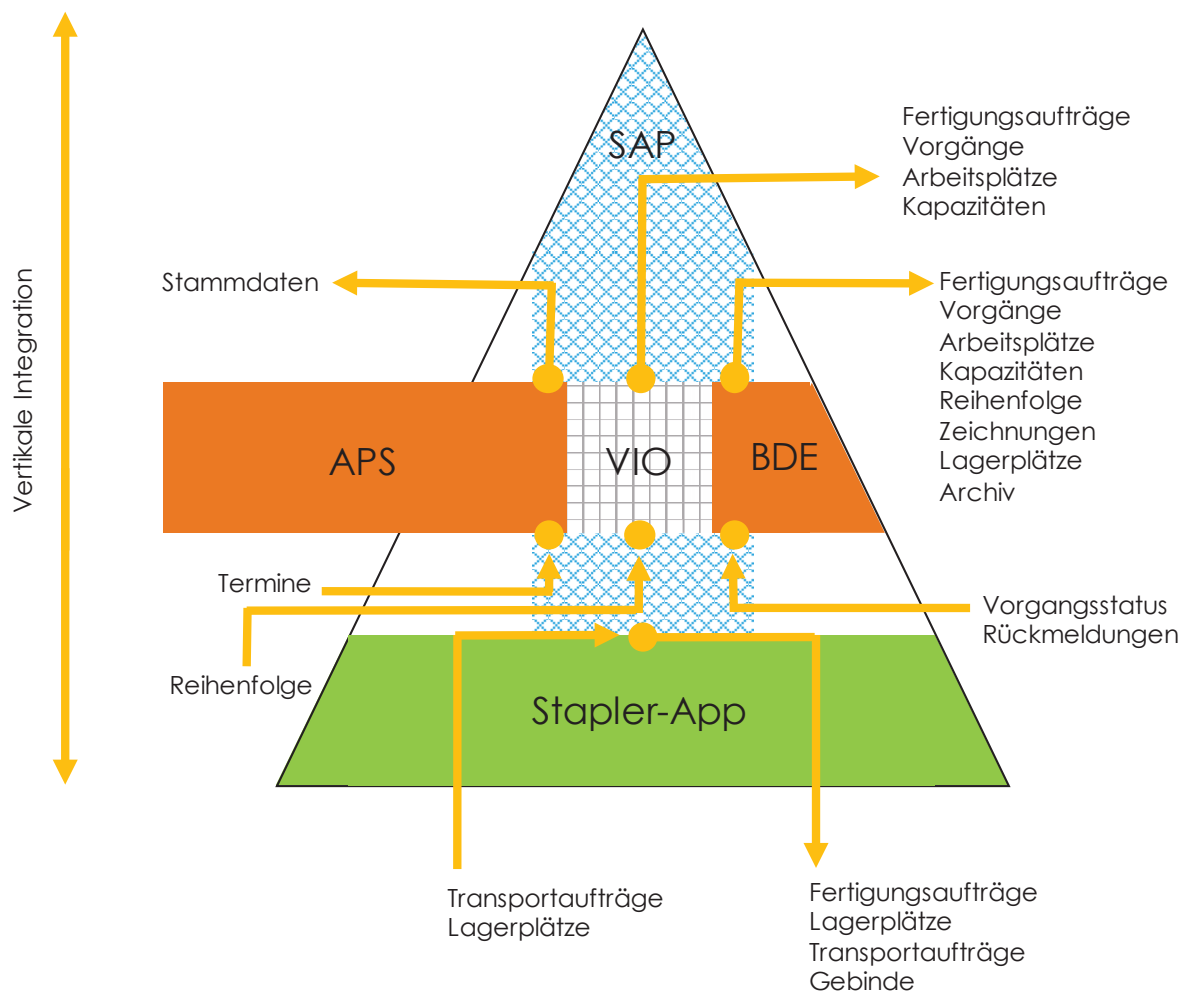


Abbildung 5: Verknüpfungen und Datenaustausch der eingesetzten Programme¹⁷²

¹⁷² Quelle: eigene Darstellung

Jeder Auftrag wird von einer Laufkarte begleitet die je nach Arbeitsvorgang bei den Arbeitsplätzen vor Ort oder im Büro von den Vorarbeitern oder Meistern verwendet wird.

Die Gebinde sind durch die Beschriftung mit der Auftragsnummer und der Gesenknnummer einem bestimmten Auftrag zugeordnet.

3.1.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung

In der Hammerfertigung und der Endfertigung wird, wie zuvor erwähnt, die „Stapler-App“ verwendet. Jedoch wird diese App derzeit nur in der Endfertigung zur Lagerplatzverwaltung verwendet. Dabei kann einem Fertigungsauftrag von einem Mitarbeiter manuell eine Lagerzone zugewiesen werden bzw. die alte Lagerzone gelöscht werden. Weiters kann durch eine implementierte Suchfunktion der Standort des Fertigungsauftrags eruiert werden. Bedingt durch die manuelle Dateneingabe kommt es jedoch immer wieder zu Fehlbuchungen, die durch manuelles Suchen der Gebinde wieder korrigiert werden müssen.

Die Transportmitarbeiter in der Endfertigung erhalten die Transportaufträge über Tablets. Diese sind mittels W-LAN mit den übergeordneten IT-Systemen von Böhler Schmiedetechnik verbunden.

In der Hammerfertigung und Pressenfertigung sind jedem Arbeitsplatz ein oder mehrere Lagerplätze zugeordnet. Bei voller Belegung dieser Lagerplätze werden Gebinde bei anderen Lagerplätzen zwischengelagert. Es wird jedoch, im Gegensatz zur Endfertigung, nirgendwo erfasst welches Gebinde sich auf welchem Lagerplatz befindet bzw. ob sich ein Gebinde auf einer „fremden“ Lagerfläche befindet. Dadurch kommt es zu langen Such- und Transportzeiten sowie der Verschwendung von Ressourcen.

Derzeit werden in der Böhler Schmiedetechnik keine automatischen Ortungssysteme für die Gebinde verwendet.

3.1.4 Zusätzliche Anforderungen der Böhler Schmiedetechnik

Wie bereits zuvor beschrieben erhöht die Suche von Gebinden in den Lägern die Durchlaufzeit der Produkte. Einerseits kann es vorkommen, dass Produkte in der Endfertigung gesucht werden müssen, weil die Lagerzone nicht oder falsch in der Stapler-App verbucht wurde (Anm.: die Buchungsgenauigkeit liegt bei 80% – 90% nach inter-

nen Erhebungen). Andererseits wird die Lagerplatzerfassung für Gebinde mittels Stapler-App in der Hammerfertigung und Pressenfertigung derzeit nicht oder nur bedingt genutzt. In manchen Fällen geht die Beschriftung der Gebinde verloren. Das erschwert ebenfalls die Suche nach dem benötigten Auftrag. Diese Suchzeiten variieren je nach Betrieb, Lager und Stellplatz des Gebindes und führen deswegen zu schwankenden, nicht planbaren Transportzeiten.

Die Lager für Zwischenprodukte sind als Bodenlager mit einer chaotischen Einlagerung ausgeführt. Deswegen müssen oft andere Gebinde weggeräumt werden um das benötigte Produkt zu erreichen. Anschließend werden diese ausgelagerten, nicht benötigten Gebinde wieder eingelagert. Diese Vorgangsweise führt ebenfalls, je nach Stellplatz des benötigten Auftrags, zu einer höheren, schwankenden Transportzeit. In der Endfertigung werden Hochregale verwendet aus denen die Auslagerung der Aufträge direkt erfolgt, somit besteht dieses Problem nicht.

Die langen Suchzeiten der Aufträge sowie die unnötigen Aus- und Einlagerungsvorgänge erhöhen die Transportzeit bzw. die Durchlaufzeit der Aufträge. In weiterer Folge leidet unter den schwankenden Transportzeiten auch die Vorhersagegenauigkeit.

Der Materialfluss ist teilweise vom Informationsfluss entkoppelt und an unterschiedlichen Arbeitsplätzen werden verschiedene Arten von, in Abschnitt 3.1.2 beschriebener, Software verwendet. Viele Daten werden digital erfasst, aber auch eine Laufkarte in gedruckter Form begleitet die Fertigungsaufträge.

Ein weiteres Problem ist die lückenhafte W-LAN-Abdeckung in den Freibereichen der Betriebe, die für den Einsatz von Tablets in Staplern zur Lagerverwaltung erforderlich ist. Auch sind nicht alle Transportmittel für den innerbetrieblichen Transport mit Tablets ausgestattet.

3.2 Evaluierung der theoretischen Konzepte am Beispiel Böhler Schmiedetechnik

Aus den zuvor, in Kapitel 2 beschriebenen, theoretischen Konzepten gibt es unter Berücksichtigung der derzeitigen Situation und der speziellen Bedürfnisse für Böhler Schmiedetechnik mehrere Möglichkeiten zur Gestaltung von Organisation, Informati-

onsfluss und Technologie der innerbetrieblichen Materialdisposition, die zu einer kürzeren Durchlaufzeit und einer größeren Vorhersagegenauigkeit führen. Die Konzepte aus der Theorie werden mit der Ist-Situation verknüpft sowie die daraus resultierenden Vor- und Nachteile werden in diesem Unterkapitel näher betrachtet. Die Konzepte zu den einzelnen Bereichen bewegen sich dabei zwischen zentralen, dezentralen sowie hybriden Lösungen.

3.2.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Die Materialbereitstellung bzw. Materialverteilung kann zentral, dezentral oder hybrid in die Unternehmensorganisation eingegliedert werden. Auch die Disposition kann zentral, hybrid oder dezentral gesteuert werden.

Aufbauorganisation

Eine zentrale Funktion der Materialbereitstellung ist auf Unternehmensebene angesiedelt. Der Verantwortungsbereich dieser Funktion umfasst somit alle drei Betriebe (TPH, TPP, TPE). Diese Abteilung würde als Service-Funktion für die Produktion und den Materialeingang fungieren. Bei geografisch abgegrenzten Betrieben, wie sie in der Böhler Schmiedetechnik vorhanden sind sowie bei einer zentralen Verwaltung sollte laut Literatur die zentrale Organisationsform der Materialversorgung gewählt werden. Die zentrale Organisation wird in der Umsetzung mit einem Bring-System der Materialbereitstellung verbunden.

Die Zentralisierung führt zu einer Bündelung von Know-how und einer Spezialisierung der Mitarbeiter. Die Mitarbeiter setzen sich ausschließlich mit Fragen der Materialbereitstellung auseinander und handeln damit effizienter, denn es kommt zu einer sogenannten Lernkurve. Die Mitarbeiterauslastung ist ebenfalls höher als bei einer dezentralen Organisation. Außerdem ist die Führung weniger Vollzeit-Mitarbeiter, mit der Aufgabe der Materialbereitstellung, einfacher als von vielen Fertigungsmitarbeitern wie z.B. in der derzeitigen Situation in der Pressenfertigung. Durch die geringere Anzahl an Mitarbeitern, die mit der Materialbelieferung in Kontakt stehen, ist auch ein geringerer Schulungsaufwand und eine leichtere Umsetzbarkeit von Verbesserungen verbunden. Denn derzeit sind in die Materialzulieferung viele Mitarbeiter der verschiedenen Arbeitsplätze involviert. Weiters kann leichter auf veränderte Umweltbedingungen bzw.

Unternehmensziele reagiert werden. Die Gefahr nur lokale Optima zu erreichen ist hier geringer als bei einer dezentralen Organisation.

Nachteilig wirkt sich die Entfernung der Betriebe untereinander aus. Bei einem zentralen Management ist für die Mitarbeiter der Materialverteilung in den Betrieben, der Leiter dieser zentral gesteuerten Organisation nicht vor Ort. Außerdem ist eine Änderung der derzeitigen Organisationsstruktur von Böhler Schmiedetechnik notwendig.

Bei der hybriden Lösung findet die Materialbereitstellung auf Betriebsebene statt. Die Lagerung, Materialbereitstellung und der Transport fallen dabei in den Verantwortungsbereich des Betriebsleiters. Die Materialbereitstellung würde hier, vergleichbar mit einer Matrixorganisation auf Unternehmensebene, als Service-Funktion für die einzelnen Arbeitsplätze fungieren. Die Tätigkeiten der Materialbereitstellung würden somit auf der ausführenden bzw. produzierenden Ebene abgewickelt. Auch die hybride Variante führt in weiterer Folge zu einem Bring-System in der Materialbelieferung.

Bei dieser hybriden Lösung kommt es ebenfalls zu einer Bündelung von Know-how auf Betriebsebene und einer Spezialisierung der Mitarbeiter. Durch die Lernkurve werden die Tätigkeiten effizienter durchgeführt. Die geringere Anzahl an Mitarbeitern, die mit der Materialbelieferung in Kontakt stehen, ist ebenfalls mit einem geringeren Schulungsaufwand und einer leichteren Umsetzbarkeit von Verbesserungen, im Vergleich zur dezentralen Organisation, verbunden. Auch die Mitarbeiterauslastung ist höher und die Führung der Vollzeitmitarbeiter einfacher, verglichen mit der dezentralen Variante.

Es besteht jedoch die Gefahr lokaler Optima, da die Materialbelieferung auf drei Betriebe aufgeteilt ist. Dadurch gibt es auch drei leitende Verantwortliche. Das hat den Vorteil geografische Nähe. Es ist jedoch ein erhöhter Abstimmungsbedarf zwischen den Verantwortlichen in Bezug auf Unternehmensstandards und Unternehmensziele gegeben. Außerdem ist auch hier, wie bei der zentralen Organisation, eine Änderung der derzeitigen Organisationsstruktur von Böhler Schmiedetechnik notwendig.

Bei der dezentralen Organisation führen die Arbeitsplätze selbstständig die Materialbereitstellung durch. GÜDEHUS findet, die Disposition und der operative Logistikbetrieb

sollte in großen Unternehmen dezentralisiert sein. Verantwortlich für die dezentrale Materialbereitstellung ist der jeweilige Vorarbeiter des Arbeitsplatzes. In der praktischen Ausgestaltung ist die dezentrale Organisation mit einem Hol-System verbunden.

Die Dezentralisierung führt zu einer hohen Reaktionsfähigkeit und Flexibilität. Außerdem ist eine direkte Kommunikation in einer dezentralen Organisation möglich. Ebenso wie bei der hybriden Variante ist ein Vorgesetzter vor Ort. Bei Böhler Schmiedetechnik ist für die Umsetzung der dezentralen Organisation keine Organisationsänderung notwendig.

Es sind jedoch mehrere Nachteile mit einer dezentralen Materialbereitstellung auf Arbeitsebene verbunden. Die Umsetzung globaler Unternehmensziele ist mit einer dezentralen Organisation schwierig. Durch die vielen Mitarbeiter, welche die Materialbereitstellung durchführen, ist ein höherer Schulungsaufwand notwendig. Außerdem ist es schwierig Änderungen, neue Standards und Verbesserungen durchzusetzen bzw. einzuführen. Das Know-how ist dezentral auf viele Mitarbeiter verteilt und damit ist ein hoher Koordinationsaufwand zur Weitergabe von Wissen von einer Leistungsstelle zur Anderen verbunden. Weiters ist, im Gegensatz zur zentralen und hybriden Variante, eine geringere Auslastung der Mitarbeiter mit den Tätigkeiten der Materialbereitstellung zu erwarten. Diese sind dadurch nicht ständig mit der Materialbereitstellung beschäftigt, deswegen fällt die Lernkurve flacher aus und das bedeutet eine geringere Effizienz.

Disposition

Die von Böhler Schmiedetechnik hergestellten Produkte zeichnen sich durch einen hohen Wert sowie niedrige und unregelmäßige Bedarfe aus. Daher sind die Schmiedeteile, nach der in Kapitel 2 beschriebenen Einteilung, als Auftragsteile zu klassifizieren.

Bei der zentralen Materialdisposition werden zentral ermittelte Aufträge an die Leistungsstellen erteilt. Die Disposition erfolgt bedarfsgesteuert nach dem Push-Prinzip. Durch die zentrale Steuerung ist eine Ausrichtung auf die globalen Unternehmensziele möglich.

Die zentrale Disposition ist in Bezug auf die Materialbereitstellung mit einem Bring-System verknüpft. Das bedeutet, dass der innerbetriebliche Transport auf Unternehmens- oder Betriebsebene organisiert ist (vergleiche dazu das zentrale und hybride Konzept der Aufbauorganisation).

Die Aufträge können nach verschiedenen Strategien freigegeben werden. Beispielsweise ist eine Auftragsfreigabe nach Prioritäten oder Merkmalskombinationen möglich. Bei Änderungen z.B. in der Vorgangsweise oder der Prozesse ist eine kürzere Vorlaufzeit, als bei der dezentralen Disposition nötig. Auch Optimierungen sind einfacher umzusetzen. Wenn große Schwankungen bei den Bedarfen auftreten, ist die zentrale Steuerung der Dezentralen vorzuziehen.

Es entstehen jedoch administrative Kosten und es kommt zu Zeitverlusten durch die längeren Entscheidungswege zwischen der ausführenden und der planenden Stelle. Außerdem ist eine genaue Kenntnis der Abläufe der Materialbereitstellung, z.B. der Transportwege und Transportzeiten notwendig, um eine optimale Bereitstellung zu gewährleisten. Deswegen sollten bei den Transportzeiten auch keine großen Schwankungen durch z.B. die Produktsuche im Lager, auftreten.

Bei einer exakten Materialdisposition werden die benötigten Materialien nach dem JIT-Prinzip angeliefert. Dadurch sind keine Puffer vor den Arbeitsplätzen mehr notwendig und die Durchlaufzeit wird verringert. Derzeit ist Just-in-Time aufgrund der schwankenden Transportzeiten und der fehlenden Planungsgenauigkeit bei Böhler Schmiedetechnik nicht umsetzbar. Nach Beseitigung dieser Probleme wäre die Umsetzung des JIT-Konzepts sinnvoll. Im Ansatz könnte dadurch eine Fließfertigung mit geringen Beständen und kurzen Durchlaufzeiten entstehen. Eine komplette Fließfertigung ist aufgrund des komplexen Materialflusses durch die verschiedenen Werkstattarbeitsplätze nicht umsetzbar. Die Produktion von vielen Kleinserien, mit einer Vielzahl an Materialflüssen sind ein weiterer Grund der eine Fließfertigung verhindert.

Bei MRP erfolgt zentral eine Stücklistenauflösung mit Auftragsterminierung der verschiedenen Teile eines Produkts. Da in der Produktion von Böhler Schmiedetechnik nur Umformvorgänge in mehreren Stufen vom Rohmaterial bis zum Fertigprodukt durchgeführt werden und keine Montagevorgänge stattfinden ist die Einführung von MRP nicht zielführend.

Die Belastungsorientierte Auftragsfreigabe regelt die Bestände in Werkstattfertigungen auf konstantem Niveau. Durch die Beachtung der in der Produktion befindlichen Aufträge bei der Auftragsfreigabe werden konstante Bestände und kürzere Durchlaufzeiten erreicht. BOA steuert jedoch nicht die Materialbelieferung der einzelnen Arbeitsplätze während der Fertigung. Mithilfe von BOA kann dadurch eine JIT-Versorgung in der Produktion für die Materialversorgung der Arbeitsplätze ermöglicht werden. Durch

die komplexen Materialflüsse bei Böhler Schmiedetechnik kann es jedoch zu größeren bzw. geringeren Auslastungen an den einzelnen Arbeitsplätzen je nach freigegebenen Auftragsmix kommen. Dies muss in der Prioritätensetzung für die Auftragsfreigabe berücksichtigt werden.

Bei der FIFO-Steuerung können die unregelmäßig getakteten Prozesse z.B. einer Werkstattfertigung durch kleine Puffer ausgeglichen werden. Die Abarbeitung der Aufträge nach dem FIFO-Prinzip hat für Böhler Schmiedetechnik jedoch den Nachteil, dass keine Setzung von Prioritäten während der Produktion möglich ist um dadurch die zugesagten Liefertermine einzuhalten.

Die dezentrale Materialdisposition wird verbrauchsgesteuert nach dem Pull-Prinzip durchgeführt und kann an ein Bring- oder Hol-Prinzip der Materialien geknüpft sein. Die Ausgestaltung des Bring-Systems kann als Taxiversorgung oder Small-Train vorgenommen werden. Die kurzen Wege und der losweise Transport sprechen für die Taxiversorgung bei Böhler Schmiedetechnik. Da auch die Ressourcen für eine Taxiversorgung bereits vorhanden sind und das Handling der schweren Schmiedeteile schwierig ist, ist die Taxiversorgung der Arbeitsplätze dem Small-Train vorzuziehen. Durch die historisch gewachsene Anordnung der Maschinen kann sich eine Fahrt mit einem Small-Train in den Produktionshallen als schwierig erweisen. Ein Milk-Run ist sinnvoll wenn die Bündelung von Transportaufträgen möglich ist. Bei Böhler Schmiedetechnik ist eine Bündelung nicht möglich, weil nur ganze Lose produziert und transportiert werden. Ein Los wird dabei mit einem oder mehreren Ladungsträgern transportiert. Das bedeutet pro Los sind ebenso viele Transporte notwendig wie Ladungsträger für dieses Los vorhanden sind. Beim Bring-System erteilen die Fertigungsmitarbeiter nach Bedarf Transportaufträge zur Materialanlieferung bzw. -abholung an den innerbetrieblichen Transport. Welches Material benötigt wird sowie die Materialquelle und das Ziel werden disponiert. Die Auftragsfreigabe erfolgt hier manuell.

Beim Hol-Prinzip sind keine Transportaufträge notwendig, denn die Fertigungsmitarbeiter holen sich die benötigten Materialien selbstständig aus dem Lager oder dem vorgelagerten Arbeitsplatz. Dafür ist eine genaue Definition der Grenzen der jeweiligen Leistungsstelle notwendig. Das Hol-Prinzip hat den Nachteil fehlender Spezialisierung der ausführenden Mitarbeiter, weil die Materialversorgung für Fertigungsmitarbeiter nur eine Nebentätigkeit darstellt. Daher ist das Hol-Prinzip weniger effizient.

Das Subsidiaritätsprinzip spricht für eine dezentrale Gestaltung der Disposition. Weiters sollen Leistungsstellen dezentral gesteuert werden. Die höhere Mitarbeitermotivation durch mehr Eigenverantwortung führt zu geringeren Beständen, kurzen Lieferzeiten, einer höheren Termintreue und geringeren (administrativen) Kosten. Bei der dezentralen Materialdisposition wird auch die, vor Ort vorhandene, Mitarbeitererfahrung genutzt.

Es fehlt jedoch eine Abstimmung der Bedarfszeitpunkte, dadurch kann es zu Terminkollisionen kommen. Bei Änderungen der Prozesse oder Einführung neuer Standards sind lange Vorlaufzeiten nötig. Auch sind (zentral gesteuerte) Optimierungen schwieriger möglich. Außerdem besteht die Gefahr lokaler Optima. Beispielsweise führt beim Bring-System eine zu frühe Disposition durch den Mitarbeiter, mit der Intention die Versorgungssicherheit für den eigenen Arbeitsplatz zu gewährleisten, zu Materialmangel an Arbeitsplätzen die exakt nach Verbrauch disponieren, da deren Transportaufträge später abgearbeitet werden. Die Transportkapazitäten werden, aus globaler Sicht, durch weniger dringende Aufträge blockiert. Weiters kommt es zu ungeplanten Beständen am Arbeitsplatz.

Die dezentrale Disposition nach dem Pull-Prinzip bzw. die Produktionssteuerung nach dem KANBAN- und CONWIP-Verfahren bringt zwar einige Vorteile mit sich (siehe Abschnitt 2.1.2), jedoch sind diese Verfahren nicht für eine Werkstattfertigung mit vielen verschiedenen Produkten und schwankenden Bedarfen geeignet.

Beim Go-See Pull Verfahren müssen die Mitarbeiter einen Überblick über die Bestände der nachfolgenden Leistungsstelle haben, um über die Produktion von Nachschub entscheiden zu können. Bei Böhler Schmiedetechnik befinden sich einerseits die nachfolgenden Arbeitsplätze oft nicht in geografischer Nähe zueinander und andererseits wechselt aufgrund der unterschiedlichen Materialflüsse je nach Produkt der nachfolgende Arbeitsplatz. Aus diesem Grund müsste der Mitarbeiter die Bestände mehrerer potentieller Nachfolger kennen bzw. beobachten. Deswegen ist eine Anwendung des Go-See Pull Verfahrens bei Böhler Schmiedetechnik nicht möglich.

Aufgrund der fehlenden Koordination zwischen den Arbeitsplätzen bezüglich Bestände und Auslastung führt die dezentrale Disposition kombiniert mit dem Push-Prinzip zu keinen Verbesserungen der Planungsgenauigkeit und Durchlaufzeit.

Das hybride POLCA-Verfahren ist für eine Werksattfertigung mit kundenindividuellen Produkten und großer Produktvielfalt geeignet. Diese Rahmenbedingungen sind auch bei Böhler Schmiedetechnik gegeben. Bei POLCA werden Kartenkreisläufe gebildet die jeweils zwei Arbeitsplätze umfassen und sich dabei überlappen. Bei Böhler Schmiedetechnik gibt es jedoch, wie zuvor erwähnt, verschiedene Materialflüsse die in Summe als komplex bezeichnet werden müssen. Das bedeutet, ein Arbeitsplatz besitzt mehrere Nachfolgearbeitsplätze. Der jeweils relevante Nachfolgearbeitsplatz hängt vom gerade gefertigten Produkt ab. Somit gäbe es unzählige Kartenkreisläufe bzw. diese ändern sich je nach den, sich gerade in der Fertigung befindlichen, Produkten. Das ohnehin komplexe POLCA-Verfahren würde dadurch noch komplexer. Der hohe Schulungsaufwand für die Mitarbeiter ist eine Folge daraus und ein weiterer Nachteil.

Die Disposition des Bedarfs an einem Zwischenprodukt durch den Mitarbeiter vor Ort und eine zentrale Vorgabe des zu transportierenden Materials ist eine Mischung der beiden Konzepte für die Materialbelieferung. Das bedeutet, der Mitarbeiter meldet, dass er den nächsten Auftrag benötigt (vergleichbar mit einer Pull-Steuerung und einem Bring-System). Welcher Auftrag der Nächste ist wird z.B. durch eine zentral erstellte Prioritätenliste festgelegt (vergleichbar mit einer BOA-Steuerung bezogen auf den einzelnen Arbeitsplatz). Die konkrete Materialbelieferung wird anschließend durch ein Bring-System, vorzugsweise die Taxiversorgung, umgesetzt. Dieses Verfahren kann als zentrale Disposition kombiniert mit einem Pull-Prinzip und Bring-System bezeichnet werden. Diese Vorgangsweise hat den Vorteil, dass Gesamtziele des Unternehmens berücksichtigt werden können, jedoch wird auch das vor Ort vorhandene Wissen genutzt. Außerdem ist der Planungsaufwand geringer als bei der zentralen Materialdisposition. Durch die Meldung des Bedarfs durch den Mitarbeiter besteht aber auch hier die Gefahr von Terminkollisionen bei der Materialbelieferung. Die zentrale Prioritätensetzung ermöglicht jedoch eine Umreihung der Aufträge in der Auftragsliste des Transporteurs. Durch diese zentrale Optimierung bzw. Prioritätensetzung werden die vielen Leerfahrten und die geringe Auslastung bei der Taxiversorgung reduziert. Außerdem wird auch bei dieser Variante das Subsidiaritätsprinzip eingehalten. Zusammenfassend kann bei diesem Konzept gesagt werden, dass der Mitarbeiter den Zeitpunkt der Disposition vorgibt, zentral wird festgelegt welcher Auftrag zu transportieren ist und durchgeführt wird die Materialbelieferung durch ein Bring-System. Eine Abholung eines Zwischenprodukts, nach vollendeter Bearbeitung an einem Arbeitsplatz, wird ebenso um-

gesetzt. Es gibt bei den fertiggestellten Aufträgen jedoch keine zentrale Vorgabe welcher Auftrag zu transportieren ist, da nur ein Auftrag zum Transport vom Arbeitsplatz zum Lager oder zum nachfolgenden Arbeitsplatz bereitsteht.

Die Materialtransporte werden bei allen Varianten vom Lager zum Arbeitsplatz durchgeführt, wenn an einem Arbeitsplatz Materialbedarf besteht. Nach abgeschlossenen Bearbeitungsvorgängen werden die Zwischenprodukte vom Arbeitsplatz zum nachfolgenden Arbeitsplatz oder zu einem Lagerplatz transportiert. Auch hier wird nach den zuvor beschriebenen Dispositionsvarianten vorgegangen.

3.2.2 Informationsfluss der innerbetrieblichen Materialdisposition

Der Informationsfluss kann an den Materialfluss gekoppelt oder von diesem entkoppelt sein. Auch hier gibt es eine hybride Variante, bei der an gewissen Stellen in der Produktion zentral vorhandene Daten abgerufen und dezentral am Gut gespeichert werden.

Bei den entkoppelten Flüssen sind die Daten zentral gespeichert. Der Abruf dieser Daten erfolgt durch die Identifizierung des Produktes, z.B. über eine eindeutige Identifikationsnummer oder Gebindenummer. Beispielsweise werden die Begleitinformationen zu einem Auftrag sowie die Produktionsinformationen an jedem Arbeitsplatz zentral aus dem System abgerufen. Derzeit erfolgt bei Böhler Schmiedetechnik die Identifikation eines Auftrags über die Fertigungsauftragsnummer und die Gesenknnummer. Bei einer zentralen Materialdisposition erhält der Transportmitarbeiter Transportaufträge aus den übergeordneten IT-Systemen, beispielsweise mit der Information welcher Auftrag, wann, von wo und wohin zu transportieren ist. Anschließend werden die erledigten Aufträge mit z.B. dem neuen Lagerplatz ans zentrale IT-System rückgemeldet.

Der dritte Grundsatz der Intralogistik besagt eine Kopplung von Material- und Informationsfluss. Die Daten sind bei den gekoppelten Flüssen direkt auf dem Produkt gespeichert. Dies kann beispielsweise über einen RFID-Transponder realisiert werden. Die Speicherung von Produkt- und Auftragsdaten, Bearbeitungsschritten, Arbeitsanweisungen sowie Transport- und Lagerinformationen können dezentral auf diesem Transponder durchgeführt werden. Das Auslesen dieser Daten erfolgt von den Mitarbeitern vor Ort und anschließend wird z.B. die Bearbeitung eines Produktes den Anweisungen entsprechend durchgeführt. Vorteile der Kopplung von Material- und Informationsfluss sind kürzere Informationsflüsse und eine größere Transparenz. Das Produkt kann sich dadurch autark von übergeordneten Systemen durch die Fertigung bewegen.

Im Zuge der hybriden Kopplung besitzt das Produkt einen eigenen Datenspeicher. An verschiedenen Stellen des Materialdurchlaufs werden aus dem zentralen System Daten abgerufen und am Produkt gespeichert. Beispielsweise können nach der Beendigung eines Bearbeitungsschrittes Informationen über den nächsten Arbeitsplatz abgerufen und gespeichert werden. Das Produkt weiß dadurch wohin es geliefert werden muss und kann dies dem Transporteur mitteilen.

Aus Sicht des Verfassers benötigen verschiedene Stellen unterschiedliche Informationen. Diese sind auch abhängig von der Fertigungsart. Zu diesem Thema gibt es wenig Literatur, deswegen erfolgt eine genaue Empfehlung der benötigten Informationen durch die Expertengespräche in Abschnitt 3.4. Sowohl der Disponent, als auch der Transporteur benötigen Stamm- und Bewegungsdaten. Wichtige Informationen für den Disponenten sind Fertigungsauftragsdaten (Produkt, Material, Liefertermin, etc.), der Status der Ressourcen (z.B. Maschinen, Transportmittel), abgeschlossene und offen Bearbeitungsschritte sowie der derzeitige Standort und die Anzahl der Produkte pro Fertigungslos. Der Transporteur benötigt Informationen über das Produkt, die Anzahl der Gebinde, den derzeitigen Lagerort und den Zielort sowie die Bereitstellungszeit. Diese Informationen können in einem Transportauftrag zusammengefasst werden. Nach dem Transport werden neue Bewegungsdaten, z.B. der neue Lagerort oder durchgeführte Transporte, an das zentrale System rückgemeldet oder dezentral gespeichert.

3.2.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung

Zur Unterstützung des Informationsflusses können verschiedene, in Kapitel 2 beschriebene, Technologien eingesetzt werden. Die Hauptaufgaben liegen in der Identifikation und der Lokalisierung von Materialien.

Wie zuvor erwähnt werden bei Böhler Schmiedetechnik derzeit die Fertigungsauftragsnummer und die Gesenknnummer zur Identifikation eines Gebindes verwendet. Diese beiden Nummern sind in Klarschrift notiert und mittels Kärtchen am Ladungsträger befestigt. Zur technologischen Unterstützung der Identifikation bieten sich Barcodes und die RFID-Technologie an.

Barcodes sind billiger als RFID-Transponder, jedoch haben sie einige Nachteile im Vergleich zu RFID. Die Speicherkapazität ist wesentlich geringer und um die Daten auslesen zu können ist Sichtkontakt notwendig. Außerdem können die Daten auf Barcodes

weder verändert noch gelöscht und mit neuen Daten beschrieben werden. Die staubige, teilweise heiße Umgebung in der Produktion von Schmiedestücken, Nässe in den Außenlagern sowie gelegentliche mechanische Beanspruchung können Barcodes beschädigen und die Lesbarkeit einschränken. Weiters ist keine Ortung der Gebinde möglich.

RFID ermöglicht einen dezentralen Informationsfluss. Auftrags-, Produktions- sowie Transport- und Lagerdaten können dadurch direkt am Produkt gespeichert werden. Zum Lesen der Daten ist kein Sichtkontakt nötig und diese können auch während des Produktionsprozesses verändert werden. RFID kann ebenso zur Lokalisierung der Produkte verwendet werden. Weiters sind temperaturbeständige, wasserdichte und schmutzunempfindliche Transponder erhältlich. Ein weiterer Vorteil ist die Wiederbeschreibbarkeit. Jedoch ist die Systeminfrastruktur, Lesegeräte und Transponder, teurer als bei Barcodes.

Die Lokalisierung von Gütern ist die zweite Aufgabe der Unterstützungstechnologie für den Informationsfluss. Diese kann automatisch mit Ortungstechnologie oder über eine manuelle Lagerführung erfolgen.

Bei der manuellen Buchung speichert der Mitarbeiter mittels Identifikationsnummer den Lagerplatz des Transportgebindes in einer Datenbank. Wird ein Produkt gesucht, kann aus diesen Daten der Standort ausgegeben werden. Die manuelle Buchung ist z.B. mit der Stapler-App von Böhler Schmiedetechnik möglich. Dies birgt jedoch die Gefahr von Fehlbuchungen oder alten, nicht aktualisierten Standortdaten. Um die Eingabe des Lagerortes zu erleichtern, kann zur Kennzeichnung des Lagerplatzes ein Barcode verwendet werden. Dieser wird vom Mitarbeiter eingescannt, wenn er ein Gebinde dort platziert.

Die manuelle Buchung verursacht geringe Investitionskosten. Verantwortlich für eine ordnungsgemäße Durchführung ist der Mitarbeiter. Die stark schwankenden Suchzeiten werden verringert (bzw. entfallen Großteils) und sie werden gleichmäßiger. Dadurch erhöht sich einerseits die Planbarkeit der Transportdauer und andererseits wird die Durchlaufzeit gesenkt. Außerdem sinken die Personalkosten. Zum Ausgleich der Fehlbuchungen muss jedoch ein Mitarbeiter die unauffindbaren Produkte suchen bzw. die Lagerplatzdaten manuell pflegen.

Die automatische Ortung kann durch verschiedene Technologien erfolgen. Es muss dabei zwischen einer permanenten Ortung und einer automatischen Buchung der Lagerdaten in einer übergeordneten Datenbank unterschieden werden. Weiters ist zwischen einer Lagerzonenortung und einer Punktortung zu unterscheiden. Der Lagerbereich bzw. der Lagerort können über eine Karte des Betriebsgeländes für die Mitarbeiter visualisiert werden.

Durch die automatische Ortung werden höhere Investitionskosten verursacht. Dafür entfallen die Suchzeiten und führen zu einer guten Planbarkeit der Transportzeiten und einer kürzeren Durchlaufzeit. Weiters ist eine JIT-Orientierung in der Materialbelieferung möglich. Diese würde auch die Bestände senken. Außerdem besteht keine Mitarbeiterverantwortung für die Standortbuchung und die Personalkosten sinken bei der automatischen Produktlokalisierung ebenfalls.

GPS ermöglicht eine permanente Punktortung. Diese funktioniert aber nur in Freibereichen. Da GPS-Sender relativ kostenintensiv sind, werden sie in der Praxis vor allem in der Ortung von wenigen, teuren Transportmitteln eingesetzt und wird damit nicht eine viel größere Anzahl an Ladungsträgern ausgestattet. Da es bei Böhler Schmiedetechnik Lagerflächen sowohl im Freien als auch in der Halle gibt, ist GPS als Ortungstechnologie nicht geeignet.

Neben der Identifikation von Gütern kann auch eine Lokalisierung mittels RFID-Technologie durchgeführt werden. Zur Lokalisierung durch RFID gibt es mehrere unterschiedliche Möglichkeiten. Mit aktiven RFID-Transpondern, die auf den Ladungsträgern befestigt sind, kann mit Funkpeilung eine Punktortung durchgeführt werden. Den Standort des Ladungsträgers über den Standort des Transportmittels zu eruieren ist eine weitere Möglichkeit. Dafür muss der Staplerstandort bekannt sein. Dieser kann über WLAN oder GPS ermittelt werden. Der Ladungsträger benötigt einen RFID-Tag. Dieser kann mit dem Stapler kommunizieren, wenn beide geografisch eng beieinander sind. Somit ist ab der Beladung der Standort des Materials bekannt. Beim Entladen wird der letzte Standort des Transportmittels, bevor der Kontakt zum Transportgut abbricht, gespeichert. Über eine Abfrage der Datenbank kann der aktuelle Standort des Materials gesucht werden. Bei dieser Variante dürfen nur dafür ausgerüstete Transportmittel die Transporte durchführen und Gebinde dürfen nicht anderwärtig bewegt werden, sonst stimmt der aktuelle mit dem gespeicherten Standort nicht mehr überein. Eine andere Möglichkeit ist neuralgische Punkte mit fixen RFID-Scannern auszurüsten. Man weiß somit, wenn ein Transportgut mit RFID-Tag einen solchen Scanner passiert, dass es sich in

einem bestimmten (Lager-)Bereich befindet. Mit dieser Variante ist nur eine Bereichs- und keine Punktortung möglich. Durch die vielen kleinen Lagerplätze bei Böhler Schmiedetechnik würde eine große Anzahl solcher fixen Scanner benötigt. Dies würde hohe Kosten verursachen, da Scanner teurer als Tags sind.

W-LAN ist eine weitere Technologie zur Standortbestimmung. Durch mehrere im Betrieb verteilte W-LAN Hotspots kann die Entfernung von jedem W-LAN Router zu einem W-LAN fähigem Gerät ermittelt werden und in weiterer Folge der Standort des Geräts.

Dasselbe Prinzip wird bei Beacons angewandt. Jedoch wird hier Bluetooth anstatt W-LAN verwendet. Mithilfe dieser Technologien wird eine Punktortung durchgeführt. Weiters sind sie für die Lokalisierung in Innen- und Außenbereichen geeignet.

Da die Betriebe von Böhler Schmiedetechnik bereits teilweise mit W-LAN erschlossen sind ist die mobile Datenübertragung mittels W-LAN gegenüber der mobiler Kommunikation (Mobiltelefonnetz) empfehlenswert. Es ist jedoch notwendig das W-LAN Netz auf alle Bereiche der Betriebe auszuweiten. Weiters ist bei einer zentralen oder hybriden Materialdisposition notwendig, als Schnittstelle zum Mitarbeiter, alle Stapler des innerbetrieblichen Transports mit Tablets auszustatten bzw. die fehlenden Tablets nachzurüsten. Außerdem ist es sinnvoll die bereits vorhandene Stapler-App als Software zu verwenden und gegebenenfalls zu erweitern.

3.3 Zentrale Ergebnisse der Evaluierung am Beispiel der Böhler Schmiedetechnik

Einige Verfahren eignen sich besser, andere schlechter für einen Schmiedebetrieb mit Werkstattfertigung. In diesem Abschnitt werden nochmals die gut geeigneten Konzepte zur Verkürzung der Durchlaufzeit und Erhöhung der Planungsgenauigkeit sowie die dadurch erreichbaren Verbesserungen zusammengefasst. Um Vollständigkeit zu gewährleisten findet jedoch auch eine kurze Zusammenfassung der weniger geeigneten Konzepte, inklusive der dafür verantwortlichen Gründe, in den einzelnen Abschnitten statt.

3.3.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Für die Aufbauorganisation ist eine zentrale oder hybride Variante einer dezentralen Variante vorzuziehen. Auch für die Materialdisposition ist eine zentrale oder hybride Variante eine Option. Aber auch die dezentrale Disposition bringt einige Vorteile mit sich.

Aufbauorganisation

Aufgrund der im vorigen Abschnitt genannten Vorteile bietet sich für Böhler Schmiedetechnik eine zentrale oder hybride Aufbauorganisation der Materialbelieferung an. Diese beiden Varianten ermöglichen eine größere Effizienz, einfachere Optimierungen in der Durchführung der Tätigkeiten und einen geringeren Schulungsaufwand durch die in Vollzeit mit der Materialbelieferung beschäftigten Mitarbeiter. Diese Organisationsformen ermöglichen außerdem ein Bring-System, das als Taxiversorgung ausgeführt werden sollte.

Die dezentrale Organisation führt zu einer hohen Reaktionsfähigkeit, geringerem Kommunikationsbedarf und größerer Flexibilität. Die Nachteile sind jedoch eine schwierige Umsetzung globaler Ziele, ein höherer Schulungsaufwand und Änderungen bzw. Verbesserungen von Abläufen sind schwieriger umsetzbar. Außerdem ist ein hoher Koordinationsbedarf zwischen den dezentralen Abteilungen notwendig sowie eine geringere Auslastung und Effizienz zu erwarten. Aus den zuvor angeführten Gründen ist eine dezentrale Organisation nicht empfehlenswert.

Disposition

Eine zentrale Disposition nach dem JIT-Prinzip in Kombination mit einer BOA-Auftragsfreigabe (Push-Prinzip) oder eine hybride Materialdisposition, bei der die Mitarbeiter vor Ort den Bedarf melden (Pull-Prinzip) und zentral der nächste zu fertigende Auftrag dem Arbeitsplatz zugewiesen wird, sind empfehlenswert. Dadurch ist eine Prioritätensetzung möglich, um ein Optimum für die gesamte Produktion (im Einklang mit dem neuen APS-System) zu erzielen. Lokale Optima werden so vermieden. Bei den Zielen einer kurzen Durchlaufzeit und einer hohen Planungsgenauigkeit ist ein Gesamtoptimum entscheidend, da es sich dabei um globale Ziele handelt. Bei der hybriden Disposition wird außerdem das dezentral vorhandene Know-how in die Entscheidungen

miteinbezogen und der Planungsaufwand ist geringer. Die Materialbelieferungen werden bei einer zentralen oder hybriden Materialdisposition mit einem Bring-System ausgeführt.

Nach dem Subsidiaritätsprinzip sollte die Materialdisposition jedoch dezentral (Pull-Prinzip) ausgeführt werden. Auch die dezentrale Materialdisposition kann mit einem Bring-System kombiniert werden. Dadurch wird das in der Produktion vorhandene Know-how genützt, aber die Materialbelieferung wird trotzdem von Spezialisten durchgeführt. Die Materialbereitstellung kann bei der dezentralen Disposition jedoch auch über ein Hol-System organisiert sein. Die eigenverantwortliche Disposition führt zu einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit. Jedoch ist kein Pull-Steuerungsverfahren für eine Werkstattfertigung geeignet. Auch besteht die Gefahr von lokalen Optima und Terminkollisionen.

3.3.2 Informationsfluss der Materialdisposition

Es ist eine vollständige oder teilweise Kopplung des Informations- an den Materialfluss durch RFID möglich. Aber auch eine zentrale Datenhaltung in Kombination mit einer Technologie zur Identifikation und Lokalisierung ist eine mögliche Variante. Die automatische ist dabei der manuellen Lokalisierung aus Sicht der Fehlerquote vorzuziehen.

Der Transporteur sowie der Disponent (z.B. der Fertigungsmitarbeiter bei dezentraler Disposition oder das zentrale IT-System) benötigen Stamm- und Bewegungsdaten. Wichtige Informationen für den Disponenten sind Fertigungsauftragsdaten, der Status der Ressourcen, abgeschlossene und offen Bearbeitungsschritte sowie der derzeitige Standort und die Anzahl der Produkte pro Fertigungslos. Der Transporteur benötigt Informationen über das Produkt, die Anzahl der Gebinde, den derzeitigen Lager- und den Zielort sowie die Bereitstellungszeit. Diese Informationen für den Transporteur sollten als Transportauftrag bereitgestellt werden.

3.3.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung

Zur Identifikation hat der Einsatz von RFID wesentliche Vorteile gegenüber Barcodes. Außerdem kann RFID auch zur Lokalisierung von Gebinden im Lager verwendet werden. Die Lokalisierung über eine Kombination von RFID (am Gebinde) mit einer anderen Lokalisierungstechnologie für den Standort des Transportmittels ist auch möglich.

Weitere Lokalisierungsvarianten sind die W-LAN Ortung sowie Beacons. Genauigkeit sowie das Kosten-Nutzen-Verhältnis sind für die Auswahl der Technologie entscheidend. Grundsätzlich erfüllen die zuvor genannten Technologien die Anforderungen.

Als Software sollte der Einsatz der Stapler-App auf alle Betriebe ausgeweitet werden. Dadurch können sowohl an den im Bring-System organisierten Transportdienst Aufträge erteilt werden, als auch die Lagerverwaltung (Suche nach Produkten bzw. Lagerplatzbuchungen) der Gebinde durchgeführt werden.

Voraussetzung für die Nutzung der zuvor genannten Technologien ist eine Ausrüstung aller Transportstapler mit Tablets.

Die grundsätzlichen Möglichkeiten, Eigenschaften bzw. Anwendungsgebiete der zuvor genannten Technologien konnte aus den theoretischen Quellen bezogen werden. Die Evaluierung der Technologien in Bezug auf die Ist-Situation von Böhler Schmiedetechnik ergab grundsätzliche Anforderungen sowie die Eignung bzw. Untauglichkeit der Technologien. Die detaillierten Anforderungen werden mithilfe der Expertengespräche definiert. Besonders im Hinblick auf die Reichweite bzw. Genauigkeit, aber auch auf die Art der Lokalisierung (manuell, Zonen- oder Punktortung) sind die Empfehlungen festzulegen, da aus der Literatur diese nicht abgegeben werden können. Es kann aber festgehalten werden, dass die Nutzung einer zuvor genannten Technologie wesentlich zur Erreichung der in Kapitel 1 festgelegten Ziele, einer kurzen Durchlaufzeit und hohen Vorhersagegenauigkeit, beiträgt.

3.3.4 Erzielbare Verbesserungspotentiale

Die zuvor genannten und empfohlenen Konzepte ermöglichen verschiedene Verbesserungen in Bezug auf die angestrebte Verkürzung der Durchlaufzeit und Erhöhung der Vorhersagegenauigkeit bei Böhler Schmiedetechnik.

Die zentrale oder hybride Organisation der Materialbereitstellung mit fixen Transporteuren führt zu einer höheren Effizienz und damit zu kürzeren Transportzeiten sowie einer besseren Qualität in Bezug auf die Materialanlieferung und -abholung durch Know-how in der IT-Bedienung und der Kenntnis von Lager-, Anliefer- und Abholplätzen.

Die zentrale oder hybride Materialdisposition ermöglicht eine Prioritätensetzung der Aufträge während der Fertigung. Etwaige, zentral vorgegebene, Umreihungen ermöglichen die Einhaltung der Termintreue und die Vermeidung von Leerfahrten. Weiters unterstützen sie die Erreichung globaler Unternehmensziele.

Die Kenntnis des Lagerorts, unterstützt durch eine manuelle oder automatische Lokalisierung, verringert die Suchzeit und die Schwankungen der Transportzeiten. Dadurch ergeben sich eine kürzere Durchlaufzeit und eine höhere Planungsgenauigkeit. Dies führt in weiterer Folge zu einer höheren Termintreue. Die Vermeidung von Suchzeiten verringert den Bedarf an Transportmitteln und Personal. Das führt zu einer Einsparung von Kosten. Zur Sicherstellung einer hohen Auslastung der Leistungsstellen wird ein geringerer Vorrat an Rohstoffen und Zwischenprodukten als bisher benötigt. Denn durch lange, schwankende Suchzeiten kann es zu Materialengpässen an den Leistungsstellen kommen. Durch hohe Bestände werden solche Engpässe vermieden. Diese haben jedoch den Nachteil einer hohen Kapitalbindung und einer längeren Durchlaufzeit.

Derzeit werden die Gebinde in der Hammerfertigung und Pressenfertigung in Bodendlagern gelagert. Deswegen sind oft mehrere Aus- und Einlagerungsvorgänge notwendig um zum richtigen Gebinde zu gelangen. Bei Umstellung auf ein Hochregallager können die Gebinde direkt, ohne vorherige Umlagerung, erreicht werden. Diese Maßnahme führt zu einer Senkung der Transport- und Durchlaufzeit sowie zu geringerem Ressourcenverbrauch und damit zu geringeren Kosten. Jedoch verursacht ein Hochregal Investitionskosten.

3.4 Ergänzende Evaluierung mittels Experteninterviews

Bei den Expertengesprächen¹⁷³ wurde eine Bewertung und Erweiterung der verschiedenen Konzepte zu den Bereichen Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition, unterstützender Informationsfluss und Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung vorgenommen.

Ziel der Expertengespräche ist schwergewichtig die Bewertung der theoretischen Konzepte im Hinblick auf die Umsetzbarkeit. Zusätzlich wird den Experten auch die Möglichkeit geboten die theoretischen Konzepte explorativ zu erweitern. Letztendlich fließen die Ergebnisse der Experteninterviews in die finalen Handlungsempfehlungen mit ein.

¹⁷³ Ein Experte wird im Zuge dieser Diplomarbeit als eine Person mit langjähriger Erfahrung in den Bereichen innerbetriebliche Materialdisposition, innerbetriebliche Materialbereitstellung oder Lagerhaltung definiert.

An den Gesprächen haben der Betriebsleiter der TPH, die Betriebsleiter-Stellvertreter der TPP und TPE, die Lean-Manager sowie die Fertigungsfeinplaner der TPH und TPP teilgenommen. Die genauen Gesprächsprotokolle sowie der Interviewleitfaden sind als Anhang der Diplomarbeit beigefügt.

An alle Experten wurden 23 Fragen und 28 Unterfragen gestellt. Einige der Fragen waren offen zu beantworten. Anderen Fragen mussten entsprechend der Likert-Skala mit „stimme nicht zu“, „stimme eher nicht zu“, „weder noch“, „stimme eher zu“ oder „stimme voll zu“ beantwortet werden. Diese Antwortmöglichkeiten entsprechen den Werten 1 bis 5.

Nachfolgend wurden die Antworten der Experten ausgewertet und zusammengefasst. Die Liste der Fragen sowie die genauen Antworten sind im Anhang ersichtlich.

Die ersten drei Fragen lauten:

Frage 1: Inwieweit sollte Ihrer Meinung nach die innerbetriebliche Materialbelieferung der Arbeitsplätze selbstständig durchgeführt werden? (z.B. Verantwortungsbereich: vom eigenen Lager bis zum Lager des nächsten Arbeitsplatzes; mit eigener Ressourcenverantwortung).

Frage 2: Inwieweit sollen Mitarbeiter auf Betriebsebene fix zur Materialbelieferung eingeteilt sein? (beliefern alle Arbeitsplätze eines Betriebes; Vorgesetzter ist z.B. ein Meister).

Frage 3: Inwieweit sollen Mitarbeiter auf Unternehmensebene fix zur Materialbelieferung eingeteilt sein? (gesteuert aus / Vorgesetzter in der Zentrale).

Die Organisation des innerbetrieblichen Transportes auf Betriebsebene sehen 71% der befragten Experten als sinnvoll an. Jeder Betrieb soll dabei über fix eingeteilte Transporteure verfügen, die alle Arbeitsplätze des jeweiligen Betriebs mit Rohmaterial bzw. Zwischenprodukten versorgen.

Jeweils 14% der Experten sprechen sich für eine Organisation des innerbetrieblichen Transports auf Unternehmensebene und einem Mix aus Arbeitsplatzebene und Betriebsebene aus.

Das bedeutet, die Mehrzahl der Experten spricht sich für die hybride Variante der Aufbauorganisation der Materialdisposition aus. Vgl. dazu Abschnitt 3.3.1.

Frage 4: Welche Vorteile würde die von Ihnen gewählte Organisationsform mit sich bringen?

Als Vorteile der Organisation auf Betriebsebene wurden ein höherer Nutzungsgrad der manuellen Arbeitsplätze sowie der Einsatz von hochqualifizierten Mitarbeitern für diese Handarbeitsplätze und nicht für Transporttätigkeiten genannt. Weiters haben fixe Transporteure einen besseren Überblick über die Transportvorgänge, da sie sich ausschließlich damit beschäftigen. Außerdem wurden eine größere Flexibilität und Schnelligkeit als Vorteile genannt. Durch die Steuerung auf Betriebsebene, anstatt auf Unternehmensebene, kann jeder Betrieb eigenständig agieren. Da die jeweiligen Mitarbeiter die Abläufe in ihren Betrieben am besten kennen, werden die Tätigkeiten effizienter durchgeführt. Eine bessere Kontrolle der Mitarbeiter, da sie dem Betrieb zugeordnet sind, ist ein weiterer Vorteil. In einem fixen Team aus Fertigungs- und Transportmitarbeitern wird des Weiteren besser zusammengearbeitet.

Frage 5: Welche Nachteile und Risiken ergeben sich eventuell dadurch?

Bezüglich der Nachteile, der von den Experten bevorzugten Materialbereitstellung auf Betriebsebene, wurden der unterschiedliche Nutzungsgrad des fixen Transporteurs, abhängig von der jeweiligen Schicht genannt. Außerdem wurden eine geringere Flexibilität, einzelne Mitarbeiter als Wissensträger und der Bereitstellungsprozess als Engpass, wenn zu wenig fixe Transporteure eingeteilt sind, als Nachteil angesehen.

Somit kann zusammenfassend zu Frage 4 und 5 gesagt werden, dass es unterschiedliche Vor- und Nachteile der Organisation der Materialdisposition auf Betriebsebene gibt, aber die Vorteile größer sind als die dadurch verursachten Nachteile.

Frage 6: Inwieweit sollen die Gebinde (wenn möglich) direkt zum nächsten Arbeitsplatz oder zuerst zu einem Zwischenlager (bzw. zum Lagerplatz des nachfolgenden Arbeitsplatzes) transportiert werden?

Alle Experten sehen dies als sinnvoll an, jedoch sehen sie in der derzeitigen Situation keine Möglichkeit einen gleichen Takt für alle Arbeitsplätze einzuführen.

Die Fragen 7 und 8 erheben die Meinungen der Experten zur Ausführung der Materialbereitstellung als Bring- oder als Hol-System.

Frage 7: Inwieweit sollen die benötigten Zwischenprodukte vom Lagerplatz zum Arbeitsplatz gebracht werden (Bring-System)?

Frage 8: Inwieweit sollte sich der Arbeitsplatz die benötigten Zwischenprodukte aus dem Lager selbst holen (Hol-System)?

Die Transporte selbst sollen als Bring-System ausgeführt werden, sagen 71% der Experten. 29% sehen eine Mischform aus Bring- und Hol-System in Abhängigkeit vom Arbeitsplatz und der Nähe des Lagerortes bzw. Puffers zum Arbeitsplatz als beste Lösung an.

Die hybride Variante der Aufbauorganisation sollte mit dem präferierten Bring-System als Taxi-Versorgung ausgeführt werden. Vgl. dazu Abschnitt 3.3.1.

In den Fragen 9, 11 und 12 wird auf die Steuerung der Disposition eingegangen.

Frage 9: Inwieweit sollte Disposition der Nachschubaufträge ihrer Meinung nach zentral oder dezentral erfolgen?

- a) Zentral: Welche Vorteile würde der zentrale Nachschub mit sich bringen?
- b) Dezentral: Soll der Mitarbeiter einen Bedarf an einem Fertigungsauftrag melden und der Fertigungsauftrag zentral vorgegeben werden?
- c) Dezentral: Soll der Mitarbeiter disponieren welchen Fertigungsauftrag er benötigt?

Frage 11: Inwieweit sollten Ihrer Meinung nach die Transportaufträge automatisch (zentral für alle Arbeitsplätze) erstellt werden (z.B. x Minuten vor dem Sollfertigstellungszeitpunkt vom vorigen Auftrag)?

Frage 12: Inwieweit soll der nächste Auftrag vom Mitarbeiter vor Ort angefordert werden?

Bei diesen Varianten wurde auch der Einfluss auf die Durchlaufzeit und die Vorhersagegenauigkeit erhoben. Dieser Einfluss musste entsprechend der Likert Skala mit „stimme nicht zu“ bis „stimme voll zu“ beantwortet werden.

Eine zentrale, automatische Materialdisposition sieht keiner der Experten für umsetzbar an. Durch eine zentrale Disposition sehen die Experten weder eine Verbesserung noch eine Verschlechterung der Durchlaufzeit (Mittelwert 2,7 und Standardabweichung 1,9

nach der Likert-Skala) und der Vorhersagegenauigkeit (Mittelwert 2,5 und Standardabweichung 2). 71% der Befragten bevorzugen die hybride Lösung der Materialdisposition. Dabei soll der Fertigungsmitarbeiter einen Bedarf melden und in Kombination mit der Feinplanung des Fertigungsprogrammes wird das Material disponiert bzw. ein Transportauftrag erstellt. Die dezentrale Variante, bei der der Fertigungsmitarbeiter sowohl den Zeitpunkt, als auch den Fertigungsauftrag disponiert, wird von 29% der Experten bevorzugt. In der manuellen Anforderung des nächsten Auftrags sehen die Befragten eher eine Verbesserung der Durchlaufzeit (Mittelwert 3,7 und Standardabweichung 1,8), aber weder eine Verbesserung, noch eine Verschlechterung der Vorhersagegenauigkeit (Mittelwert 3,2 und Standardabweichung 2).

Das bedeutet, die Experten bevorzugen eine hybride Variante der Steuerung der Materialdisposition. Die hybride Materialdisposition ist im Abschnitt 3.3.1 beschrieben.

Frage 10: Welche Information benötigt ein Transporteur zur Ausführung der Materialbelieferung der Arbeitsplätze?

Als Informationen die ein Transporteur benötigt, um eine effiziente Ausführung der Materialbelieferung zu erreichen, wurden in den Gesprächen genannt: Was (Fertigungsauftrag und Materialnummer), wann, von wo wohin zu transportieren ist, ebenso wie die Priorität des Transportes, die Stück bzw. Gebindeanzahl des Auftrags und des Transportes, das Transportmittel sowie ein Bild des Produktes.

Die manuelle bzw. automatische Erfassung des Quell- bzw. Zielortes wird nachfolgend in weiteren Fragen behandelt.

Frage 13: Inwieweit sollen die Transportaufträge nach dem „First Come – First Serve“ – Prinzip abgearbeitet werden oder sollen andere Prioritätsregeln angewandt werden?

Die Transportaufträge sollen für 43% der befragten Experten nach dem FIFO-Prinzip abgearbeitet werden. 57% der Experten sehen eine Reihung nach Priorität oder Bedarfszeitpunkt als sinnvoller an.

Somit wird von der Mehrheit der Experten eine grundsätzliche Reihung der Transportaufträge nach dem FIFO-Prinzip mit der Möglichkeit Prioritäten zu vergeben als vernünftige Lösung angesehen.

Diese Reihung der Transportaufträge ist nur bei einer Materialbereitstellung durch einen fixen Transporteur von Bedeutung. Wird die Materialbereitstellung vom jeweiligen Arbeitsplatz selbst durchgeführt, ist eine Reihung durch ein IT-System nicht relevant (vgl. dazu Frage 1,2 und 3).

Frage 14: Inwieweit soll der Fertigungsmitarbeiter vor Ort eine Möglichkeit zur Umreihung der Aufträge haben um etwaige Rüstvorgänge zu vermeiden?

Die Experten sehen es grundsätzlich als notwendig an diese Möglichkeit zur Umreihung zu schaffen.

Dabei soll aber auch das jeweilige Aggregat berücksichtigt werden. D.h. aufgrund von Störungen an einer Maschine soll eine Umreihung möglich sein. Bei z.B. Handarbeitsplätzen ist das jedoch nicht notwendig.

Frage 15: Welche Kennzeichnung für Gebinde ist notwendig:

- a) RFID-Chip (Informationen digital gespeichert)
- b) Klarschrift: Fertigungsauftrag, Gesencknummer
- c) Klarschrift: (eindeutige) Gebindenummer
- d) eine Kombination der zuvor genannten Möglichkeiten

Alle Experten finden eine Gebindekennzeichnung in Klarschrift mit dem Fertigungsauftrag und der Gesencknummer für notwendig. Eine zusätzliche Kennzeichnung mit einem RFID-Tag wird ebenfalls befürwortet. Für 43% der Experten wäre eine eindeutige Gebindenummer in Klarschrift als Kennzeichnung ebenfalls eine umsetzbare Möglichkeit.

Somit wird von den Experten eine Erweiterung der derzeitigen Kennzeichnung (Fertigungsauftragsnummer und Gesencknummer in Klarschrift) mit einer digitalen Kennzeichnung (z.B. RFID) begrüßt.

Frage 16: Inwieweit sollen die Auftragsdaten dezentral, z.B. auf einem RFID-Tag der am Gebinde angebracht ist, gespeichert werden?

Dies wird grundsätzlich von 57% der Experten befürwortet. 43% der Experten sehen diese Maßnahme für nicht notwendig an bzw. sie sehen darin keinen Mehrwert.

Frage 17: Inwieweit soll über eine eindeutige Identifikationsnummer, z.B. Gebidenummer, Auftragsnummer, auf die zentral z.B. in SAP gespeicherten Fertigungsdaten zugegriffen werden?

Die Experten sind sich dabei uneins. Die Antworten reichen dabei von „nicht notwendig“ über „der Mehrwert ist fraglich“ bis zu „wäre sinnvoll“.

Hier sind sich die Experten uneins ob diese Maßnahme Verbesserungen bringt bzw. sich der Aufwand lohnt, welcher durch die Veränderung entstehen würde.

Mithilfe der Fragen 18 bis 21 wird der Einsatz von Ortungstechnologie, Zonenortung, Punktortung sowie manuelle und automatische Lagerplatzbuchung evaluiert. Dabei wurde auch der Einfluss auf die Durchlaufzeit und die Vorhersagegenauigkeit durch die jeweilige Art und Handhabung der Materialverfolgung erhoben. Dieser Einfluss musste auf einer Skala von „stimme nicht zu“ bis „stimme voll zu“ beantwortet werden.

Frage 18: Inwieweit ist zur Ermittlung des aktuellen Standorts der Gebinde der Einsatz von Ortungstechnologie sinnvoll?

Den Einsatz einer Ortungstechnologie zur Bestimmung des Lagerortes eines Fertigungsauftrags sehen alle Experten für sinnvoll an. Dabei soll jedoch das Kosten/Nutzen-Verhältnis berücksichtigt werden. Außerdem sehen sie darin eine Verbesserung der Durchlaufzeit und der Vorhersagegenauigkeit (Mittelwert je 4,5 und Standardabweichung 1,2). Das Kosten/Nutzen-Verhältnis wird eher nicht positiv gesehen (Mittelwert 1,8 bei einer Standardabweichung von 0,4).

Frage 19: Inwieweit ist es ausreichend den Bereich in dem sich ein Gebinde befindet zu kennen (z.B. Lagerzone)?

Frage 21: Sollte der genaue Standort eines Gebindes bekannt sein (Punktortung)?

Die Kenntnis der Lagerzone wird allgemein mit ausreichend bewertet (86% der Experten), eine Kenntnis des genauen Lagerplatzes wird von 67% der Experten befürwortet. 33% der Experten sehen dies als nicht notwendig an. Generell wird durch eine Punktortung eher eine Verbesserung der DLZ (Mittelwert je 4,2 und Standardabweichung

1) und der Vorhersagegenauigkeit (Mittelwert je 4 und Standardabweichung 1) gesehen. Aber auch die Kenntnis der Lagerzone wird als Verbesserung in Bezug auf die DLZ und Vorhersagegenauigkeit gesehen (Mittelwert 4,3 und Standardabweichung 1,6 bzw. Mittelwert 3,8 und Standardabweichung 1,8).

Frage 20: Ist eine manuelle Buchung der Lagerzone durch den Mitarbeiter ausreichend?

71% der Experten sagen, dass eine manuelle Buchung des Lagerplatzes durch den Transportmitarbeiter gegenüber einer automatischen Buchung ausreichend ist.

Zusammenfassend zu den Fragen 18 bis 21 kann gesagt werden, dass der Einsatz von Ortungstechnologie grundsätzlich als positiv gesehen wird. Je genauer diese erfolgt (Punktortung) und je automatisierter, desto besser, findet die Mehrzahl der Experten. Es soll dabei aber auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis geachtet werden. Es wird jedoch die manuelle Buchung der Lagerzone durch den Mitarbeiter auch als ausreichend bezeichnet.

Frage 22: Inwieweit sollte der Standort visualisiert werden als:

- a) Anzeige der Lagerzone am Tablet in Klarschrift?
- b) Anzeige der Koordinaten am Tablet in Klarschrift?
- c) als Punkt auf dem Grundrissplan des jeweiligen Betriebes?
- d) eine Kombination der vorhin erwähnten Möglichkeiten?

In Bezug auf die Visualisierung des Lagerortes eines Gebindes sprechen sich alle Befragten für die Anzeige des Lagerortes in Klarschrift aus. 71% der Experten sehen eine Erweiterung der Klarschrift mittels der Anzeige des Lagerortes auf dem Grundrissplan des jeweiligen Betriebes positiv.

Somit sehen die Experten eine Kombination der Möglichkeiten a und c als gute Lösung an.

Frage 23: Inwieweit sehen Sie durch die möglichen Änderungen eine Verbesserung der Durchlaufzeit oder eine Einsparung von Ressourcen?

Durch die vorgeschlagenen und besprochenen Konzepte in der Organisation, dem Informationsfluss und der Technologie sehen die Experten eine Reduzierung der Suchzeiten, einen geringeren Ressourcenbedarf an Mitarbeitern und Transportmitteln sowie einen besseren Nutzungsgrad der manuellen Arbeitsplätze, da die Fertigungsmitarbeiter, anstatt Fertigungsaufträge zu suchen, die Arbeitszeit produktiv nutzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die vorhin beschriebenen Änderungen Verbesserungen im Bereich der Ressourcen, der Durchlaufzeit und in weiterer Folge der Vorhersagegenauigkeit bringen.

3.5 Empfehlungen für Böhler Schmiedetechnik

Auf Basis der theoretischen Konzepte sowie der Bewertungen und Ergänzungen durch die Experten werden in diesem Abschnitt die Empfehlungen zur Gestaltung der Aufbauorganisation, der Materialdisposition, des Informationsflusses und der unterstützenden Technologien für Böhler Schmiedetechnik abgegeben.

3.5.1 Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition

Empfohlen wird eine hybride Variante der Aufbauorganisation der Materialbelieferung. Die Materialbelieferung soll auf Betriebsebene von fixen Transporteuren für alle Arbeitsplätze des jeweiligen Betriebes durchgeführt werden. Diese Variante ermöglicht eine größere Effizienz, einfachere Optimierungen in der Durchführung der Tätigkeiten und einen geringeren Schulungsaufwand durch die in Vollzeit mit der Materialbelieferung beschäftigten Mitarbeiter. Weiters führt es zu einer höheren Produktivität und einem höheren Nutzungsgrad der Handarbeitsplätze, da die Fertigungsmitarbeiter ausschließlich Produkte fertigen und keine Nebentätigkeiten wie Transporte durchführen müssen. Außerdem ermöglicht diese Organisationsform ein Bring-System, das als Taxiversorgung ausgeführt werden sollte. Vgl. dazu die Abschnitte 2.2.1 und 3.2.1.

Auch bei der Materialdisposition ist die hybride Form zu empfehlen, bei der die Mitarbeiter vor Ort den Bedarf melden (Pull-Prinzip) und zentral der nächste zu fertigende Auftrag dem Arbeitsplatz zugewiesen wird. Dadurch ist eine Prioritätensetzung möglich, um ein Optimum für die gesamte Produktion (im Einklang mit dem neuen APS-

System) zu erzielen. Lokale Optima werden so vermieden. Bei der hybriden Disposition wird außerdem das dezentral vorhandene Know-how in die Entscheidungen miteinbezogen und der Planungsaufwand ist geringer. Es sollte jedoch eine Möglichkeit vorhanden sein für den Fertigungsmitarbeiter bzw. deren Vorarbeiter einen vorgeplanten Auftrag vorzuziehen. Dies kann notwendig werden, wenn ein Auftrag, z.B. durch eine Maschinenstörung, in einem vorgelagerten Arbeitsgang festhängt. Eine andere Möglichkeit mit diesem Problem umzugehen ist eine Anpassung des Planungsprogrammes in Echtzeit. Siehe die Abschnitte 2.2.2 und 3.2.1.

3.5.2 Informationsfluss der Materialdisposition

Der an den Transporteur erteilte Transportauftrag soll den zu befördernden Fertigungsauftrag und die Materialnummer, den Bedarfszeitpunkt, Quelle und Ziel ebenso wie die Priorität des Transportes, die Stück bzw. Gebindeanzahl des Auftrags und des Transportes sowie ein Bild des Produktes als Informationen enthalten.

Die Transportaufträge sollen nach dem FIFO-Prinzip kombiniert mit einer Priorität abgearbeitet werden. Vgl. die Abschnitte 2.3 und 3.3.2.

3.5.3 Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung

Die Gebindekennzeichnung in Klarschrift mit dem Fertigungsauftrag und der Gesenknnummer kann zusätzlich mit einem RFID-Tag kombiniert werden. Dieser Transponder sollte auch für die Lagerhaltung bzw. Positionsbestimmung der Fertigungsaufträge sowie zu dezentraler Speicherung einiger Daten (z.B. nächster Arbeitsgang und Ausschuss) verwendet werden.

Als erster Schritt soll die Stapler-App von allen Transporteuren verwendet werden und die Buchungen manuell erfolgen. In weiterer Folge, bei einem guten Kosten/Nutzen-Verhältnis ist eine Ergänzung durch eine automatische Positionserkennung und Buchung empfehlenswert. Siehe die Abschnitte 2.4 und 3.3.3.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Verbesserung der innerbetrieblichen Materialdisposition gliedert sich in drei Ebenen. Die erste Ebene beinhaltet die Planung, Steuerung und Organisation der innerbetrieblichen Materialdisposition. Die zweite und dritte Ebene befassen sich mit den unterstützenden Informationsflüssen und den Technologien zur Identifikation und Verfolgung von Material.

Die Realisierung der Ziele „kurze Durchlaufzeit“, „niedrige Bestände“ und „hohe Termintreue“ können durch eine Optimierung der Steuerung und Organisation der Materialdisposition erreicht werden. Durch die Vermeidung von Transport- und Lagervorgängen sowie von Suchzeiten wird die Durchlaufzeit gesenkt und Schwankungen in der Durchlaufzeit reduziert. Dadurch steigt die Vorhersagegenauigkeit (siehe Kapitel 2).

Die Steuerung kann in die Grundformen zentral und dezentral gegliedert werden. Weiters existiert eine hybride Form als Mischung der beiden zuvor Genannten (vgl. dazu Kapitel 2).

Die Logistik und Materialwirtschaft können in die verschiedenen Ausführungen der Aufbauorganisation von Industrieunternehmen entweder zentral, als eigenständige Abteilung, oder dezentral, z.B. als Teil der Produktion, eingegliedert werden (siehe Abschnitt 2.2.1). Die Materialbreitstellung kann dabei grundsätzlich als Bring- oder Hol-Prinzip organisiert werden. Es gibt verschiedene Bereitstellungsstrategien z.B. KANBAN oder Just-in-Time.

Die Produktionssteuerung und Materialdisposition kann zentral nach dem Push-Prinzip oder dezentral nach dem Pull-Prinzip erfolgen. Verfahren der Push-Steuerung sind Just-in-Time, MRP, BOA, FIFO-Steuerung, Fortschrittszahlen und Fließfertigung. Steuerungsverfahren nach dem Pull-Prinzip sind KANBAN, CONWIP, Go-See Pull und die Taxiver-sorgung. Die POLCA-Steuerung ist ein hybrides Verfahren. Eine genaue Beschreibung der verschiedenen Verfahren erfolgt im Abschnitt 2.1.

Die Informationsflüsse, als zweite Ebene zur Verbesserung der Materialdisposition, können ge- oder entkoppelt vom Materialfluss sein. Begleitinformationen zu Gütern enthalten Angaben zur Identifikation, zum Absender bzw. zur Quelle, zum Ziel und zur Steuerung (vgl. Abschnitt 2.3: Informationsfluss der Materialdisposition).

Die dritte Ebene der Verbesserung der innerbetrieblichen Materialdisposition befasst sich mit der Lokalisierung und Identifikation von Gütern. Ortungs- und Identifikationstechnologien ermöglichen die Erfüllung dieser Aufgaben (siehe Abschnitt 2.4).

Für Böhler Schmiedetechnik sind die Suchzeiten in den Lägern eine große Herausforderung. Diese Suchzeiten variieren je nach Betrieb, Lager und Stellplatz des Gebindes und führen deswegen zu schwankenden, nicht planbaren Transportzeiten. In weiterer Folge leidet neben der Durchlaufzeit darunter auch die Vorhersagegenauigkeit.

Weiters gibt es keine einheitliche Aufbauorganisation für den innerbetrieblichen Transport in den drei Betrieben. Vergleiche dazu Abschnitt 3.1.

Zur Verbesserung der Durchlaufzeit und der Vorhersagegenauigkeit wird in der ersten Ebene des Konzeptes zur Verbesserung der innerbetrieblichen Materialdisposition eine hybride Variante der Aufbauorganisation der Materialbereitstellung empfohlen. Die Materialbelieferung soll auf Betriebsebene von fixen Transporteuren mittels Bring-System für alle Arbeitsplätze des jeweiligen Betriebes durchgeführt werden. Diese Variante wurde sowohl durch die Literatur als auch die Experteninterviews gestützt.

Auch bei der Materialdisposition ist die hybride Form zu empfehlen, bei der die Mitarbeiter vor Ort den Bedarf melden (Pull-Prinzip) und zentral der nächste zu fertigende Auftrag dem Arbeitsplatz zugewiesen wird. Auch die interviewten Experten empfahlen diese Variante.

In der Ebene Informationsfluss soll der an den Transporteur erteilte Transportauftrag verschiedene Informationen, z.B. Auftragsnummer sowie Quelle und Ziel enthalten. Die Transportaufträge sollen nach dem FIFO-Prinzip kombiniert mit einer Priorität abgearbeitet werden.

In der dritten Ebene der Technologien zur Materialidentifikation und -verfolgung wird die Gebindekennzeichnung in Klarschrift mit dem Fertigungsauftrag und der Gesenknnummer empfohlen. Zusätzlich kann diese mit einem RFID-Tag kombiniert werden. Dieser Transponder sollte auch für die Lagerhaltung der Fertigungsaufträge sowie zur dezentralen Speicherung einiger Daten verwendet werden.

Als erster Schritt soll die Stapler-App von allen Transporteuren verwendet werden und die Buchungen manuell erfolgen. In weiterer Folge ist eine Ergänzung durch eine automatische Positionserkennung und Buchung empfehlenswert.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der vorhin beschriebenen Ebenen der Materialdisposition sind im Abschnitt 3.5 detailliert dargestellt.

Weiterer Handlungsbedarf, in Bezug auf die Forschung im Bereich der innerbetrieblichen Materialdisposition, ergibt sich bei der Gestaltung von Konzepten und der Erstellung konkreter Handlungsmaßnahmen zur Verbesserung von Durchlaufzeit und Vorhersagegenauigkeit bei anderen Fertigungsorganisationen, z.B. in der Gruppenfertigung.

In der Praxis sollte nach der Umsetzung der zuvor beschriebenen Maßnahmen eine Evaluierung bezüglich der erreichten Ressourceneinsparungen und Durchlaufzeitreduktionen erfolgen.

Literaturverzeichnis

- Arnold, D.; Furmans, K. (2009): Materialfluss in Logistiksystemen. Heidelberg Dordrecht London New York: Springer. ISBN 978-3-642-01405-5.
- Baginski, R. (2006): Dezentrale Informationstechnologien für Flurförderzeuge und Ladungsträger zur Optimierung der Intralogistik. In: Arnold, D. (Hrsg.): Intralogistik: Potentiale, Perspektiven, Prognosen. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-29657-7.
- Bichler, K. et al. (2010): Beschaffungs- und Lagerwirtschaft. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-1974-8.
- Bleher, N. (2014): Produktionssysteme erfolgreich einführen. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-05275-1.
- Bleicher, K. (1980): Kompetenz. In: Grochla, E. (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation. Stuttgart: Poeschel. ISBN 978-3-7910-8016-1.
- Bousonville, T. (2017): Logistik 4.0: Die digitale Transformation der Wertschöpfungskette. Wiesbaden: Springer Fachmedien. ISBN 978-3-658-13013-8.
- Dickmann, P. (2015a): Dezentrale und schlanke Strukturen - Gemba Orientierung. In: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-44869-4.
- Dickmann, P. (2015b): Die Kanban-Steuerung. In: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-44869-4.
- Dickmann, P. (2015c): Materialtransporte - Taxi versus Train. In: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-44869-4.
- Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): Gestaltungsprinzipirn Ganzheitlicher Produktionssysteme. In: Dombrowski, U.; Mielke (Hrsg.): Ganzheitliche Produktionssysteme: Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-46164-8.

- Durchholz, J.; Boppert (2013a): Bausteinbibliothek: Wertstromdesign für die Logistik. In: Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J. (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-642-38272-7.
- Durchholz, J.; Boppert (2013b): Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer. In: Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J. (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-642-38272-7.
- Fandel, G. et al. (2009): Produktionsmanagement. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-37217-2.
- Fandel, G. et al. (2011): Produktionsmanagement. Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-14591-9.
- Ganschar, O. et al. (2013): Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag. ISBN 3-8396-0570-9.
- Gansemer, S. et al. (2009): Positionsbestimmung mittels Funktechnologien: Vergleich von Verfahren und Technologien mit exemplarischer Demonstration, URL: https://www.fh-dortmund.de/de/fb/4/forschung/schwerpunkte/mbms/medien/2009_WT.pdf (Zugriff: 09.08.2017).
- Geiger, W. (1991): Computergestützte Produktionsplanung und -steuerung im Mittelstand. Bayreuth.
- Gorecki, P.; Pautsch, P. (2013): Praxisbuch Lean Management: Der Weg zur operativen Excellence. München: Hanser. ISBN 978-3-446-43274-1.
- Grabowski, H. (1991): Informationslogistik: Rechnerunterstützte unternehmensübergreifende Kooperation. Stuttgart: Teubner. ISBN 3-519-06384-0.
- Gudehus, T. (2004): Logistik: Grundlagen, Strategie, Anwendungen. Berlin Heidelberg New York: Springer. ISBN 978-3-540-24113-3.
- Günther, O. et al. (2008): RFID in Manufacturing. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-76454-0.
- Hackstein, R. (1989): Produktionsplanung und -steuerung (PPS): Ein Handbuch für die Betriebspraxis. Düsseldorf: VDI Verlag. ISBN 3-18-400924-6.

- Hager, P. (2008): Kriterien zur Systemauswahl. In: Bartneck, N.; Klaas, V.; Schönherr, H. (Hrsg.): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID: Grundlagen, Problemlösungen und Anwendungsbeispiele. Erlangen: Publicis KommunikationsAgentur GmbH. ISBN 978-3-89578-319-7.
- Hausladen, I. (2014): It-gestützte Logistik: Systeme - Prozesse - Anwendungen. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-8349-4665-2.
- Heiserich, O.-E. et al. (2011): Logistik: Eine praxisorientierte Einführung. 4. Aufl., Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-1852-9.
- Hompel, M. ten et al. (2008): Identifikationssysteme und Automatisierung. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-75881-5.
- Jodlbauer, H. (2008): Produktionsoptimierung: Wertschaffende sowie kundenorientierte Planung und Steuerung. Wien New York: Springer. ISBN 978-3-211-78140-1.
- Jünemann, R.; Beyer, A. (1998): Steuerung von Materialfluß- und Logistiksystemen: Informations- und Steuerungssysteme, Automatisierungstechnik. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-642-72225-7.
- Kersten, W. et al. (2014): Industrie 4.0: Auswirkungen auf das Supply Chain Risikomanagement. In: Kersten, W.; Lödding, H.; Koller, H. (Hrsg.): Industrie 4.0: Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. Berlin: Gito. ISBN 978-3-95545-083-0.
- Kersten, W. et al. (2017): Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management: Chancen der digitalen Transformation, URL: https://logistik-trends.bvl.de/system/files/t16/2017/Trends_und_Strategien_in_Logistik_und_Supply_Chain_Management_-_Chancen_der_digitalen_Transformation_-_Kersten_von_See_Hackius_Maurer_2017.pdf (Zugriff: 23.10.2017).
- Krämer, K. (2002): Automatisierung in Materialfluss und Logistik: Ebenen, Informationslogistik, Identifikationssysteme, intelligente Geräte. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag. ISBN 978-3-322-81221-6.
- Lödding, H. (2008): Verfahren der Fertigungssteuerung. Berlin Heidelberg New York: Springer. ISBN 978-3-540-76860-9.
- Martin, H. (2006): Transport- und Lagerlogistik. Wiesbaden: Vieweg. ISBN 978-3-8348-0168-5.

- Nebel, T. (2011): Produktionswirtschaft. München: Oldenbourg. ISBN 978-3-486-59669-4.
- Oeldorf, G.; Olfert, K. (2003): Materialwirtschaft. Ludwigshafen: Kiehl. ISBN 3-470-54141-8.
- Pawellek, G. (2007): Produktionslogistik: Planung - Steuerung - Controlling. München: Hanser. ISBN 978-3-446-41057-2.
- Rücker, T. (2006): Optimale Materialflusssteuerung in heterogenen Produktionssystemen. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8350-0536-5.
- Scholz-Reiter, B.; Höhns, H. (2006): Selbststeuerung logistischer Prozesse mit Agentensystemen. In: Schuh, G. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin Heidelberg New York: Springer. ISBN 978-3-540-40306-7.
- Schuh, G.; Gierth, A. (2006): Gestaltung der Produktionsplanung und -steuerung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin Heidelberg New York: Springer. ISBN 978-3-540-40306-7.
- Schuh, G.; Svend, L. (2006): Funktionen. In: Schuh, G. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin Heidelberg New York: Springer. ISBN 978-3-540-40306-7.
- Sihn, W. et al. (2016): Produktion und Qualität: Organisation, Management, Prozesse. München: Hanser. ISBN 978-3-446-44735-6.
- Sprenger, C.; Wecker, F. (2006): RFID - Leitfaden für die Logistik: Anwendungsgebiete, Einsatzmöglichkeiten, Integration, Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-9188-1.
- Teker, U. (2005): Realisierung und Evaluation eines Indoor-Lokalisierungssystems mittel WLAN, URL: http://www.sfbtr8.spatial-cognition.de/project/r1/theses/diplomarbeit_ugur_teker.pdf (Zugriff: 09.08.2017).
- Weinländer, M. (2008): Fertigungssteuerung. In: Bartneck, N.; Klaas, V.; Schönherr, H. (Hrsg.): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID: Grundlagen, Problemlösungen und Anwendungsbeispiele. Erlangen: Publicis KommunikationsAgentur GmbH. ISBN 978-3-89578-319-7.
- Westkämper, E. (2006): Einführung in die Organisation der Produktion. Berlin Heidelberg New York: Springer. ISBN 978-3-540-26039-4.

- Westphal, J. R. (2001): Komplexitätsmanagement in der Produktionslogistik: Ein Ansatz zur flussorientierten Gestaltung und Lenkung heterogener Produktionssysteme. Wiesbaden: Springer Fachmedien. ISBN 978-3-663-08644-4.
- Wiendahl, H.-P. (1983): Betriebsorganisation für Ingenieure. München Wien: Hanser. ISBN 3-446-13826-9.
- Winter, R. et al. (2008): Das St. Galler Konzept der Informationslogistik. In: Dinter, B.; Winter, R. (Hrsg.): Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-77578-2.
- Zibell, R. M. (1989): Die Just-in-Time-Philosophie: Grundzüge und Wirtschaftlichkeit. Berlin: TU Berlin. ISBN Diss.
- Zsifkovits, H. E. (2013): Logistik. Konstanz: UVK. ISBN 978-3-8252-3673-1.
- Zühlke, K. (2014): Indoor-Ortung mit Beacons: Winzling als Revolutionär. URL: <http://www.elektroniknet.de/markt-technik/distribution/indoor-ortung-mit-beacons-114256.html> (Zugriff: 27.05.2017).

Anhang

Fragen der Expertengespräche

1. Inwieweit sollte Ihrer Meinung nach die innerbetriebliche Materialbelieferung der Arbeitsplätze selbstständig durchgeführt werden? (z.B. Verantwortungsbe-
reich: vom eigenen Lager bis zum Lager des nächsten Arbeitsplatzes; mit eige-
ner Ressourcenverantwortung)
2. Inwieweit sollen Mitarbeiter auf Betriebsebene fix zur Materialbelieferung ein-
geteilt sein? (beliefern alle Arbeitsplätze eines Betriebes; Vorgesetzter ist z.B.
ein Meister)
3. Inwieweit sollen Mitarbeiter auf Unternehmensebene fix zur Materialbeliefe-
rung eingeteilt sein? (gesteuert aus / Vorgesetzter in der Zentrale)
4. Welche Vorteile würde die von Ihnen gewählte Organisationsform mit sich
bringen?
5. Welche Nachteile und Risiken ergeben sich eventuell dadurch?
6. Inwieweit sollen die Gebinde (wenn möglich) direkt zum nächsten Arbeitsplatz
oder zuerst zu einem Zwischenlager (bzw. zum Lagerplatz des nachfolgenden
Arbeitsplatzes) transportiert werden?
7. Inwieweit sollen die benötigten Zwischenprodukte vom Lagerplatz zum Ar-
beitsplatz gebracht werden (Bring-System)?
8. Inwieweit sollte sich der Arbeitsplatz die benötigten Zwischenprodukte aus
dem Lager selbst holen (Hol-System)?
9. Inwieweit sollte Disposition der Nachschubaufträge ihrer Meinung nach zentral
oder dezentral erfolgen?
 - a. Zentral: Welche Vorteile würde der zentrale Nachschub mit sich brin-
gen?
 - b. Dezentral: Soll der Mitarbeiter einen Bedarf an einem Fertigungsauftrag
melden und der Fertigungsauftrag zentral vorgegeben werden?
 - c. Dezentral: Soll der Mitarbeiter disponieren welchen Fertigungsauftrag er
benötigt?
10. Welche Information benötigt ein Transporteur zur Ausführung der Materialbe-
lieferung der Arbeitsplätze?

11. Inwieweit sollten Ihrer Meinung nach die Transportaufträge automatisch (zentral für alle Arbeitsplätze) erstellt werden (z.B. x Minuten vor dem Sollfertigstellungszeitpunkt vom vorigen Auftrag)?
 - a. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Durchlaufzeit (DLZ)?
 - b. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
12. Inwieweit soll der nächste Auftrag vom Mitarbeiter vor Ort angefordert werden?
 - a. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der DLZ?
 - b. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
13. Inwieweit sollen die Transportaufträge nach dem „First Come – First Serve“ – Prinzip abgearbeitet werden oder sollen andere Prioritätsregeln angewandt werden?
 - a. Welche Prioritätsregel würden Sie empfehlen?
 - b. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der DLZ?
 - c. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
14. Inwieweit soll der Fertigungsmitarbeiter vor Ort eine Möglichkeit zur Umreihung der Aufträge haben um etwaige Rüstvorgänge zu vermeiden?
 - a. Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung oder Verschlechterung der Termintreue?
15. Welche Kennzeichnung für Gebinde ist notwendig:
 - a. RFID-Chip (Informationen digital gespeichert)
 - b. Klarschrift: Fertigungsauftrag, Gesenknnummer
 - c. Klarschrift: (eindeutige) Gebindenummer
 - d. eine Kombination der zuvor genannten Möglichkeiten
16. Inwieweit sollen die Auftragsdaten dezentral, z.B. auf einem RFID-Tag der am Gebinde angebracht ist, gespeichert werden?
17. Inwieweit soll über eine eindeutige Identifikationsnummer, z.B. Gebindenummer, Auftragsnummer, auf die zentral z.B. in SAP gespeicherten Fertigungsdaten zugegriffen werden?

18. Inwieweit ist zur Ermittlung des aktuellen Standorts der Gebinde der Einsatz von Ortungstechnologie sinnvoll?
- Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der DLZ?
 - Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
 - Wie schätzen Sie das Kosten/Nutzen Verhältnis ein?
19. Inwieweit ist es ausreichend den Bereich in dem sich ein Gebinde befindet zu kennen (z.B. Lagerzone)?
- Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der DLZ?
 - Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
20. Ist eine manuelle Buchung der Lagerzone durch den Mitarbeiter ausreichend?
- Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der DLZ?
 - Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
21. Sollte der genaue Standort eines Gebindes bekannt sein (Punktortung)?
- Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der DLZ?
 - Inwieweit sehen Sie dadurch eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit?
22. Inwieweit sollte der Standort visualisiert werden als:
- Anzeige der Lagerzone am Tablet in Klarschrift?
 - Anzeige der Koordinaten am Tablet in Klarschrift?
 - als Punkt auf dem Grundrissplan des jeweiligen Betriebes?
 - eine Kombination der vorhin erwähnten Möglichkeiten?
23. Inwieweit sehen Sie durch die möglichen Änderungen eine Verbesserung der Durchlaufzeit oder eine Einsparung von Ressourcen?

Protokolle der Experteninterviews

| Expertengespräch 1 | |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 9.10.2017 um 10 Uhr |
| Interviewter | M. P. |
| Funktion | Betriebsleiter-Stellvertreter TPE |
| Frage | Antwort |
| 1 | Nein. |
| 2 | Nein. |
| 3 | Eine eigene Abteilung sollte für Transporte verantwortlich sein. Der Abteilungsleiter ist verantwortlich für alle drei Betriebe und muss das Personal führen bzw. einteilen. |
| 4 | Vorteile sind mehrere Staplerfahrer, die je nach Qualifikation für verschiedene Aufgaben eingesetzt werden können. Effizienzerhebungen können durchgeführt werden. Diese sind derzeit aus Zeitmangel im Betrieb nicht möglich. Verantwortlichkeit auch für Wartung, etc. der Stapler. |
| 5 | Kein direktes Weisungsrecht der Betriebe in Bezug auf den Staplerfahrer. Dafür ist eine gute Koordination bzw. Kommunikation zwischen Transportabteilungsleiter und Betrieb notwendig. |
| 6 | Derzeit nicht direkt möglich, da Überlastung der Arbeitsplätze mit Materialien. In Zukunft soll es direkt erfolgen. |
| 7 | Ist bei einem zentralen Lager notwendig. |
| 8 | Nur sinnvoll wenn das Gebinde in Arbeitsplatznähe gelagert wird. Ist abhängig von Menge und Ort der Lagerung. In der Praxis wahrscheinlich eine Mischform aus Bring- und Hol-System. |
| 9 | Derzeit vom Mitarbeiter, in Zukunft soll ein zentraler Planer bzw. das IT-System den nächsten Auftrag vorgeben. Es ist aber nicht immer möglich nach den Systemvorgaben zu arbeiten. D.h. der Mitarbeiter muss umrheilen können, da zu viele Restriktionen in der Fertigung vorhanden sind. Dafür ist zu wenig automatisiert. |
| 9a | - |
| 9b | - |
| 9c | - |
| 10 | Gesenknummer, Fertigungsauftragsnummer, Stück bzw. Gebindeanzahl pro Auftrag, die zu liefernden Stück bzw. Gebinde (Fertigungsmitarbeiter fordert nächstes Gebinde desselben Auftrags an). |
| 11 | Ist derzeit nicht möglich. |
| 11a | Stimme nicht zu (derzeit). |
| 11b | Stimme nicht zu. |
| 12 | - |
| 12a | Stimme eher zu. |
| 12b | Stimme nicht zu. |

Tabelle 2: Protokoll Expertengespräch 1

| Frage | Antwort |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | FIFO ist am besten, eventuell eine Umreihung, wenn viele Transporte auszuführen sind; Aufwand/Nutzen ist fraglich. |
| 13a | FIFO. |
| 13b | Stimme nicht zu. |
| 13c | Stimme voll zu. |
| 14 | Stimme voll zu. |
| 15a | Ja. |
| 15b | Ja. |
| 15c | Nein. |
| 15d | RFID und Klarschrift. |
| 16 | Speicherung auf RFID Tag ist sinnvoll (neueste Informationen) z.B. Ausschuss, Arbeitsplatzreihenfolge, Abweichungen |
| 17 | Wäre auch ok. |
| 18 | Ist sinnvoll, aber z.B. GPS ist nicht möglich, WLAN funktioniert nicht 100 prozentig, kein System, sondern die Buchung auf den Lagerplatz oder automatisch über RFID. |
| 18a | Stimme voll zu. |
| 18b | Stimme voll zu. |
| 18c | Stimme eher nicht zu. |
| 19 | Reicht aus, aber je genauer desto besser, Kosten/Nutzen Verhältnis. |
| 19a | Stimme voll zu. |
| 19b | Stimme voll zu. |
| 20 | Ist vom Mitarbeiter abhängig. Am besten wäre eine automatisierte Lösung ohne Mitarbeiterbeteiligung. Kosten/Nutzen ist fraglich. |
| 20a | Hat Verbesserungen gegeben. |
| 20b | Hat Verbesserungen gegeben. |
| 21 | Bringt nichts, wegen schlechter Netzabdeckung. Ortung des Staplers und dadurch Produktortung ist günstiger als reine RFID-Lösung mit Gates. Netzabdeckung ist notwendig. Verlässlichkeit muss gegeben sein. Automatische Punktortung wäre besser als Zonenortung. |
| 21a | Stimme voll zu. |
| 21b | Stimme voll zu. |
| 22a | Klarschrift würde reichen. |
| 22b | Nicht gut. |
| 22c | Grundriss mit Punkt wäre eine gute Erweiterung in Richtung Industrie 4.0. Dann wäre in weiterer Folge auch die (zentrale) Vorgabe des optimalen Weges möglich. Wäre eine Maßnahme um Transportzeit zu sparen. |
| 22d | 22a und 22c. |
| 23 | Nicht signifikant. Das Kosten/Nutzen Verhältnis muss gegeben sein. |

Fortsetzung Tabelle 2: Protokoll Expertengespräch 1

| Expertengespräch 2 | |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 11.10.2017 um 7:30 Uhr |
| Interviewter | P. W. |
| Funktion | Lean Manager |
| Frage | Antwort |
| 1 | Nein. |
| 2 | Ich bin für ein Pull Prinzip. Der Mitarbeiter soll sich auf die Wertschöpfung konzentrieren. Staplerfahrer sollen Software-unterstützt die Materialbelieferung durchführen. Der Staplerfahrer soll im Schichtrad mit den anderen Mitarbeitern sein und einem Schichtmeister zugeordnet sein. Der Staplerfahrer soll alle Arbeitsplätze beliefern. Eigene Abteilung für Transport. |
| 3 | Nein. |
| 4 | Besserer Teamgeist und bessere Zusammenarbeit. |
| 5 | Zu wenige Staplerfahrer können zu Spannungen führen bei Materialbereitstellung und -entsorgung bzw. kann ein neues System dadurch scheitern. Nach einer Einführungsphase soll optimiert werden. Durch Pull-Prinzip konzentriert sich der Mitarbeiter auf seine wertschöpfende Tätigkeit. |
| 6 | Wenn möglich direkter Transport als Fluss. Aber keine Lagerung bei nächstem Arbeitsplatz, nur als Puffer, da Platzmangel. |
| 7 | Primär auf Bring-System setzen. |
| 8 | In der Einführungsphase, um Leerläufe zu vermeiden soll auch der Fertigungsmitarbeiter Lagerplatzortung und Buchung vornehmen können. |
| 9 | Es gibt viele manuelle Arbeiten, deswegen müssen in der Software Freiheiten möglich sein. |
| 9a | Nein, da zu wenig automatisiert ist. |
| 9b | Ja, da die Mitarbeiter keine zentrale Sicht haben. Möglicherweise macht auch eine Produktionspause bei Nicht-Engpass Aggregaten Sinn. Eine Mischung zentral-dezentral soll angedacht werden. Aufträge sollen der Schicht bzw. dem Mitarbeiter zu geplant werden. Innerhalb dieser Aufträge soll der Mitarbeiter entscheiden. Transparenz bei Soll-Ist ist wichtig. Dies ist eine Möglichkeit den Mitarbeiter zu pushen. Der Mitarbeiter hat die Entscheidung innerhalb des Vorplanes. Dieser soll von einer Software erstellt werden. |
| 9c | Nein. |
| 10 | Die Position des Gebindes; ein Auftrag mit Priorität (vom System definiert) soll beim Transporteur aufpoppen (am Tablet) und Transporteur kann den Auftrag übernehmen. Dadurch wird der Auftrag aus der Liste entfernt, damit nicht zwei Staplerfahrer den gleichen Auftrag ausführen. |
| 11 | Nur bei ausreichender Automatisierung, sonst nicht. Software-Unterstützung ist wichtig. Ist bei manuellen Tätigkeiten nicht möglich. |
| 11a | Stimme voll zu. |
| 11b | Stimme voll zu. |
| 12 | Vom Mitarbeiter soll der Auftrag erstellt werden. |
| 12a | Stimme voll zu. |
| 12b | Stimme voll zu. |

Tabelle 3: Protokoll Expertengespräch 2

| Frage | Antwort |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | Bei Einführung soll die FIFO-Regel angewandt werden. Verbesserungspotential ist durch eine Kombination von mehreren Prioritätsregeln gegeben. Die höhere Priorität sticht die andere Regel. Eine Regel ist in einem komplexen System zu wenig. |
| 13a | Zuerst FIFO (Standard), danach eine Kombination, höhere Priorität sticht. |
| 13b | Stimme voll zu. |
| 13c | |
| 14 | Ja. Das System soll den Fahrplan vorgeben, aber der Mitarbeiter soll das System übersteuern können. Diese Entscheidung muss in Echtzeit bei anderen Fahrplänen berücksichtigt werden. Der Mitarbeiter weiß selbst am besten wie er arbeiten soll. |
| 14a | Stimme voll zu. |
| 15a | - |
| 15b | - |
| 15c | - |
| 15d | Ja: Klarschrift mit eventuell RFID. |
| 16 | Nein, ist nicht notwendig. |
| 17 | Ja, dadurch sind Auswertungen im System möglich z.B. wertschöpfende Zeit, nicht wertschöpfende Zeit. |
| 18 | Sinnvoll, ist aber eine Kostenfrage. |
| 18a | Stimme voll zu. |
| 18b | Stimme eher nicht zu. |
| 18c | Stimme nicht zu. |
| 19 | Bei der Einführung wäre es ok. Das Lagerkonzept soll den Mitarbeitern vorgestellt werden und die Mitarbeiter sollen dann eingebunden werden und ein System entwickeln. Es soll neutrale Zonen und den Maschinen zugeordnete Vorlager geben. |
| 19a | Stimme voll zu. |
| 19b | Weder noch. |
| 20 | Zonen sollen als Barcode gekennzeichnet sein. Der Stapler soll mit einem Barcodescanner bestückt sein. Der Mitarbeiter scannt den Barcode. Prozesssicherheit ist dadurch gegeben und Buchungsfehler sind minimiert. Die Möglichkeit zur manuellen Eingabe soll als Dropdown oder mittels Hallen-Layout gegeben sein. |
| 20a | - |
| 20b | - |
| 21 | Im Grunde gut, aber ist fraglich ob es notwendig ist. |
| 21a | Weder noch. |
| 21b | Weder noch. |
| 22a | Ja. |
| 22b | Nein. |
| 22c | Ja, als Feature. |
| 22d | Ja, 22a und 22c. |

Fortsetzung Tabelle 3: Protokoll Expertengespräch 2

| Frage | Antwort |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23 | <p>Ja. Bezüglich Durchlaufzeit. Der Mitarbeiter kann sich auf Wertschöpfung konzentrieren. Die Nebentätigkeiten von Transport und Lagerung kann ein Anderer durchführen.</p> <p>Auch Ressourceneinsparung, da nicht jeder Bereich einen eigenen Stapler benötigt, sondern jeder Betrieb eine gewisse Anzahl Stapler hat. Umlaufbestände werden dadurch nicht gesenkt, das ist eher ein Bereich des Planungssystems.</p> |

Fortsetzung Tabelle 3: Protokoll Expertengespräch 2

| Expertengespräch 3 | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 11.10.2017 um 11 Uhr |
| Interviewter | A. B. |
| Funktion | Betriebsleiter TPH |
| Frage | Antwort |
| 1 | Nein. |
| 2 | Aufsplittung in andere Abteilungen wird schwieriger. Mitarbeiter sollen Material nicht suchen müssen. Feinsteuerer soll für Transport zuständig sein. |
| 3 | Nein. |
| 4 | Wenn ein Mitarbeiter auf Betriebsebene steuert hat er den Überblick über was, wo, wann zu liefern ist und kann Prioritäten setzen. |
| 5 | Nachteil, dass ein Mitarbeiter das Wissen hat. Ist ein Problem bei Krankheit bzw. Urlaub. |
| 6 | Direkte Lieferung ist sinnvoll um Liegezeiten und Wege zu verkürzen. Zwischenlager ist nur gut, wenn es nicht anders möglich ist. |
| 7 | Bring-System. |
| 8 | Nein. |
| 9 | - |
| 9a | Der Stapler soll den Auftrag automatisch erhalten, allerdings kann der Zeitpunkt nicht geplant werden. Dafür ist Kommunikation nötig. |
| 9b | Ich bin fertig, bring mir den nächsten Auftrag. Oder 30 min davor → bring mir in 30 min den nächsten Auftrag. |
| 9c | Der Mitarbeiter soll nicht immer entscheiden, was das nächste Produkt ist. Ist aber von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz abhängig. Mitarbeiter sollen sich nicht die schöneren Arbeiten aussuchen. |
| 10 | Fertigungsauftrag (Materialnummer, FA-Nummer), wo steht das Material (Standort), Ziel. |
| 11 | System soll nicht selbstständig arbeiten (sind noch nicht soweit, dass das funktioniert). Der Feinsteuerer weiß wieviel Puffer im Auftrag drinnen ist. Ist derzeit noch nicht möglich. |
| 11a | Stimme eher nicht zu. |
| 11b | Stimme eher zu. |
| 12 | - |
| 12a | Stimme eher nicht zu. |
| 12b | Stimme eher nicht zu. |

Tabelle 4: Protokoll Expertengespräch 3

| Frage | Antwort |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | Absolut nicht nach FIFO. |
| 13a | Ist abhängig vom Arbeitsplatz z.B. Schmiedehammer. Der teuerste Arbeitsplatz soll versorgt werden. Reihung nach Priorität. |
| 13b | Stimme nicht zu. |
| 13c | Stimme nicht zu. |
| 14 | Ist abhängig vom Aggregat. Bei Schmiedehammer ja, bei Einzelarbeitsplätzen macht es keinen Sinn. Dafür muss eine Clusterung durchgeführt werden. |
| 14a | Verschlechterung bei Umreihung ist möglich. |
| 15a | Ja. |
| 15b | Ja. |
| 15c | Wäre gut. Die Schrift muss vom Stapler lesbar sein. |
| 15d | Ja, 15a und 15b (ev. 15c). |
| 16 | Der Mehrwert ist fraglich. |
| 17 | Der Mehrwert ist fraglich. |
| 18 | Ja. |
| 18a | Stimme voll zu. |
| 18b | Stimme voll zu. |
| 18c | Stimme eher nicht zu. |
| 19 | Ja, ist ausreichend wenn die Ware dort hingestellt wird. Ware muss eingebucht werden wo sie ist. Dafür ist Disziplin notwendig. |
| 19a | Stimme nicht zu. |
| 19b | Stimme nicht zu. |
| 20 | Bei langjährigen Mitarbeitern ist es ausreichend. Bei neuen Mitarbeitern wäre automatisch besser. |
| 20a | - |
| 20b | - |
| 21 | Punktortung ist für neue Mitarbeiter sinnvoll. |
| 21a | Weder noch. |
| 21b | Weder noch. |
| 22a | Ja. |
| 22b | Nein. |
| 22c | Ja. |
| 22d | 22a und 22c. |
| 23 | Bei Ressourcen sehe ich keine Einsparung. Die Suchzeit wird reduziert, aber es gibt nur eine min. Verbesserung. |

Fortsetzung Tabelle 4: Protokoll Expertengespräch 3

| Expertengespräch 4 | |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 11.10.2017 um 14 Uhr |
| Interviewter | S. S. |
| Funktion | Fertigungsfeinplaner TPP |
| Frage | Antwort |
| 1 | Ist abhängig von der Auslastung der Arbeitsplätze. Ein Mix aus Frage 1 und Frage 2. |
| 2 | Ja, wenn der Mitarbeiter bei der Maschine sein muss und das Aggregat immer laufen muss. Bei langen Fahrzeiten und kurzen Rüstzeiten bei denen der Mitarbeiter nicht neben der Maschine sein muss, kann er sich das Material selbst holen. |
| 3 | Nein. |
| 4 | Die Anlagenauslastung ist dort wo ich hin will. Wenn Mitarbeiter das selbst machen brauche ich kein zusätzliches Personal. Ich kann besser kontrollieren was die Mitarbeiter machen. |
| 5 | Geringere Flexibilität. |
| 6 | Wäre sinnvoll, wenn es direkt zum Nächsten geht, dadurch habe ich kürzere Liegezeiten. |
| 7 | Kommt darauf an ob der Mitarbeiter vom Arbeitsplatz weggehen kann. Wenn jeder alles selbst holt wird Zeit am Arbeitsplatz verlorengehen. |
| 8 | Siehe Frage 7. |
| 9 | Entweder wird der Mitarbeiter bei der Flexibilität eingeschränkt oder ich kann ihn besser einschränken. Das ist wieder von Aggregat zu Aggregat abhängig. |
| 9a | Weniger flexibel, aber bei stabilen Bearbeitungszeiten möglich. |
| 9b | - |
| 9c | Bei z.B. der Wärmebehandlung soll der Mitarbeiter auch zwei Aufträge anfordern können, da diese gemeinsam behandelt werden. Wo weniger Restriktion sind soll die Vorgabe strikter sein und nach der geplanten Reihenfolge gearbeitet werden. |
| 10 | Was (den Fertigungsauftrag), von wo, wohin, wann (wenn er sich die Zeit selbst einteilen kann), die Reihenfolge, Transportmittel (z.B. Kran oder Stapler), Stück/Gebindezahl, ein Bild vom Produkt. |
| 11 | Ich sehe keinen großen Unterschied bei Frage 11 und 12. |
| 11a | Stimme eher zu. |
| 11b | Stimme nicht zu. |
| 12 | Vgl. Frage 11. |
| 12a | Stimme nicht zu. |
| 12b | Stimme nicht zu. |
| 13 | FIFO ist gefährlich wenn die Mitarbeiter den Auftrag selbst auslösen. Wird die Reihenfolge vorberechnet, dann wäre FIFO ok. Eine Priorisierung um Aggregatstillstände zu verhindern wäre gut. |
| 13a | Engpassaggregate bevorzugen. |
| 13b | Stimme voll zu. |
| 13c | Stimme nicht zu. |

Tabelle 5: Protokoll Expertengespräch 4

| Frage | Antwort |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | Ist vom Aggregat abhängig und vom Stand des Planungssystems. Wenn der Mitarbeiter schlauer ist als das Planungssystem und ich dies nutzen möchte, erhalte ich einen besseren Nutzungsgrad auf der Maschine, aber ich ruiniere mir die Reihenfolge. Wenn mir das wichtig genug ist, soll der Mitarbeiter umreihen können. |
| 14a | Stimme voll zu bei Engpassaggregat, sonst stimme ich nicht zu. |
| 15a | Nur RFID ist schwierig, da nicht jeder diesen auslesen kann. In Kombination mit Klarschrift. |
| 15b | Ja. |
| 15c | Nein. |
| 15d | 15a und 15b. |
| 16 | Fertigungsfortschritt oder Orte wo das Gebinde hin muss. Die Gesenknnummer zur Identifikation. |
| 17 | Abruf über die Auftragsnummer. |
| 18 | Wäre gut, wenn der Standort bekannt ist. |
| 18a | Stimme voll zu. |
| 18b | Stimme voll zu. |
| 18c | Stimme eher nicht zu. |
| 19 | Wäre Großteils ausreichend. |
| 19a | Stimme voll zu. |
| 19b | Stimme voll zu. |
| 20 | Wenn die Handeingabe durch Automatik ersetzt werden kann wäre es gut, da diese eine Fehlerquelle ist. Ist auch immer eine Kosten/Nutzen Frage. Aber wäre derzeit ausreichend. |
| 20a | - |
| 20b | - |
| 21 | Wäre nett es zu haben, aber ich glaube nicht, dass es so genau notwendig ist. |
| 21a | Stimme eher zu. |
| 21b | Stimme eher zu. |
| 22a | Ja. Da überschaubar viele Lagerflächen vorhanden sind. |
| 22b | Nein. |
| 22c | Nein. Aber würde auch funktionieren. |
| 22d | Nein. |
| 23 | Mit einem vernünftigen Transportsystem lassen sich Durchlaufzeit und Ressourcen einsparen. Die Frage sind die Kosten für die Installation. |

Fortsetzung Tabelle 5: Protokoll Expertengespräch 4

| Expertengespräch 5 | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 11.10.2017 um 15:15 Uhr |
| Interviewter | H. L. |
| Funktion | Betriebsleiter-Stellvertreter TPP |
| Frage | Antwort |
| 1 | Nein. |
| 2 | Es sollen Staplerfahrer die Arbeitsplätze beliefern. Fixe Staplerfahren sollen Engpassaggregate beliefern. Ist Kosten/ Nutzen besser wenn die Maschine durchfährt. In Kombination mit einem sinnvollen Transport-App. Die Planung erfolgt nach der Transport-App. |
| 3 | Nein. Es reicht im Betrieb. |
| 4 | Der Betrieb und seine Mitarbeiter kennen die Abläufe am besten und dadurch ist es effizienter. Eine übergeordnete Stelle kennt die Schwachpunkte nicht so gut wie der Betrieb. |
| 5 | Sehe ich keine. |
| 6 | Wird nicht funktionieren wegen der Übergangszeiten und unterschiedlichen Taktzeiten der Aggregate. Dadurch ist ein Pufferplatz notwendig. Z.B. eine gute Pressenplanung funktioniert nur, wenn zwei Tage Arbeitsvorrat im Puffer vor der Presse sind. Möglich wäre die Clusterung in der Adjustage und nicht in der Presse. |
| 7 | Da bin ich unschlüssig ob es sinnvoll ist im ganzen Betrieb einen Hallentransport zu installieren. Man müsste durchrechnen wie viele Leute ich mir erspare und wie viele Staplerfahrer ich brauche. Aber im Ansatz ja. |
| 8 | Siehe Frage 7. |
| 9 | Der Arbeitsplatz der die Teile benötigt, soll sie anfordern, da er weiß ob er Platz hat. Der Mitarbeiter soll sich an die Feinplanung halten. Fertigungsauftragsbasierend. |
| 9a | Nein. |
| 9b | Ja. |
| 9c | Nein. |
| 10 | Fertigungsauftrag, wohin, Uhrzeit, Anlieferplatz für die Übergabe, Prioritätszähler (Sonderplan ja, nein für die Vorreihung). |
| 11 | Der Nutzungsgrad kann steigen bei automatischer Erstellung, DLZ wird nicht verbessert. Besonders bei WBH und Sandstrahlen wäre das der Fall. |
| 11a | Stimme nicht zu. |
| 11b | Stimme nicht zu. |
| 12 | Der Vorarbeiter schreibt in den Transportauftrag die Uhrzeit und den Fertigungsauftrag. Nach Priorität oder Uhrzeit, eher Uhrzeit soll dann angeliefert werden auf den Lieferplatz. |
| 12a | - |
| 12b | - |
| 13 | Anforderung mit Bedarfszeit. Abarbeitung nach Uhrzeit. Zusätzlich eine Priorisierung. Bei Missbrauch des Sonderplans wird Meister oder Betriebsleiter eingeschaltet werden müssen. |
| 13a | Bedarfszeit (spätester Anlieferzeitpunkt) und Priorisierung. |
| 13b | Stimme voll zu. Bei Strahlen und Wärmebehandlung natürlich. |
| 13c | Stimme voll zu. |

Tabelle 6: Protokoll Expertengespräch 5

| Frage | Antwort |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | Umreihung muss möglich sein, da die Planung bei Störung neu gemacht werden muss. Der Fertigungsmitarbeiter muss Transportauftrag auch stornieren können. |
| 14a | - |
| 15a | Wäre auch möglich. Die hohe Temperatur ist ein Problem. |
| 15b | - |
| 15c | Projekt der Gebindekennzeichnung mit Barcode. Auftrag wird einem Gebinde zugeordnet. Ist kostengünstiger als z.B. RFID. |
| 15d | - |
| 16 | Mindestanforderung der Kennzeichnung muss mit Qualitätsmanagement abgeklärt werden. Stückzahlen sind schwierig. Nächste Arbeitsgänge wären sinnvoll. Rückstandstage wären auch gut. Lagerplatzmanagement wäre auch notwendig. |
| 17 | Siehe Frage 16. |
| 18 | Ist sicher sinnvoll, wenn ich den Lagerplatz kenne. |
| 18a | Stimme eher nicht zu. |
| 18b | Stimme voll zu. |
| 18c | Aufwand ist notwendig. Hohe Kosten. Ist auch fraglich wie lange diese Technologie aktuell ist. Auch die Genauigkeit ist fraglich. |
| 19 | Als Übergangslösung durch Gebindekennzeichnung und Bauteilzuordnung. Zusätzlich z.B. Standort am Lagerplatz E. Hätte deutliche Vorteile. |
| 19a | Stimme voll zu. |
| 19b | |
| 20 | Sollte so einfach wie möglich sein. Z.B. Lagerplatz zur Auswahl, mit Button wird der Platz gewählt. Lagerplatzkennzeichnung ist notwendig durch z.B. ein Schild. |
| 20a | - |
| 20b | - |
| 21 | Kosten/Nutzen muss gegeben sein. Würde ich bevorzugen, wenn Kosten/Nutzen gegeben ist. |
| 21a | - |
| 21b | - |
| 22a | Ja. Möglichst einfache Namensgebung ist erforderlich. |
| 22b | Nein. |
| 22c | Nein. Hallenplan ist nicht sinnvoll, da die Staplerfahrer sich nach einiger Zeit alle Plätze auswendig merken. |
| 22d | Nein. |
| 23 | Ressourcen: Einsparung der Mitarbeiter minus Anzahl benötigter Staplerfahrer. Schnittstellen gehören definiert. Einsparung ergibt sich durch einen höheren Nutzungsgrad. |

Fortsetzung Tabelle 6: Protokoll Expertengespräch 5

| Expertengespräch 6 | |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 12.10.2017 am 7:30 Uhr |
| Interviewter | A. P. |
| Funktion | Lean Manager |
| Frage | Antwort |
| 1 | Nein. |
| 2 | Basis ist eine Gebindeverwaltung. Eine Serialisierung der Gebinde und welche Stücke befinden sich darauf. Mit einem Lagerverwaltungssystem zusammenfassen. Ob die Effektivität besser ist, wenn der Mitarbeiter sich das Material selbst holt und Buchung durchführt oder ob fixe Transporteure im Betrieb eingeteilt sind müsste man evaluieren. Gefühlsmäßig würde ich fixe Transporteure vorziehen, weil wenn jeder Fertigungsmitarbeiter das Material anfordert ist die Nutzung bei Handarbeitsplätzen recht hoch. Experten sind dort wo ich sie brauche. Für Transport ist niedriger qualifiziertes Personal möglich, die gut Staplerfahren können und eine gute Einteilung haben. Wenn die Software gut funktioniert, müssen sie nur die Aufträge abarbeiten. |
| 3 | Aufgrund der Unternehmensstruktur soll der im Betrieb Zuständige auch für den Transport im Betrieb zuständig sein. Nur betriebsübergreifender Transport soll überbetrieblich organisiert werden. Innerbetrieblich macht es keinen Sinn. |
| 4 | Siehe Frage 2. |
| 5 | Es könnte der Nutzungsgrad des Transporteurs niedrig sein. Beim Schichtbetrieb ist in der Frühschicht eine gute Auslastung, bei der Nachtschicht nicht. Da ergeben sich Leerläufe, weil nicht alle Arbeitsplätze produzieren. Der Transporteur kann jedoch nicht eingespart werden, da dann das Versorgungsnetz zusammenbricht. Das ist ein strategisch wichtiger Job. Eine gute Logistik ist ein Schlüssel zum Erfolg. |
| 6 | Hat technologische Hintergründe. Bei manchen Linien kann im Fluss gearbeitet werden, wenn der Takt ähnlich ist. Bei Engpassaggregaten oder Öfen mit Temperaturkurven muss mit Puffer gearbeitet werden. Beides ist notwendig. |
| 7 | Individuell. Wenn Linie gut getaktet ist kann weitergeschoben werden. Bei einem Puffersystem soll das Produkt gebracht werden. Definierte Lagerplätze und der Materialfluss müssen vorgegeben werden. |
| 8 | Siehe Frage 7. |
| 9 | Der Mitarbeiter soll sagen wann er etwas braucht und die Uhrzeit eingeben. Dafür wird ein Anlieferplatz benötigt (2 Pufferplätze). |
| 9a | Nein. Push System lehne ich aus Lean-Sicht ab. Pull ist zu bevorzugen. |
| 9b | - |
| 9c | - |
| 10 | Was, wann, wo (Quelle/Ziel/Zwischenziele). |
| 11 | Theoretisch ja, aber der Aufwand für Stammdatenhaltung ist groß. Durch Fehler/Varianzen in Stammdaten ist die automatische Entscheidung schlechter. Frage ob Energie ins Know-how der Mitarbeiter oder in die Stammdatenpflege fließen sollte. Ich würde den Mitarbeiter entscheiden lassen. Man ist mit Mitarbeiter-Wissen flexibler. System ist träger. Bei Kleinserienfertigung und wenig Automatisierung ist Mitarbeitereinfluss notwendig. |

Tabelle 7: Protokoll Expertengespräch 6

| Frage | Antwort |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11a | Stimme nicht zu. |
| 11b | Stimme nicht zu. |
| 12 | Siehe Frage 12. |
| 12a | Stimme zu. |
| 12b | Stimme zu. |
| 13 | Bei fixen Transporteuren wäre Know-how vorhanden, damit der Mitarbeiter entscheidet. Vorgabe eines Zeitrahmens und innerhalb des Rahmens kann sich der Transporteur frei bewegen. Man erspart sich Programmierarbeit. System einfach halten. FIFO oder Fälligkeitsdatum wäre für den Einstieg ok. Eher Fälligkeitsdatum. |
| 13a | Priorisierung durch Transporteur in einem Rahmen. |
| 13b | - |
| 13c | - |
| 14 | Ja, wird derzeit genutzt. Bei z.B. Öfen wird aus einem Puffer heraus gearbeitet. Abläufe ändern sich nicht, nur ist ein Puffer dazwischen. |
| 14a | Umkehrungen entstehen nicht durch technologische Gründe, sondern bei unvorhergesehenen Sachen. Da muss reagiert werden. |
| 15a | Ja, wenn es technisch möglich ist, d.h. er muss im Ofen halten. |
| 15b | Ja. Wenn möglich eine Data-Matrix und Klarschrift. |
| 15c | Ja. Für Transporteur ist es egal was sich im Gebinde befindet. Teile werden von Mitarbeitern auf „Lagerplatz“ Palette xy gebucht. |
| 15d | Nein. |
| 16 | Ist nicht notwendig, da das System im Hintergrund die Daten mitführt. Alles im SAP. |
| 17 | Ist nicht notwendig. |
| 18 | Sinnvoll ist es, aber der technische Aufwand ist fraglich. Temperaturbeständigkeit ist notwendig. Ich würde es derzeit nicht machen. Zuerst ein System mit einfacher Bedienung und das System verbessern. Erst danach die Ortung einführen. |
| 18a | - |
| 18b | - |
| 18c | - |
| 19 | Bei Lagerzone ist Suchen nicht ausgeschlossen. Kommt auf die Zonengröße an. |
| 19a | |
| 19b | |
| 20 | Wichtig ist Plätze mit einem eindeutigen Namen zu definieren. Die Mitarbeiter sollen Daten eingeben. Online Verfolgung des Materials muss möglich sein. Der Suchaufwand wird so massiv reduziert. |
| 20a | Durchlaufzeit wird verbessert, wenn der Materialfluss verbessert wird. |
| 20b | - |
| 21 | Ich würde ein Lagerplatzsystem bevorzugen. Punktortung ist besser als eine Zone. Es muss genauer durch den Mitarbeiter gebucht werden. |
| 21a | Stimme voll zu. |
| 21b | Stimme voll zu. |
| 22a | Ja. Reicht, da der Transportexperte weiß wo das Lager ist. Die Information bzw. die Lagerplatznummer muss eindeutig sein. |

Fortsetzung Tabelle 7: Protokoll Expertengespräch 6

| Frage | Antwort |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22b | Nein. |
| 22c | Die Visualisierung ist für ein Anzeigebord oder um Bewegungen anzuzeigen gut. |
| 22d | Nein. |
| 23 | Einsparung von Ressourcen: Der Suchaufwand fällt weg. Die Produktivität am Arbeitsplatz steigt. Die Durchlaufzeit hängt von der Organisation der Betriebe ab. |

Fortsetzung Tabelle 7: Protokoll Expertengespräch 6

| Expertengespräch 7 | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum | 12.10.2017 um 9 Uhr |
| Interviewter | E. G. |
| Funktion | Feinplaner TPH |
| Frage | Antwort |
| 1 | Nein. |
| 2 | Der Arbeiter soll keine Teile suchen, sondern seine Arbeit machen. Fix eingeteilte Staplerfahrer beliefern alle Arbeitsplätze. Der Vorarbeiter kann unterstützen. |
| 3 | Nein. Da ist der Sinn fraglich. |
| 4 | Man ist flexibler und schneller. Der Betrieb agiert eigenständig. |
| 5 | Probleme können Transportschäden sein. Das ist ein Risiko bei allen Transporten. Sonst sehe ich keine großen Nachteile und Risiken. |
| 6 | Wenn möglich ja, aber es gibt ein Platzproblem. So ist die Variante mit Zwischenlager besser. |
| 7 | Grundsätzlich sollen die Teile gebracht werden. |
| 8 | Siehe Frage 7. |
| 9 | - |
| 9a | Nein. |
| 9b | Ja. Mit einem Zeitfenster. Ein Auftrag sollte als Puffer vorhanden sein. Eventuell wegen der Platzprobleme nicht möglich. |
| 9c | Nein. Der Mitarbeiter soll sich die Arbeit nicht wünschen bzw. aussuchen können. Er muss sich an den Plan halten. |
| 10 | Was, wohin, wo der derzeitige Standort ist und das muss gebucht werden. |
| 11 | Bei Tablet (Anm.: des Transporteurs) soll aufleuchten, wenn ein Auftrag auf einem Arbeitsplatz fertig ist. |
| 11a | Stimme voll zu. |
| 11b | Stimme voll zu. |
| 12 | Der Staplerfahrer weiß, er kann den Auftrag am Arbeitsplatz holen. |
| 12a | Stimme voll zu. |
| 12b | Stimme voll zu. |
| 13 | FIFO ja (wo, was), muss aber auf Arbeitsplätze heruntergebrochen werden. Staplerfahrer wissen, dass nicht 5 Aufträge hintereinander zum z.B. Schleifen gebracht werden sollen und die anderen Aufträge bleiben liegen. |

Tabelle 8: Protokoll Expertengespräch 7

| Frage | Antwort |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13a | Transport funktioniert recht gut bei uns. |
| 13b | - |
| 13c | - |
| 14 | Bezüglich Flexibilität ist eine Umreihung gut. Aber die Festlegung soll von den Vorgesetzten erfolgen. |
| 14a | Das ist kein großes Problem derzeit. |
| 15a | Wäre ok in Verbindung mit Ortung. |
| 15b | - |
| 15c | - |
| 15d | Eine Kennzeichnung ist notwendig, dafür wäre auch RFID möglich. |
| 16 | Der nächste Arbeitsschritt soll gespeichert sein. Die Auftragsdaten sollen im System gespeichert sein. |
| 17 | Siehe Frage 16. |
| 18 | Ja, mit RFID wäre das dabei. Würde Zeit sparen. |
| 18a | Stimme voll zu. |
| 18b | Stimme voll zu. |
| 18c | Ist schwierig zu beantworten. |
| 19 | Brachte Verbesserungen. |
| 19a | Stimme voll zu. |
| 19b | Stimme voll zu. |
| 20 | Ist derzeit ausreichend, da nur auf die Lagerzone gebucht wird. Automatisierung würde Verbesserung bringen. |
| 20a | Stimme voll zu. |
| 20b | Stimme voll zu. |
| 21 | Lagerplatz wäre Verbesserung, damit der Staplerfahrer nicht aussteigen muss. |
| 21a | Stimme voll zu. |
| 21b | - |
| 22a | Ja. |
| 22b | Nein. |
| 22c | Ja, bei neuen Transporteuren. |
| 22d | 22a und 22c. Ja, eine Kombination wäre gut. |
| 23 | Ja. Suchzeiten und unnötige Staplerbewegungen werden minimiert. |

Fortsetzung Tabelle 8: Protokoll Expertengespräch 7