

Diplomarbeit

**Standortverlegung und  
Wiedereingliederung  
eines fremdvergebenen Lagers  
am Beispiel der  
FCI Austria GmbH**

eingereicht an der

**Montanuniversität Leoben**

erstellt am

**Lehrstuhl Industrielogistik**

**Vorgelegt von:**

Gerhard Huber  
0335116

Leoben, 12.11.2013

**Betreuer/Gutachter:**

Mag. (FH) Dr. mont. Elisabeth Lackner-Schwarz  
Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits

## **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.

Leoben, 12.11.2013

Gerhard Huber

## Danksagung

An dieser Stelle danke ich all jenen Personen, die mich bei der Entstehung dieser Diplomarbeit direkt oder indirekt unterstützt haben.

Es sind dies Herr Andreas Reiter und Herr Günter Zollner von der FCI Austria GmbH, welche mich mit allen für diese Arbeit notwendigen Unterlagen und Informationen versorgten und mir während meiner Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern der Abteilungen Order Processing, Logistik, Customer Service, sowie Einkauf und Versand für die fachliche Unterstützung und fortwährende Diskussionsbereitschaft.

Seitens des Lehrstuhls für Industrielogistik bedanke ich mich besonders bei meinen Betreuern Herrn Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits und Frau Dr. Elisabeth Lackner-Schwarz für die fachliche Unterstützung während des gesamten Praktikums sowie für die Betreuung meiner Diplomarbeit.

## Kurzfassung

Der Produktionsstandort der FCI Austria GmbH in Mattighofen wurde zum Teil über ein an einen Logistikdienstleister fremdvergebenes Lager (Supermarkt) in Salzburg versorgt. Aufgrund der dadurch entstehenden hohen Material- und Transportkosten stellte das Unternehmen im Rahmen eines Praktikums die Aufgabe, den fremdvergebenen Supermarkt am Standort Mattighofen zu reintegrieren. Die Steuerung des Informations- und Materialflusses erfolgte über die Verkettung eines internen und externen Kanban-Kreislaufes.

Um sämtliche beim Logistikdienstleister befindlichen (Produktions)-Materialien in Mattighofen eingliedern zu können, mussten die Bestände erheblich reduziert werden.

Dabei durfte die kontinuierliche Versorgung der Fertigungszellen mit Produktionsmaterial nicht unterbrochen werden.

Der theoretische Teil dieser Diplomarbeit befasst sich mit den dafür notwendigen Grundlagen und beschreibt in weiterer Folge die zur Anwendung kommenden Lean-Methoden und -Elemente. Der Fokus liegt dabei in der Umsetzung des Pull-Prinzips durch eine Kanban-Steuerung.

Im zweiten Teil (Praxisteil) der vorliegenden Arbeit wurden im Zuge einer Analyse der Ist-Situation, die Systemgrenzen festgelegt und die betroffenen Abteilungen sowie deren Abläufe dargestellt. Im Anschluss daran erfolgt nach einer genauen Datenerfassung die Ermittlung des erforderlichen Platzbedarfes. Auf Basis der ausgewerteten Daten wird in weiterer Folge ein Layout für das Lager erstellt. Nach Kenntnis der notwendigen Stellflächen konnte die Wiedereingliederung der fremdvergebenen Materialien durchgeführt werden. Parallel dazu wurde eine Bestandsglättung durchgeführt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass aufgrund einer strukturierten Vorgehensweise sowie der erfolgreichen Anwendung von Lean-Methoden das gesamte fremdvergebene Lager innerhalb von sechs Monaten am Standort Mattighofen wieder eingegliedert werden konnte.

## Abstract

The manufacturing site of FCI Austria GmbH in Mattighofen was partly supplied by an external warehouse (supermarket) in Salzburg. With the goal of reducing the resulting high material and transportation costs, the company set the task to integrate the external close-by supermarket in Mattighofen in the course of an internship. The flow of information and material is controlled by the combination of an internal as well as an external Kanban cycle. In order to include all of the available (production) materials in Mattighofen, stocks had to be reduced considerably without interfering with the continuous supply of the operating manufacturing cells.

The theoretical part of this thesis deals with the necessary foundations to provide the relevant background information and describes the applied Lean methods and elements with focus on the implementation of the Pull principle by a Kanban cycle. The system boundaries, determined from a status quo analysis, as well as the involved departments and their processes are presented in the practical part of this thesis. Based on a detailed data collection and determination of space required, a new warehouse layout was designed which enabled a balancing of the stocks held and the reintegration of external materials. In summary, the clearly structured approach and the successful application of Lean methods enabled the integration of the warehouse in Mattighofen within six months.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung und Aufbau der Arbeit.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Produktionsplanung- und Steuerung.....</b>	<b>3</b>
2.1	Planen und Steuern.....	3
2.2	Planungs- und Steuerungsprinzipien.....	6
2.2.1	Push-Prinzip.....	8
2.2.2	Pull-Prinzip.....	11
2.2.3	Zentrale und dezentrale Steuerung.....	13
2.2.4	Planungs- und Steuerungsverfahren bezogen auf Basisinformationen.....	15
2.2.5	Hybride Steuerungskonzepte.....	17
<b>3</b>	<b>Lean Management und Toyota Production System.....</b>	<b>20</b>
3.1	Entstehung von TPS und Lean Management.....	20
3.2	Elemente von Lean Management und TPS.....	23
3.2.1	Das Just-in-Time- Prinzip.....	25
3.2.2	Die Umsetzung des Pull-Prinzips: Kanban.....	27
3.2.2.1	Das Prinzip der Kanban-Steuerung.....	28
3.2.2.2	Eigenschaften der Kanban-Steuerung.....	31
3.2.2.3	Kanban-Varianten.....	34
3.2.2.4	Kanban-Methoden.....	38
3.2.2.5	Dimensionierung von Kanban-Regelkreisen.....	43
3.2.3	Heijunka.....	45
3.2.4	Verbesserung, Stabilität und Reduzierung von Muda.....	47
3.2.4.1	Kaizen.....	47
3.2.4.2	Total Productive Maintenance (TPM).....	48
3.2.4.3	Single Minute Exchange of Die (SMED).....	49
<b>4</b>	<b>Analyse der Ist-Situation.....</b>	<b>51</b>
4.1	FCI Austria GmbH das Unternehmen.....	51
4.2	Systemgrenzen.....	53
4.2.1	Wareneingang FCI.....	55
4.2.2	Bandbetreuung FCI.....	57
4.2.3	Versand FCI.....	59
4.2.4	Logistikdienstleister.....	60
4.3	Auswirkungen der Fremdvergabe für das Unternehmen FCI.....	61

4.4	Datenerfassung .....	63
4.5	Ermittlung des Platzbedarfes .....	64
4.6	Planung des Layouts .....	66
<b>5</b>	<b>Umsetzung der Wiedereingliederung .....</b>	<b>72</b>
5.1	Kontinuierliche Wiedereingliederung .....	72
5.2	Erhöhung der Lagerkapazität .....	74
5.2.1	Maßnahmen zur Erhöhung der Lagerdichte .....	74
5.2.2	Reduzierung der Bestände .....	79
5.3	Modifizierung des Layouts .....	81
<b>6</b>	<b>Ergebnisdarstellung und Zusammenfassung .....</b>	<b>85</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>87</b>

## Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Steuerungsselektive Kriterien.....	17
Abbildung 1: Einflüsse auf die Planung und Steuerung .....	5
Abbildung 2: Funktionen der PPS.....	7
Abbildung 3: Push-Prinzip .....	9
Abbildung 4: Manufacturing Resource Planning (MRP II) .....	11
Abbildung 5: Pull-Prinzip .....	12
Abbildung 6: Verfahren bezogen auf Basisinformationen .....	15
Abbildung 7: Informationsfluss von Synchron MRP.....	19
Abbildung 8: Basismethoden der Lean Production.....	24
Abbildung 9: Grundprinzip der Kanban-Steuerung.....	29
Abbildung 10: Für Kanban geeignete Artikel.....	33
Abbildung 11: Unterschiedliche Kanban-Varianten.....	34
Abbildung 12: Weg des Produktions- und Entnahme-Kanban.....	35
Abbildung 13: Zeitanteilig hoher Rüstaufwand beim Lieferprozess .....	36
Abbildung 14: Schematische Darstellung einer Kanban-Karte.....	40
Abbildung 15: Ablauf des Zwei-Karten-Kanban.....	41
Abbildung 16: Heijunka-Board mit Kanbans .....	46
Abbildung 17: Externe und interne Systemgrenze .....	54
Abbildung 18: EPK Wareneingang.....	56
Abbildung 19: Weg der Bandbetreuung mittels Small Train .....	57
Abbildung 20: EPK Bandbetreuung und Versand.....	58
Abbildung 21: Supermarkt, Shop- Stock und TPA.....	59
Abbildung 22: Teile des fremdvergebenen Lagers beim Logistikdienstleister in Salzburg .....	62
Abbildung 23: Artikel im Lager beim Logistikdienstleister in Salzburg .....	63
Abbildung 24: Metallboxen zum Transport und Lagerung der Spulen .....	64

Abbildung 25: Umrechnung der jeweiligen Artikel auf Paletten bzw. Regale .....	65
Abbildung 26: Bestand an Produktionsmaterial umgerechnet in Palettenstellplätze .....	66
Abbildung 27: Position von Versand und Wareneingang vor der Umstellung .....	68
Abbildung 28: schematische Darstellung des neuen Layout in Halle A.....	70
Abbildung 29: Durchschnittliche Palettenstellflächen pro Lieferant .....	73
Abbildung 30: Analyse zur Berechnung der benötigten Spulenregale .....	74
Abbildung 31: Diagramm zur Ermittlung der benötigten Anzahl an Regalen.....	75
Abbildung 32: Erhöhung der Lagerdichte durch Einführung eines Spulenregales.....	76
Abbildung 33: Optimierung der Lagerdichte bei Kartonagen.....	77
Abbildung 34: Umstellung der Anlieferereinheiten bei Kartonagen .....	78
Abbildung 35: Kostenersparnis durch Umstellung der Kartonagen.....	79
Abbildung 36: FiFo-Board für die Steuerung der Bestände von Oktabin (Granulat) .....	80
Abbildung 37: Zoning in Lager und Versand.....	82
Abbildung 38: Endgültige Version des neuen Layout .....	84

---

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AS	Arbeitssystem
AE	Auftragseingang
AB	Auftragsbestätigung
BOA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
Bsp.	Beispiel
bzw.	beziehungsweise
CONWIP	Constant Work in Process
DBF	dezentrale bestandsorientierte Fertigungsregelung
d.h.	das heißt
Dispo	Disposition
DLZ	Durchlaufzeit
ERP	Enterprise Resource Planning
etc.	et cetera
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
FiFo	First in First out
FWL	Fertigwarenlager
FZK	Fortschrittszahlenkonzept
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
i.d.R.	in der Regel
JIT	Just in Time
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LDL	Logistikdienstleister
LS	Leistungsstelle
MA	Mitarbeiter
MES	Manufacturing Execution System
MRP	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
MTO	Make to Order
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PAL	Palette

PDCA	Plan-Do-Check-Act
PK	Produktion-Kanban
PPS	Produktionsplanung und -Steuerung
SMED	Single Minute Exchange of Die
TEEP	Total Effective Equipment Productivity
TK	Transport-Kanban
TPA	Truck Preparation Area
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
vgl.	vergleiche
WIP	Work in Process
z.B.	zum Beispiel
ZD	zentrale Auftragsdisposition

# 1 Aufgabenstellung und Aufbau der Arbeit

Für den Produktionsstandort der Firma FCI GmbH in Mattighofen (Oberösterreich) verursacht der an einen Logistikdienstleister (LDL) fremdvergebene Supermarkt im 40 km entfernt liegenden Salzburg zu hohe Transport- und Lagerhaltungskosten. Die Bestände beim Logistikdienstleister sind nur elektronisch einsehbar, die Lagerhaltung ist hinsichtlich der benötigten Stellflächen ineffizient, außerdem kann die Einhaltung des FiFo-Prinzips nicht durchgehend gewährleistet werden.

Ziel war es, den fremdvergebenen Supermarkt zur Reduzierung der Lagerhaltungs- und Transportkosten bzw. der Optimierung von Zeit und Weg wieder am Produktionsstandort zu integrieren.

Im Zuge einer Layoutplanung wurde dabei ein Supermarkt den Produktionsprozessen vorgelagert und der bestehende Teil erweitert. Diese Umstellung sollte eine höhere Versorgungssicherheit für die Produktion (durch schnellere Zugriffszeiten), einen besseren Überblick über den notwendigen Bestand an Rohmaterial (niedrigere Bestände) sowie eine Senkung der Lagerhaltungskosten (weniger Buchungsschritte und weniger Materialbewegungen) sicherstellen.

Nach Erreichen dieses Zieles, konnten weitere Maßnahmen zur Senkung bzw. Optimierung der Bestände getroffen werden.

Die vorliegende Arbeit setzt sich aus sechs Kapiteln zusammen. Nach einer kurzen Erklärung der Problemstellung und der darauffolgenden Aufgabenstellung werden in Kapitel 2 die wesentlichen Planungs- und Steuerungssysteme angeführt. Dabei werden die Systeme aufgrund ihrer Unterscheidungsmerkmale getrennt behandelt und deren Vorteile, Nachteile sowie die jeweiligen Voraussetzungen dargestellt.

Im 3. Abschnitt wird eingangs die Entstehung des TPS und des Lean Managements beschrieben. In weiterer Folge werden die wesentlichen Elemente des TPS und Lean Managements erläutert. Dabei wird vor allem näher auf das JIT-Konzept und dessen Umsetzung durch eine Kanban-Steuerung (Pull-Prinzip) eingegangen. Nach einer ausführlichen Beschreibung der Eigenschaften einer Kanban-Steuerung werden die für eine Produktion und Beschaffung nach dem JIT-Konzept wesentlichen Kanban-Methoden und Varianten genau angeführt.

Im 4. Kapitel folgt nach einer kurzen Beschreibung der Firma FCI Austria GmbH eine Analyse der Ist-Situation mit anschließender Visualisierung aller für den Leser relevanten Prozesse. Im Anschluss daran wird der Platzbedarf für eine Wiedereingliederung bzw. Erweiterung des bestehenden Supermarktes ermittelt. Damit einher geht eine Layoutplanung des Lagers und teilweise Modifizierung der für die Produktion notwendigen Logistikprozesse.

Das 5. Kapitel befasst sich mit einer weiteren Glättung der Bestände sowie mit der kontinuierlichen Wiedereingliederung der fremdvergebenen Materialien.

Im letzten Abschnitt folgen eine Darstellung der Ergebnisse und eine kurze Zusammenfassung.

## 2 Produktionsplanung- und Steuerung

Das vorliegende Kapitel behandelt das Thema der Produktionsplanung und- Steuerung (PPS). Nach einer kurzen Beschreibung der Begriffe Planen und Steuern, sowie der Erläuterung ihrer wesentlichen Entitäten und deren Zusammenhang mit gegebenen Rahmenbedingungen, wird in weiterer Folge auf Planungs- und Steuerungsprinzipien eingegangen. Dabei werden die grundlegenden Planungs- und Steuerungssysteme, welche den Materialfluss koordinieren, näher beschrieben.

### 2.1 Planen und Steuern

Hinsichtlich der Planung und Steuerung in Industriebetrieben wird zwischen der strategischen (langfristige Tragweite wie z.B. Wahl des Geschäftsfeldes oder der Produktionsstandorte) sowie der operativen Ebene (z.B. Entscheidungen über Produktionsmengen und Herstellungsprozesse) differenziert. Das Thema der Produktionsplanung und- Steuerung, auf welches in diesem Kapitel näher eingegangen wird, nimmt Bezug auf die operative Ebene.<sup>1</sup>

Jodlbauer<sup>2</sup> schreibt, dass sich die Planung und Steuerung einer Produktion auf folgende fünf Entitäten bezieht:

- Materialien
- Betriebsstoffe
- Anlagen
- Werkzeuge
- Menschen

Diese Entitäten weisen unterschiedliche Merkmale auf, folglich unterscheidet sich deren Planung und Steuerung. Materialien und Betriebsmittel zählen dabei zu den Repetierfaktoren wobei erstere entlang der Wertschöpfungskette veredelt werden. Eine wichtige Eigenschaft dieser beiden Entitäten ist die Tatsache, dass sie in einem Lager speicherbar sind. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei Anlagen und Werkzeuge um Potentialfaktoren. Sie verkörpern somit Leistungspotentiale, werden zur

---

<sup>1</sup> vgl. Kurbel (1995), S. 17.

<sup>2</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S. 103.

Herstellung eines (Zwischen)Produktes genutzt und sind mehrfach bzw. wiederholt einsetzbar.<sup>3</sup>

Eine Speicherung der Anlagenkapazität sowie deren Nutzung zu einem späteren Zeitpunkt sind nicht möglich. Beim Menschen handelt es sich um die flexibelste aber auch sensibelste Entität. Die Leistung des Menschen ist sowohl von positiven (hoher Ausbildungsstandard, Boni, etc.) als auch negativen (Krankheit) Aspekten beeinflusst.<sup>4</sup>

Neben den oben genannten Entitäten wirken zahlreiche betriebsexterne und betriebsinterne Rahmenbedingungen auf die Planung und Steuerung ein (siehe Abb. 1). Dabei handelt es sich nach Jodlbauer<sup>5</sup> um:

- Marktanforderungen  
z.B. Qualität, Lieferfähigkeiten, Lieferzeiten, etc.
- Technologische Rahmenbedingungen  
z.B. Rüstzeiten, Lagerkapazität, Transportkapazität, etc.
- Organisatorische Rahmenbedingungen  
z.B. Produktstruktur
- Juristische Rahmenbedingungen  
z.B. Arbeitszeitgesetz, rechtliche Vorgaben für Anlagen und Materialien
- Beschaffungsmarkt  
z.B. Verfügbarkeit und Qualität von Zukaufteilen und Betriebsstoffen
- Arbeitsmarkt  
z.B. Personalverfügbarkeit, Ausbildungsstandard und Qualität von Mitarbeiter

Durch eine effiziente bzw. effektive Planung und Steuerung gilt es nun die vorher erwähnten Entitäten unter den vorherrschenden Rahmenbedingungen so zu kombinieren, dass die betriebswirtschaftlichen Ziele des Unternehmens erreicht werden. Dabei gilt als primäre Zielsetzung, die Wirtschaftlichkeit der Produktion.<sup>6</sup> Ausgehend von der Entwicklung vom Verkäufer- zum Käufermarkt sowie einer zunehmenden Individualisierung der Produkte steigen die Marktanforderungen bzw. Kundenwünsche stetig an. Wesentliche Leistungsmerkmale wie z.B. Qualität und Kundenservice lassen sich

---

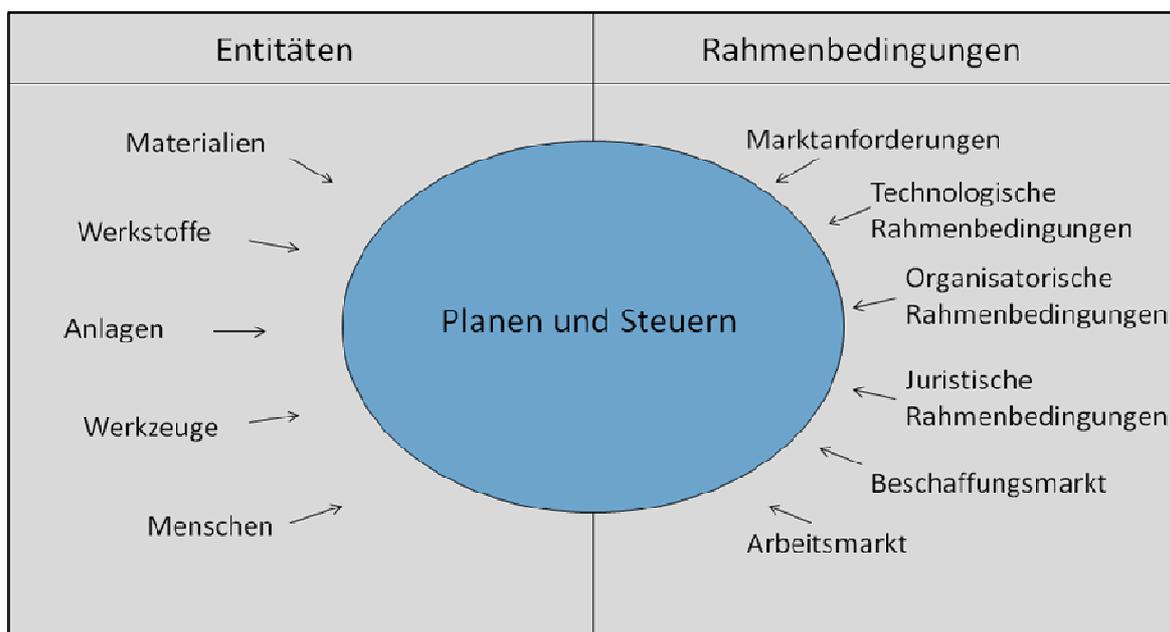
<sup>3</sup> vgl. Becker (2006), S. 138.

<sup>4</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S. 103.

<sup>5</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S. 104.

<sup>6</sup> vgl. Tempelmeier (2008), S. 298.

durch einen möglichst flexiblen Herstellungsprozess realisieren.<sup>7</sup> Die Planung und Steuerung einer Produktion legt die Weichen, um diesen Anforderungen seitens des Marktes durch eine effiziente und möglichst kostenoptimale Herstellung der geforderten Produkte, gerecht zu werden. Um die Einhaltung der gesetzten Ziele beurteilen zu können stehen eine Reihe von Kennzahlen zu Verfügung. Einige in diesem Zusammenhang sehr bedeutende Kennzahlen sind (nach Jodlbauer) die Liefertreue, Lieferfähigkeit, Lieferzeiten, Durchlaufzeit, geringe Bestände, Auslastung, Flexibilität sowie ein hohes Qualitätsniveau.<sup>8</sup> Die Gewichtung dieser Kennzahlen hängt wiederum von den Kundenanforderungen und der gewählten Strategie ab.



**Abbildung 1: Einflüsse auf die Planung und Steuerung<sup>9</sup>**

Die logistischen Zielsetzungen der Planung und Steuerung werden nach Tempelmeier<sup>10</sup> vor allem durch eine Optimierung der Logistikleistung (Liefertreue und Lieferzeit) sowie der Logistikkosten (Prozesskosten und Bestandskosten) erreicht. Die Wirtschaftlichkeit der Produktion wird maßgeblich durch diese beiden Begriffe beeinflusst. So wird z.B. durch eine Minimierung der Durchlaufzeiten die Lieferzeit verkürzt, was sich in weiterer Folge positiv auf die Logistikleistung auswirkt. In Bezug auf die

<sup>7</sup> vgl. Abel (2011), S. 19f.

<sup>8</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S. 106.

<sup>9</sup> Quelle: eigene Darstellung.

<sup>10</sup> vgl. Tempelmeier (2008), S. 324.

Logistikkosten wird durch eine höhere Auslastung eine Verringerung der Prozesskosten erreicht. In der PPS treten jedoch immer wieder eine Reihe von Zielkonflikte auf. So wird z.B. eine hohe Auslastung der Produktionsanlagen durch hohe Bestände der dafür benötigten Materialien sichergestellt. Diese hohen Bestände wirken sich jedoch negativ auf die Bestandskosten aus. Werden nun die Bestände verringert, reduzieren sich die Bestandskosten, jedoch wird eine hohe Auslastung gefährdet, was in weiterer Folge negative Auswirkungen auf die Termintreue und somit auch auf die Logistikleistung haben könnte. Anhand dieses Zielkonfliktes wird eine typische Herausforderung der Produktionsplanung- und Steuerung ersichtlich.

## 2.2 Planungs- und Steuerungsprinzipien

Aufgrund steigenden Kundenanforderungen sowie der Globalisierung weist ein Materialfluss (innerbetrieblich und überbetrieblich) immer komplexere Züge auf. Durch die zunehmende Komplexität steigen in weiterer Folge auch nichtwertschöpfende Tätigkeiten wie Transport, Wartezeiten, Lagerung, etc. Das Resultat dabei sind höhere Kosten. Mit Hilfe von Planungs- und Steuerungssystemen soll nun ein möglichst ruhiger und kontinuierlicher Materialfluss gewährleistet werden. Die Zielsetzung dabei ist, dass der Materialfluss möglichst gut getaktet ist, keine Kapazitätsengpässe auftreten, Puffer minimal ausfallen, und in weiterer Folge eine hohe Flexibilität bei niedrigen Kosten gegeben ist.

Um diese Ziele zu realisieren haben sich in den letzten Jahrzehnten unterschiedliche Planungs- und Steuerungsprinzipien entwickelt. Der gemeinsame Nenner aller Prinzipien ist dabei die Steuerung des Materialflusses durch den gesamten Produktionsablauf. „Die Produktionsplanung und –Steuerung (PPS) umfasst die Gesamtheit aller organisatorischen Arbeiten zur komplexen Auftragsabwicklung im Industrieunternehmen vom Beginn der Auftragsbearbeitung bis zum Versand des Erzeugnisses.“<sup>11</sup> Dadurch entstehen automatisch enge Wechselbeziehungen zwischen der Produktion und den angrenzenden Funktionsbereichen wie der Beschaffung und Distribution.<sup>12</sup> Tempelmeier<sup>13</sup> nennt als zentrale Funktionen der Produktionsprogrammplanung, die Mengenplanung, die Termin- und Kapazitätsplanung und die Datenverwaltung. Die

---

<sup>11</sup> Nebel (2011), S. 756.

<sup>12</sup> vgl. Günther u.a. (2007), S. 141 f.

<sup>13</sup> Tempelmeier (2008), S. 324

Entscheidungen im Bereich der Produktionsplanung beeinflussen unmittelbar logistische Prozesse wie z.B. Lagerung und Transport. Diese Prozesse können dabei direkt im eigenen Werk (Lagerung in einem der Produktion vorgelagerten Supermarkt, innerbetrieblicher Materialtransport mittels Small Train) oder an anderen Standorten (Transport zwischen unterschiedlichen Produktionsstätten, Lagerhaltung bei einem Logistikdienstleister) stattfinden. Aus diesem Grund bedarf es einer genauen Abstimmung mit aller in den Prozessen involvierten Funktionsbereichen.

Die Produktionsprogrammplanung wird, in Hinblick auf den Planungshorizont, in einen langfristigen, mittelfristigen sowie in einen kurzfristigen Bereich unterteilt. Folgende Grafik gibt einen Überblick über die einzelnen Funktionen der PPL mit Bezug auf den Zeithorizont:

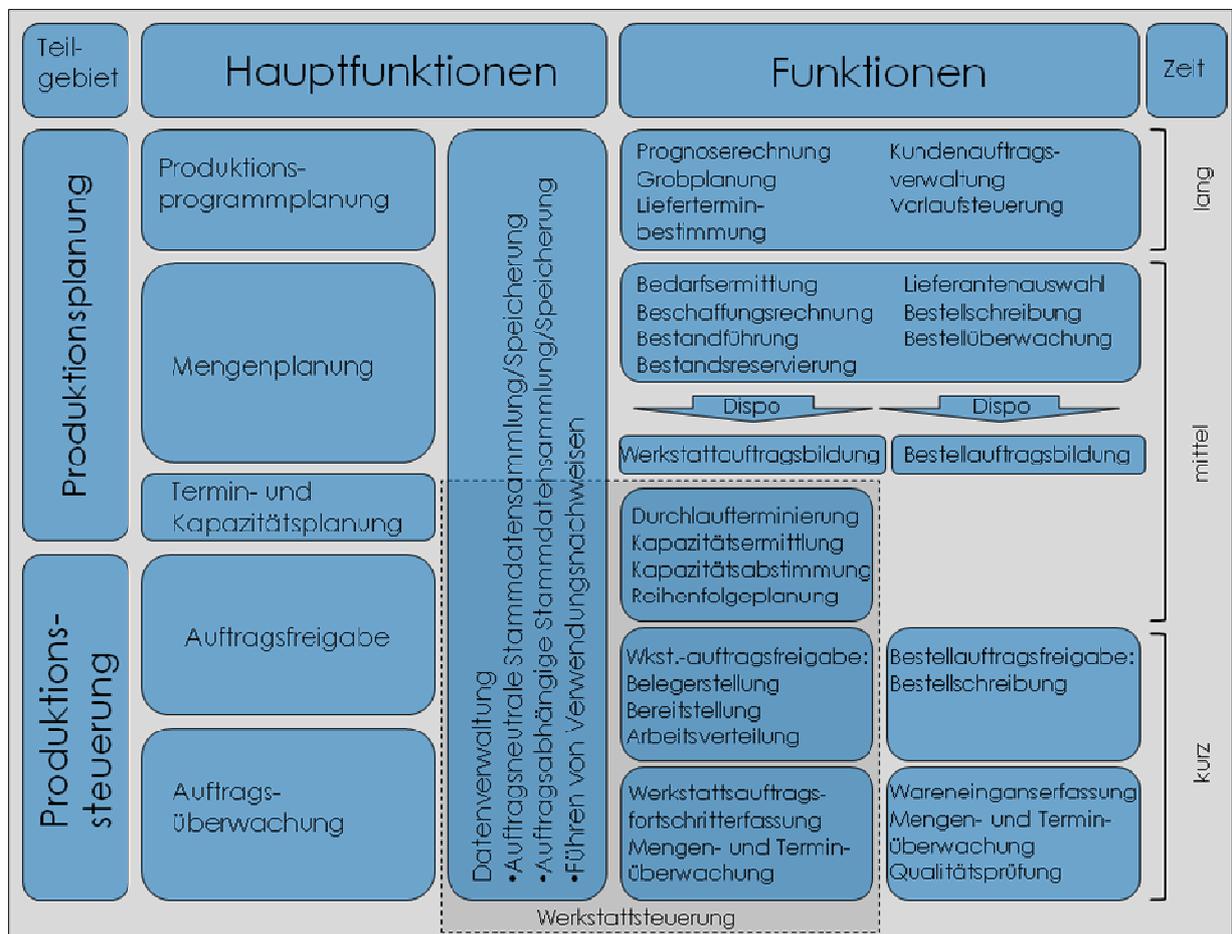


Abbildung 2: Funktionen der PPS<sup>14</sup>

Mit Hilfe unterschiedlicher PPS-Systeme werden die verschiedenen Planungs- und Steuerungsprinzipien umgesetzt. Die wichtigsten Kriterien für Steuerungsverfahren sind

<sup>14</sup> vgl. Tempelmeier (2008), S. 325.

dabei die Einfachheit, Flexibilität und Transparenz. Die einzelnen Planungs- und Steuerungsprinzipien können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten differenziert werden. Die wichtigsten Unterteilungskriterien dieser sind nach Dickmann<sup>15</sup> und Jodlbauer:<sup>16</sup>

- Pull – Push
- Zentrale Steuerung – Dezentrale Steuerung
- EDV-gestützt – manuell
- Bestandsorientiert – bedarfsorientiert – prognosebasiert – belastungsorientiert

Da die Anforderungen seitens des Marktes meist sehr heterogen sind, werden die Steuerungsverfahren in der betrieblichen Praxis zumeist kombiniert. So ist z.B. MRP (Material Requirement Planning) ein EDV-gestütztes Verfahren nach dem Push-Prinzip. Ein wichtiges Kriterium dabei ist die möglichst exakte Abbildung des Produktions- bzw. Logistikprozesses. Um unnötige Komplexität zu vermeiden sollten dabei sämtliche Materialbewegungen auf das nötigste reduziert werden.

### **2.2.1 Push-Prinzip**

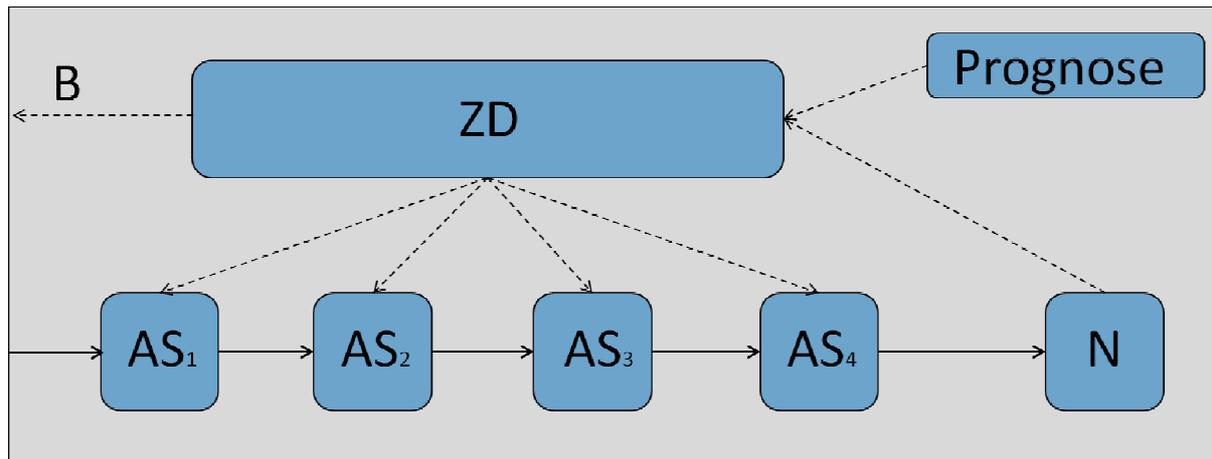
Beim Push-Prinzip (Bringprinzip) setzt die erste Fertigungsstufe einen Produktionsprozess in Gang, wobei die darauf folgende Produktionsstufe erst dann mit der Bearbeitung beginnt, wenn von einer vorgelagerten Fertigungsstufe die gefertigten Zwischenprodukte angeliefert werden und ein konkreter Fertigungsauftrag von einer zentralen Steuerinstanz vorliegt.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 115 ff.

<sup>16</sup> vgl. Jodlbauer (2008) S. 107.

<sup>17</sup> vgl. Göpfert (2013), S. 216.



AS <sub>i</sub>	Arbeitssystem	B	Beschaffung
ZD	Zentrale Auftragsdisposition	→	Materialfluss
N	Nachfrage	- - - - ->	Informationsfluss

Abbildung 3: Push-Prinzip<sup>18</sup>

Der Aufbau eines PPS-Systems nach dem Push-Prinzip wird nach Günther/Tempelmeier<sup>19</sup> anhand eines Sukzessivplanungskonzeptes mit vier Phasen beschrieben. In einer ersten Hauptproduktionsprogrammplanung werden auf Basis vorliegender Kundenaufträge unter Berücksichtigung vorhandener Lagerbestände die Primärbedarfsmengen für die zu produzierenden Erzeugnisse ermittelt. Daraus resultiert ein Hauptproduktionsprogramm. In einem zweiten Schritt werden die dafür nötigen Sekundärbedarfsmengen erhoben. Als Information dafür dienen die Erzeugnisstruktur sowie die Lagerbestände. In der dritten Phase wird eine Terminplanung erstellt. Dabei werden für jeden einzelnen Arbeitsgang die Start- und Endtermine errechnet (Durchlaufterminierung). Kapazitäten und Ressourcen werden hier als „unbeschränkt“ verfügbar angenommen. Der benötigte Kapazitätsbedarf wird dem Kapazitätsangebot gegenübergestellt und etwaige Abweichungen werden versucht mittels Terminverschiebungen oder Überstunden zu korrigieren. In der letzten Phase wird durch die Freigabe der Aufträge die Produktion unmittelbar gesteuert. Dieses Prinzip stellt eine Automatisierung von Arbeitsabläufen dar, wobei die Produktionsaufträge in den Produktionsprozess hineingedrückt werden. Das Problem bei diesem System ist jedoch die Tatsache, dass in der Praxis nicht immer optimale Bedingungen

<sup>18</sup> vgl. Gudehus (2004), S. 260.

<sup>19</sup> vgl. Günther u.a. (2007), S.311ff

herrschen. Kunden ändern ihre Aufträge, Lieferanten können nicht immer zum vereinbarten Termin liefern, und die eigene Produktion produziert nicht immer fehlerfreie Teile. Die Folge sind Veränderungen im Herstellungsprozess, bezogen auf die Ausbringungsmenge, die vereinbarten Termine oder die geforderten Qualitäten. Um diese Einflüsse kompensieren zu können, reagieren viele Unternehmen mit einer Erhöhung der Bestände, wodurch die Lagerhaltungskosten steigen.<sup>20</sup>

Beispiele für die Anwendung des Push-Prinzips in der Produktionsplanung und -Steuerung sind die Softwaresysteme MRP und MRP II.

Beim MRP-System (Material Requirements Planning) handelt es sich um eine computergestützte Materialbedarfsplanung, mit dem Ziel, Fertigungs- und Beschaffungsaufträge in Hinblick auf die richtigen Mengen, richtigen Teile sowie auf den genauen Bedarfszeitpunkt anzugeben. Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von MRP sind nach Nebl<sup>21</sup> die:

- exakte Ermittlung des Produktionsprogrammes,
- Kenntnis der Erzeugnisstruktur und Durchlaufpläne,
- eindeutige Kennzeichnung aller Einzelteile, Baugruppen und Erzeugnisse,
- hohe Datenqualität und
- exakte Bestandsinformation aller Teile.

Das MRP II –Konzept (Manufacturing Resource Planning) ist eine Weiterentwicklung des ursprünglichen MRP- Systems, mit der zusätzlichen Erweiterung einer Kapazitätsrechnung.

---

<sup>20</sup> vgl. Kamiske u.a. (2010), S. 80.

<sup>21</sup> vgl. Nebl (2011), S. 761 f.

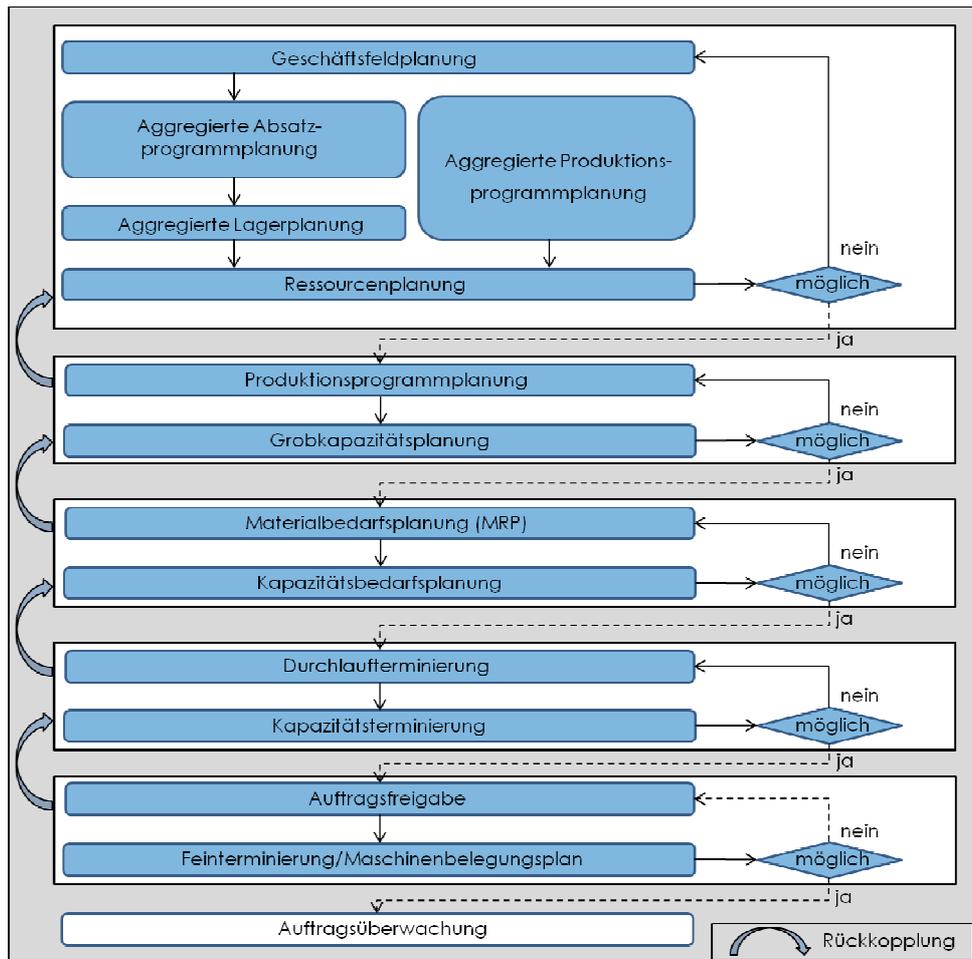


Abbildung 4: Manufacturing Resource Planning (MRP II)<sup>22</sup>

Neben der Mengenplanung werden die Produktionsprogrammplanung, die Termin- und Ablaufplanung sowie die Datenverwaltung mit einbezogen. Durch den Einsatz von MRP II werden Leistungserstellungsprozesse hinsichtlich der Kapazitäten im Fertigungsbereich sowie dem Niveau der Rüst-, Transport- und Lagerzeiten optimiert.

## 2.2.2 Pull-Prinzip

Beim Pull-Prinzip wird im Gegensatz zum Push-Prinzip, der Material- und Fertigungsfluss von der nachgelagerten Stufe aus (z.B. ein interner Kunde, nachgelagerter Arbeitsplatz, externer Kunde) angestoßen. Diese gibt die notwendigen Zuliefer- oder Vorarbeitsaufträge (unter Berücksichtigung des eigenen Bestandes) an die davor gelagerten Stellen weiter, welche die Nachversorgung regeln. Somit handelt es sich um ein verbrauchsgesteuertes System. Im Unterschied zum Push-Prinzip gibt es hinsichtlich

<sup>22</sup> vgl. Tempelmeier (2008), S. 336.

der Steuerung keine detaillierte Arbeitsvorschrift für jede Produktionsstufe, sondern einen Produktionsplan für den letzten Schritt der Erzeugnis-Herstellung.<sup>23</sup>

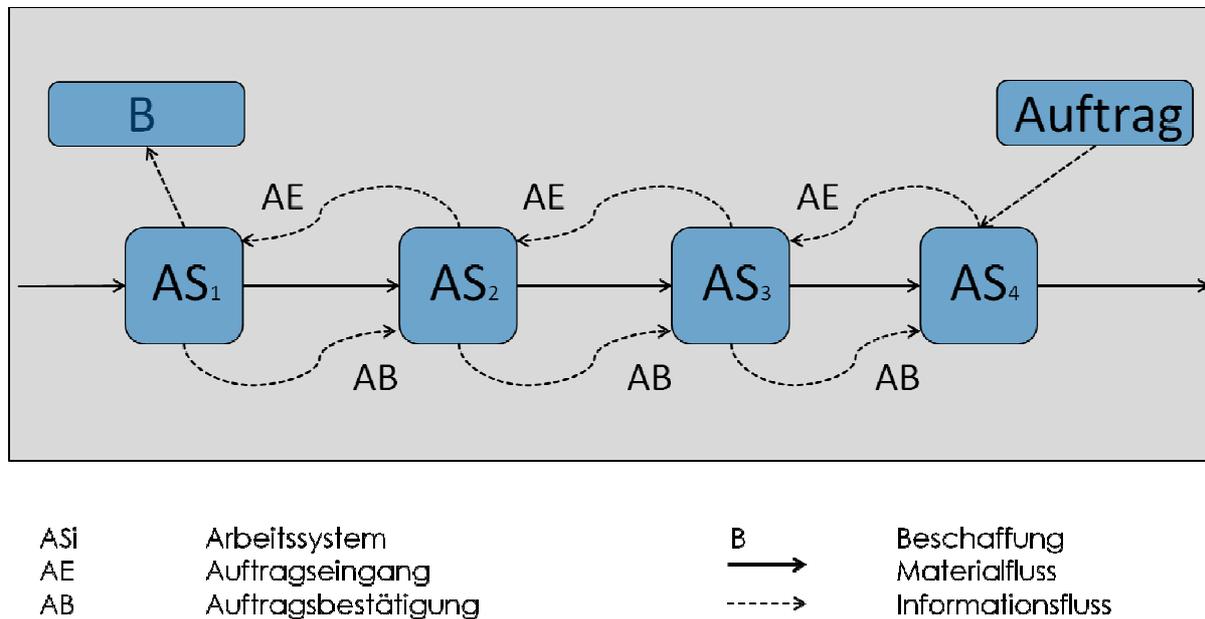


Abbildung 5: Pull-Prinzip<sup>24</sup>

Klaus<sup>25</sup> schreibt, dass die Zielsetzung des Pull-Prinzips darin besteht, die Flexibilität einer Werkstattfertigung mit der Effizienz einer Fließproduktion zu kombinieren. Der wesentliche Vorteil in diesem System ist, dass zwischen den einzelnen Fertigungsstellen jeweils nur so viele Zwischenprodukte bzw. Produktionsmaterial vorhanden sind, wie für die Herstellung benötigt wird. Um dies zu realisieren wird eine am Objektfluss orientierte Segmentierung der Produktionsprozesse vorgenommen. Die dadurch entstehenden Produktionsinseln kommunizieren selbstständig durch miteinander vernetzte Regelkreise und verfügen über eigene Pufferlager im Anschluss des Herstellungsprozesses. Bei einer Pull-Steuerung wird häufig ein Supermarkt eingeführt, aus dem die für die Produktion benötigten Materialien entnommen werden. Die kurzfristige Produktionssteuerung zwischen den einzelnen Fertigungsstellen wird dezentral durch die Mitarbeiter übernommen (z.B. Auffüllen von Beständen in Zwischenpuffer durch den innerbetrieblichen Materialtransport). Der Bestand eines Supermarktes wird in weiterer Folge wiederum von einem vorgelagerten Lieferanten kontrolliert und aufgefüllt. Die

<sup>23</sup> vgl. Günther (2007), S. 322.

<sup>24</sup> vgl. Gudehus (2004), S. 260.

<sup>25</sup> vgl. Klaus u.a. (2012), S. 477 f.

Umsetzung der Steuerung erfolgt durch Kanban-Systeme. Bei diesem System sind die Informationen der Produkte (Art, Menge, Losgröße, Bezeichnung, etc.) auf Karten oder Behälter angegeben, wodurch die Koordination bzw. der Informationsfluss zwischen den einzelnen Fertigungsstellen gewährleistet wird. (siehe Kapitel 3.4.4)

Eine wichtige Voraussetzung für ein reibungsloses Funktionieren des Pull-Prinzips ist eine ausreichende Flexibilität der einzelnen Produktionsstellen, um möglichst schnell auf wechselnde Abrufe aus dem nachgelagerten Puffer (Lager des nächsten Produktionsschrittes) reagieren zu können. Diese notwendige Flexibilität wird durch möglichst kurze Rüstzeiten der einzelnen Anlagen, welche in weiterer Folge eine kurze Durchlaufzeit der Produktionsaufträge gewährleisten, erreicht.<sup>26</sup>

### **2.2.3 Zentrale und dezentrale Steuerung**

Bei der zentralen Planung und Steuerung von Produktionsaufträgen werden die koordinierenden und steuernden Tätigkeiten von einer übergeordneten Stelle aus geleitet. Jodlbauer<sup>27</sup> schreibt, dass dabei Erfahrungen und Wissen aus dezentralen Stellen verloren gehen, wenn diese bei der Planung von Aufträgen nicht mit einbezogen werden. Nach Schuh<sup>28</sup> führt eine zentrale Planung und Steuerung zu einem erhöhten Abstimmungsbedarf, um gesetzte logistische und betriebswirtschaftliche Ziele zu erreichen. Vorteilhaft ist jedoch die Tatsache, dass das erforderliche Wissen zentral entwickelt werden kann. Ein weiterer positiver Effekt ist die genauere inhaltliche und zeitliche Abstimmung von PPS-Prozessen. *„Die Gestaltung zentraler PPS-Prozesse und PPS-Prozesselemente fokussiert dabei das Erreichen globaler Ziele aus Sicht der gesamten Wertschöpfungskette anstelle einzelner suboptimaler Ziele aus Sicht der Organisationseinheiten.“*<sup>29</sup>

Bei der dezentralen Steuerung passiert die Abarbeitung der Aufträge an jener Stelle, an der sie eingeplant und gesteuert werden. Ein Anwendungsbeispiel dafür ist die Dezentrale Bestandsorientierte Fertigungsregelung (DBF).

---

<sup>26</sup> vgl. Günther (2007), S. 322.

<sup>27</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S. 107.

<sup>28</sup> vgl. Schuh (2006), S. 300.

<sup>29</sup> Schuh (2006), S. 300.

Nach Dickmann<sup>30</sup> handelt es sich dabei um ein Auftragsfreigabeverfahren, welches infolge einer Kundennachfrage oder aufgrund eines Verbrauches (der Auftrag wird durch ein übergeordnetes Planungsverfahren angeordnet) die jeweiligen Aufträge freigibt. Der genaue Zeitpunkt des Auftragstartes wird jedoch dezentral durch das Unterschreiten einer Bestandsgrenze bestimmt. Dabei werden der Bestand des eigenen Arbeitssystems sowie der Bestand des vorgelagerten Arbeitssystems berücksichtigt. Eine wesentliche Voraussetzung für den reibungslosen Ablauf einer dezentralen Steuerung ist eine umfassende Schulung der Mitarbeiter.

Der Vorteil dieser Steuerung liegt darin, dass Planungs- und Steuerungsentscheidungen aufgrund kürzerer Entscheidungswege vor Ort, schneller getroffen werden können. In weiterer Folge ist der Koordinationsaufwand niedriger und die Flexibilität höher.

---

<sup>30</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 137.

## 2.2.4 Planungs- und Steuerungsverfahren bezogen auf Basisinformationen

Planungs- und Steuerungsverfahren können ebenso in Hinblick auf gegebene Basisinformationen unterschieden werden. Die Verfahren werden aufgrund einzelner Eigenschaften in Hinblick auf den Zeithorizont differenziert.<sup>31</sup>

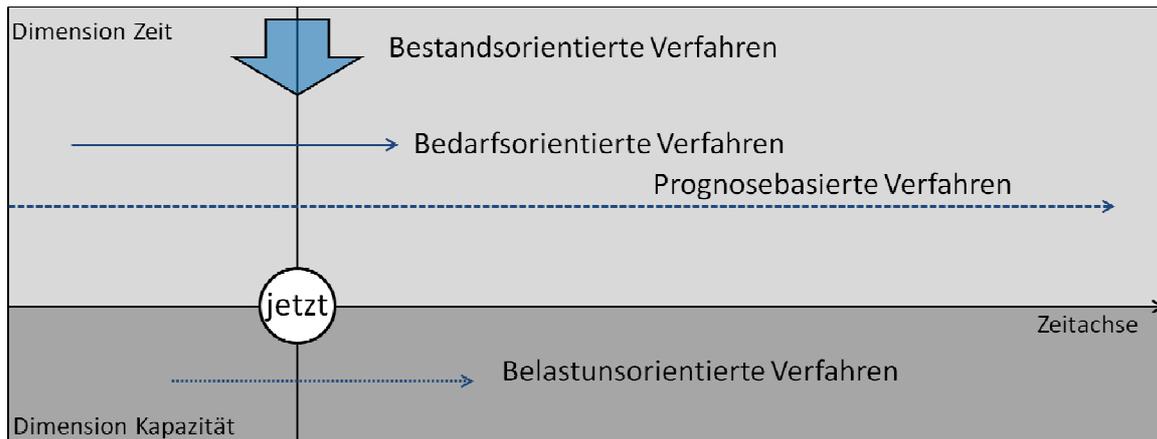


Abbildung 6: Verfahren bezogen auf Basisinformationen<sup>32</sup>

### Bestandsorientierte Verfahren

Bestands- oder auch verbrauchsorientierte Verfahren orientieren sich an einer Bestandsgrenze. Ein Fertigungs- oder Beschaffungsauftrag wird i.d.R. durch ein Unterschreiten eines definierten Mindestbestandes ausgelöst.<sup>33</sup> Diese Verfahren funktionieren nach dem Pull-System. Durch die Entnahme von Material wird eine vorher definierte Bestandsgrenze unterschritten, wodurch in weiterer Folge eine Beschaffung oder ein Produktionsauftrag bei der vorgelagerten Fertigungsstufe oder eben einem Lager ausgelöst wird.

Bei der Produktion/Bereitstellung des Nachschubes wird eine feste Bestelllosgröße beachtet. D.h., es werden so viele Einheiten erzeugt/nachbestellt, bis deren Summe der festgelegten Bestandsgrenze entspricht. Diese Verfahren sind besonders für kontinuierliche Bedarfe oder für Anwendungen geeignet, bei denen eine 100%ige Liefer-

<sup>31</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 116.

<sup>32</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 116.

<sup>33</sup> vgl. Jodlbauer (2007), S. 108.

fähigkeit mit kurzen Lieferzeiten entscheidend ist. Ein typisches Anwendungsgebiet dieses Verfahrens ist die Kanban-Steuerung.<sup>34</sup>

### **Bedarfsorientierte Verfahren**

Bedarfsorientierte Verfahren werden häufig bei kleineren Betrieben oder bei Handwerksunternehmen angewendet. Ein Kunde bestellt ein Produkt, wodurch die Produktion gemäß dem Push-Prinzip angestoßen wird. Da der Auftragseingang zufällig erfolgt, ist eine optimale Ausnutzung der Kapazitäten nicht möglich. Aufgrund unterschiedlicher Aufträge entstehen lange Durchlauf- und Lieferzeiten, was sich ungünstig auf die Flexibilität auswirkt. Ein Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Möglichkeit, Sonderprodukte (z.B. Sondermaschinenbau) mit der Losgröße eins bei geringem Lagerbestand zu erstellen. Diese Methode ist auch als Auftragsproduktion oder Make-to-Order (MTO) bekannt.<sup>35</sup>

### **Prognosebasierte Verfahren**

Bei prognosebasierten Verfahren werden Planaufträge infolge von Kundenbestellungen oder aufgrund einer Absatzvorschau generiert.<sup>36</sup> Da die Aufträge beginnend bei der ersten Fertigungsstufe eingeführt werden, handelt es sich hierbei ebenfalls um ein Push-System. Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist die Darstellung bekannter zukünftiger Veränderungen in der Steuerung, da viele unterschiedliche Stamm- und Prognosedaten eingebunden werden. Bekannte Anwendungen des prognosebasierten Verfahrens sind MRP und das Fortschrittszahlenkonzept (FZK).

### **Belastungsorientierte Verfahren**

*„Belastungsorientierte Verfahren versuchen, anhand einer Betrachtung und Steuerung des Bestandes eine hohe und gleichmäßige Belastung und Auslastung entlang der Materialflusskette zu erreichen.“*<sup>37</sup> Bei diesem Verfahren wird durch ein zentrales PPS-System mittels einer Rückwärtsterminierung eine Liste dringender Aufträge erstellt. Ein Auftrag erhält die Freigabe, wenn die Bestandsgrenze an keinem der Arbeitssysteme überschritten ist, die der Auftrag durchlaufen wird.<sup>38</sup> Typische belastungsorien-

---

<sup>34</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 118 f.

<sup>35</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 117.

<sup>36</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S. 108.

<sup>37</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 120.

<sup>38</sup> vgl. Lödding (2008), S. 373 f.

tierte Verfahren sind die Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA), oder das mit dem Kanban-System kombinierte CONWIP (Constant Work in Process).

Jedes der in diesem Abschnitt erwähnten Steuerungskonzepte hat einen optimalen Anwendungsbereich:

Steuerungstyp	Optimales Anwendungsgebiet
Bedarfsorientierte Steuerung	Unplanbare Bedarfe
Bestandsorientierte Steuerung	Hohe Lieferfähigkeit, Bestandsoptimierung
Prognosebasierte Steuerung	Sichere planbare Bedarfe
Belastungsorientierte Steuerung	Kritische Kapazität

**Tabelle 1: Steuerungsselektive Kriterien<sup>39</sup>**

Welcher Steuerungstyp wann angewendet wird, ist letztendlich von den herzustellenden Produkten sowie von den technologischen Rahmenbedingungen, den Marktanforderungen und dem Beschaffungsmarkt abhängig.

## 2.2.5 Hybride Steuerungskonzepte

In vielen Unternehmen, so auch in der FCI Austria GmbH, werden hybride Steuerungskonzepte eingesetzt.

Dickmann<sup>40</sup> beschreibt die Vorteile und Anwendungen Steuerungskonzepte. Diese setzen sich aus unterschiedlichen, parallel eingesetzten Steuerungssystemen zusammen. Durch die Verknüpfung verschiedener Steuerungssysteme entsteht eine Redundanz, welche wiederum die Resistenz gegen Störungen erhöht. Die Kombination von Steuerungssystemen hat den positiven Effekt, dass die Schwächen eines Systems durch die Stärken eines anderen Systems ausgeglichen werden. Eine häufig anzutreffende Variante ist die Kombination einer Grobsteuerung durch MRP, kombiniert mit der Feinsteuerung durch das Kanban-System.

<sup>39</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 155

<sup>40</sup> vgl. Dickmann (2007), S.143 ff.

Lödding<sup>41</sup> bezeichnet dieses Verfahren als Synchro MRP, Dickmann<sup>42</sup> beschreibt es unter dem Namen hybrides MRP-Kanban. Ziel dieses Steuerungskonzeptes ist es, die Vorteile von Kanban (hohe Lieferfähigkeit, geringe Bestände) mit dem Vorteil der MRP-Steuerung (schnelle Reaktion auf Bedarfsschwankungen durch rollierende Planung) zu kombinieren. Synchro MRP ist aus der Idee hervorgegangen, die Vorteile der Kanban-Steuerung auf eine Fertigungsumgebung zu übertragen, die von häufigen Produktänderungen sowie von einer großen Variantenvielfalt geprägt ist. Die Funktionsweise dieser hybriden Steuerung ähnelt jener des Zwei-Karten-Kanban (vgl. 3.4.2), mit dem Unterschied, dass ein Arbeitssystem eine Variante nur dann fertigen darf, wenn die geplante Gesamtmenge der zu fertigenden Produkte noch nicht erreicht ist. Daraus folgt, dass bei Erreichen einer geplanten Gesamtmenge (laut Tagesproduktionsprogramm), die weitere Fertigung von Produkten eingestellt, und somit ein unerwünschter Bestandsaufbau vermieden wird. Dieses hybride Konzept vereint dabei die Aufträge eines Tagesproduktionsplanes aus einem übergeordneten PPS-System (MRP, zentral gesteuert) mit der dezentralen Steuerung durch das Zwei-Karten-Kanban System.

Folgende Grafik veranschaulicht den zentralen bzw. dezentralen Informationsfluss des Synchro MRP Konzeptes:

---

<sup>41</sup> vgl. Lödding (2008), S.223 ff

<sup>42</sup> vgl. Dickmann, Philipp: <http://www.philipp-dickmann.de> (22.08.2013)

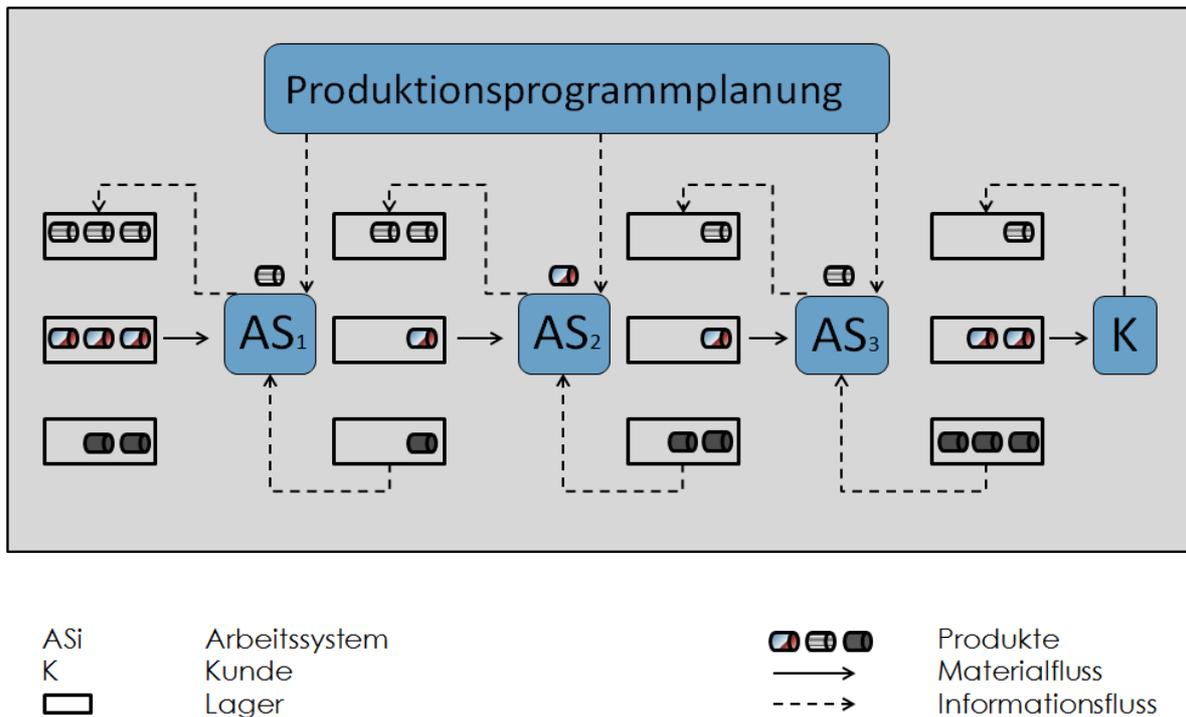


Abbildung 7: Informationsfluss von Synchro MRP.<sup>43</sup>

Durch die Optimierung der Bestände werden in weiterer Folge Zielgrößen wie die Kapitalbindung, Flexibilität und Lieferfähigkeit positiv beeinflusst. Welches System jedoch mit welchen Ausprägungen zum Einsatz kommt, hängt wiederum von vielen unterschiedlichen Faktoren ab und ist individuell in jedem Unternehmen unterschiedlich.

<sup>43</sup> vgl. Lödding (2008), S. 224.

### 3 Lean Management und Toyota Production System

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit dem Toyota-Produktionssystem (TPS) und dessen amerikanischem Pendant, dem Lean Management (bzw. Lean Production). Nach einem kurzen Überblick zur Entstehung dieser Systeme wird näher auf einige wichtige Elemente und deren Auswirkungen auf die industrielle Produktion eingegangen. Im Fokus stehen dabei das Pull-Prinzip und dessen Umsetzung durch Kanban-Systeme zur Forcierung einer Just-in-Time Fertigung.

#### 3.1 Entstehung von TPS und Lean Management

##### **Das Toyota Production System**

Die Entstehung des TPS fand unter Einflussnahme dreier Personen im Zeitraum von 1902 bis zirka 1956 statt.<sup>44</sup> Den Grundstein legte Sakichi Toyoda, durch die Entwicklung eines Webstuhles, der sich automatisch abschaltet. Diese Idee wurde von Toyota übernommen und auf die Automobilindustrie übertragen.

In der Nachkriegszeit des zweiten Weltkrieges betrug die Produktivität von japanischen Herstellern etwa ein Neuntel bis ein Achtel gegenüber der Konkurrenz aus Amerika.<sup>45</sup> Der damalige Präsident der Toyota Motor Company, Toyoda Kiichiro erkannte den Handlungsbedarf in der japanischen Automobilindustrie. Japan war zu diesem Zeitpunkt wirtschaftlich durch einen kleinen Binnenmarkt, der eine breite Fahrzeugpalette verlangte, gekennzeichnet. Des Weiteren war die japanische Wirtschaft durch den Krieg zerstört, wodurch es wenig Kapital zum Kauf neuer westlicher Technologien gab.<sup>46</sup> Um gegenüber dem amerikanischen Markt längerfristig konkurrenzfähig zu werden, bedurfte es eines ausgeklügelten Konzeptes. Aus diesem Grund hatte Kiichiro die Idee einer Fließbandproduktion für Varianten mit geringer Stückzahl, da die hohen Losgrößen der amerikanischen Industrie nicht für den japanischen Markt geeignet waren. Die Fertigung dieser Fließbandproduktion richtete sich hinsichtlich der Quantität exakt an die Kundennachfrage (Grundgedanke des Just-in-

---

<sup>44</sup> vgl. Becker (2006), S. 269 f.

<sup>45</sup> vgl. Ohno (2009), S. 35.

<sup>46</sup> vgl. Syska (2006), S. 85.

Time Prinzips), was dem bis zu diesem Zeitpunkt bekanntem Produktionssystem nach Henry Ford widersprach.<sup>47</sup>

Die dritte Person die maßgeblich an der Entwicklung des TPS beteiligt war und es letztendlich zu einem Gesamtsystem zusammenfügte, war Taiichi Ohno. Diesem war das Problem der Verschwendung resultierend aus kostenintensiven Lagerbeständen infolge der Überproduktion, bewusst. Als Leiter eines Werks für Metallbearbeitung ordnete er Maschinen nicht gruppiert nach deren Funktionen an, sondern nach der Reihenfolge der Produktionsprozesse. Ohno versuchte die Materialien stückweise zu bearbeiten und sie dann unmittelbar dem nächsten Bearbeitungsschritt weiterzuleiten. Durch dieses Vorgehen versuchte er das Just-in-Time Konzept von Kiichiro zu verwirklichen.<sup>48</sup>

In weiterer Folge übertrug Ohno das Supermarkt-Konzept aus dem Einzelhandel, dass er bei einem Aufenthalt in den USA kennenlernte, auf die Produktion in der Automobilindustrie. Ein nachgelagertes Arbeitssystem soll dabei, analog zum Kunden im Supermarkt, die benötigten Teile aus der vorgelagerten Produktionsstufe herausziehen. Daraus entwickelte er das Konzept der Pull-Steuerung. Die Bestellungen der einzelnen Arbeitssysteme werden in entgegengesetzter Richtung des Herstellungsprozesses, ausgehend vom letzten Arbeitsgang bis hin zum ersten Produktionsschritt, geleitet. Den Informationsfluss steuerte er dabei mittels Schildern (Kanban).<sup>49</sup>

Um einen kontinuierlichen Materialfluss in einer Just-in-Time Produktion zu gewährleisten bedarf es Maschinen mit einem möglichst geringen Anteil an fehlerhaften Produkten. Dafür griff Ohno das Konzept des Jidoka (japanisch für Automation<sup>50</sup>) auf, in welchem sich Maschinen selbst überprüfen und bei fehlerhaften Teilen anhalten. Der Mensch greift dabei nur zur Behebung von Störungen ein.

Zusammenfassend definiert sich das TPS als ein Fertigungskonzept mit dem (ursprünglichen) Ziel der völligen Beseitigung von Verschwendung (Muda), hervorgerufen durch übermäßige Bestände sowie einer ineffizienten Ausnutzung von Anlagen. Ohno<sup>51</sup> beschreibt dazu sieben Arten der Verschwendung:

- Überproduktion,
- Wartezeiten,

---

<sup>47</sup> vgl. Becker (2006), S. 269 f.

<sup>48</sup> vgl. Becker (2006), S. 60 f.

<sup>49</sup> vgl. Becker (2006), S. 63.

<sup>50</sup> vgl. Womack (2003), S. 347.

<sup>51</sup> vgl. Ohno (2009), S. 52.

- Transport,
- unnötige Lagerung,
- unnötige Bewegung,
- defekte Produkte und
- ineffiziente Bearbeitung.

Die zwei wesentlichen Fundamente des TPS sind dabei nach Bellmann<sup>52</sup> das Just-in-Time Konzept und die Automatisierung. Das Werkzeug zur Umsetzung eines funktionierenden (JIT) Produktionssystems nach diesen Prinzipien ist eine Kanban-Steuerung.<sup>53</sup>

### **Lean Management**

Der Begriff Lean Management (auch schlankes Management) wurde in den Anfängen der neunziger Jahre von den Amerikanern James P. Womack und Daniel T. Jones eingeführt. Diese führten eine internationale Studie über Produktionssysteme in der Automobilindustrie durch. Das Ergebnis zeigt vor allem die sehr differenzierten Produktionsmethoden zwischen asiatischen und westlichen Automobilherstellern. Der Begriff des TPS wurde von Womack und Jones mit dem Begriff Lean Management belegt, welches im Grunde dieselben Ziele wie das TPS aufweist, jedoch auf amerikanische Industrieproduktionen übertragen wurde.<sup>54</sup> Hinter Lean Management steckt die grundsätzliche Philosophie, durch eine schlanke Unternehmensorganisation (weniger Personal, Produktionsfläche und Investitionen) wettbewerbsfähig zu werden, bzw. zu bleiben.<sup>55</sup> Die wesentlichen Ziele der Lean Production sind nach Becker<sup>56</sup>

- die Fließproduktion
- das Pull-Prinzip sowie
- die Vermeidung von Verschwendung.

Die Methoden, die durch Lean Management und das TPS bekannt geworden, und heute für einen effizienten Materialfluss unumgänglich sind, werden in den folgenden Kapiteln näher erklärt.

---

<sup>52</sup> vgl. Bellmann (2007), S. 198.

<sup>53</sup> vgl. Göpfert (2013), S. 141.

<sup>54</sup> vgl. Koch (2013), S. 11.

<sup>55</sup> vgl. Biedermann (2011), S. 61.

<sup>56</sup> vgl. Becker (2008), S. 39 f.

## 3.2 Elemente von Lean Management und TPS

„Es gibt heute kaum ein namhaftes produzierendes Unternehmen, das hohem Konkurrenzdruck ausgesetzt ist und dabei noch völlig ohne an die schlanke Produktion angelehnte Methoden auskommt“.<sup>57</sup> Aufgrund einer immer komplexer werdenden Produktion, angetrieben von anspruchsvollen Kundenwünschen (hinsichtlich Qualität, Zeit und Preis), sowie einem wachsendem Konkurrenzdruck, steigen auch die Kosten für das Unternehmen immer mehr an. Dabei sind im eigentlichen Herstellungsprozess nur ein sehr geringer Teil der Handlungen tatsächlich wertschöpfend. Durch Methoden des Lean Management bzw. TPS ist es möglich die Komplexität in Produktionsprozessen zu reduzieren, Durchlaufzeiten zu vermindern, Verschwendung zu vermeiden und in weiterer Folge Kosten zu senken. Nach Abel<sup>58</sup> und Kamiske<sup>59</sup> und Göpfert<sup>60</sup> definiert sich die Lean Management- Philosophie durch folgende fünf Punkte:

- Der Kunde bestimmt den Wert eines Produktes.
- Die Fertigungskette wird als Wertfluss betrachtet.
- Es gilt einen gleichmäßigen Produktionsfluss zu schaffen (Fluß-Prinzip).
- Der Kunde zieht den Wertfluss (Pull- Prinzip).
- Perfektion muss angestrebt werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt von Lean Management ist nach Wildemann<sup>61</sup> die Erweiterung der Wertschöpfungsprozesse um die Dimensionen Organisation, Führung und Mitarbeiter-Know-how. Effiziente Organisationen agieren nicht in Funktionen oder Hierarchien, vielmehr steht der Prozess als Ganzes im Vordergrund. Die Kreativität, das Problemlösungspotential und das Wissen der Mitarbeiter werden in den Leistungserstellungsprozess mit eingebunden.

Folgende Graphik veranschaulicht einige wesentliche Methoden des Lean Management:

---

<sup>57</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 5.

<sup>58</sup> vgl. Abel (2011), S. 40.

<sup>59</sup> vgl. Kamiske (2010), S. 23.

<sup>60</sup> vgl. Göpfert (2013), S. 144.

<sup>61</sup> vgl. Wildemann (2002), S. 16.

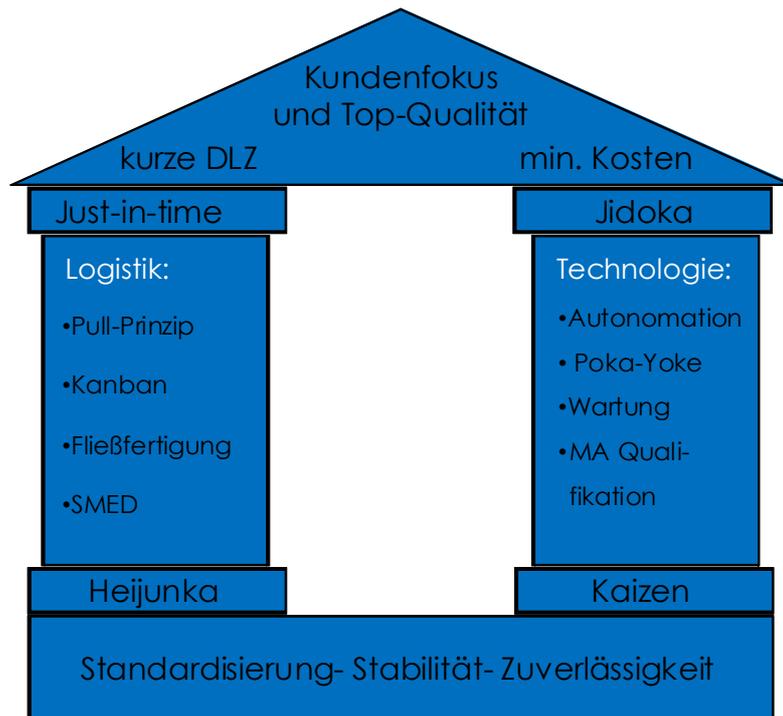


Abbildung 8: Basismethoden der Lean Production<sup>62</sup>

Der Zusammenhang dieser einzelnen Methoden lässt sich nach Erlach<sup>63</sup> wie folgt erklären:

- Durch Stabilität und Standardisierung in Prozess- und Arbeitsabläufen wird die Zuverlässigkeit erhöht, wodurch sich eine ständige Verbesserung der Effizienz erzielen lässt.<sup>64</sup>
- Die beiden Säulen stellen Methoden zur Vermeidung von Verschwendung dar. Die linke Säule bezieht sich dabei auf die Vermeidung von Verschwendung in Abläufen. Durch die Anwendung von Just-in-Time Prinzipien lässt sich eine termingerechte Produktion ohne Überproduktion erreichen, weiters wird durch eine Produktionsnivellierung (Heijunka) ein gleichmäßiger Takt realisiert. Die rechte Säule bezieht sich auf die Vermeidung von Verschwendung in Produktionsprozessen aufgrund technologischer Aspekte. Dies wird einerseits durch die kontinuierliche Verbesserung (Kaizen) von Produkten und Produktionsprozessen, andererseits durch eine intelligente Automatisierung (Jidoka)

<sup>62</sup> vgl. Erlach (2007), S. 243.

<sup>63</sup> vgl. Erlach (2007), S. 243 ff.

<sup>64</sup> vgl. <http://www.tqm.com/beratung/lean-management/prozesse-standardisieren> (08.09.2013).

realisiert. Durch Jidoka werden Prozesse und Werkzeuge so gestaltet, dass eine falsche Bedienung nicht möglich ist. Infolgedessen muss ein Mitarbeiter nicht aktiv auf eine Maschine achten, sondern kann mehrere Anlagen bedienen.

- Das Resultat der Methoden des Lean Management spiegelt sich im Dach wider: Top Qualität, kurze Durchlaufzeiten und minimale Kosten.

In Abb. 8 sind jedoch nur einige Methoden der Lean Production (und somit auch des Lean Management) dargestellt. Für die Umsetzung einer schlanken Produktion, gibt es je nach Autor, verschiedene Methoden und Konzepte, die sich gegenseitig ergänzen und beeinflussen.<sup>65</sup>

### 3.2.1 Das Just-in-Time- Prinzip

Das Just-in-Time- Konzept (JIT-Konzept), wie es im TPS entwickelt wurde, ist aus den meisten Unternehmen nicht wegzudenken. Es wird, wie ursprünglich entstanden, sowohl im Rahmen der Fertigung unternehmensintern, als auch über die Unternehmensgrenzen hinweg, über den Bereich der Zulieferung bis hin zum Kunden, entlang der gesamten Wertschöpfungskette angewendet.<sup>66</sup> Vor Allem im Hinblick auf Lean Management ist JIT als ein Prinzip zur ganzheitlichen Optimierung von Produktionsflüssen zu verstehen. Nebl<sup>67</sup> definiert JIT als ein Konzept, mit dem Ziel, die Produktionsfaktoren so miteinander zu verknüpfen, dass diese genau zur richtigen Zeit wirksam werden und eine bedarfsgerechte Produktion ermöglicht wird. Dazu muss das richtige Material, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität, zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort sein.<sup>68</sup>

Im Bereich der Logistik kommt das JIT- Konzept vor allem im Beschaffungswesen (bei der Anlieferung von Produktionsmaterialien bzw. Halbfabrikate) zur Anwendung. Der wesentliche Vorteil liegt in der Vermeidung von Verschwendung (durch Reduktion der Lagerhaltungskosten) beim Kunden.<sup>69</sup> Dabei spielt die Qualität des Lieferanten

---

<sup>65</sup> Weiterführende Literatur zu Methoden des Lean Management: Syska (2006), S.16, 27, 46, 84, 100, 134, 175.

<sup>66</sup> vgl. Syska (2006), S. 65., (zit. Nach: Wildemann 2000, S. 51).

<sup>67</sup> vgl. Nebl (2011), S. 760.

<sup>68</sup> vgl. Estrada (2009), S. 581.

<sup>69</sup> vgl. Danese (2012), S. 445.

eine wesentliche Rolle. Sie beeinflusst zusammen mit der geographischen Lage, die Größe des vorgehaltenen Puffers und in weiterer Folge die Höhe der Lagerhaltungskosten. Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor auf das Einsparungspotential ist der Anteil der Materialkosten am fertigen Produkt.<sup>70</sup> Bei hohen Materialkosten lassen sich durch eine optimale Menge an vorgehaltenen Materialien die Kapitalbindungskosten beim Kunden reduzieren. Auf diesem Weg reduziert es die Verschwendung. Nach Dickmann<sup>71</sup> sollte sich der überbetriebliche Materialfluss an folgenden Zielen orientieren:

- Minimale Puffer beim Lieferant und beim Kunden sichern die Flexibilität.
- Kurze Wege ermöglichen kleine Losgrößen, eine kurze Reaktionszeit und in weiterer Folge geringe Lagerbestände sowie niedrige Transportkosten.
- Anlieferintervalle sollten dem Produktionszyklus und dem innerbetrieblichen Materialfluss angepasst sein.
- Für Verpackungen und im Transport sollten standardisierte Losgrößen eingesetzt werden.

Im Bereich der Produktion sorgt das JIT- Konzept dafür, dass das Produktionsmaterial für einen Prozess genau dann bereitgestellt wird, wenn ein Nachfolgeprozess dieses benötigt. Der interne Kunde steuert den Fertigungsstart, wodurch eine Fertigung im Kundentakt entsteht. Dadurch werden Bestände gering gehalten und der „Work in Process“ (WIP) beschränkt sich auf jenes Material, welches sich gerade in Arbeit oder beim Transport befindet.<sup>72</sup> Der innerbetriebliche Materialfluss bzw. Transport sollte dabei auf das Notwendigste reduziert werden, da dem Produkt keine Wertschöpfung zugeführt wird. Die Folge ist eine Reduktion der DLZ und eine Erhöhung der Flexibilität.

Die Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des JIT- Konzeptes ist ein stabiler und funktionierender Informationsfluss. Dieser ist direkt mit dem Materialfluss verbunden, verläuft zeitlich vorgeschaltet und wird durch z.B. eine Kanban-Steuerung (Pull-System) realisiert.

---

<sup>70</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 15.

<sup>71</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 113.

<sup>72</sup> vgl. Tempelmeier (2008), S. 10.

Um eine Senkung der DLZ (JIT in der Produktion) sowie eine Minimierung der Lagerhaltungskosten (JIT im Bereich der Beschaffung und Produktion) zu erreichen, sind nach Tempelmeier<sup>73</sup> folgende Voraussetzungen notwendig:

- Kurze Lieferfristen in der Beschaffung,
- Reduzierung der Rüstzeiten  
(Durch die Reduzierung der Rüstzeiten verkürzt sich die DLZ, wodurch die Produktion kleinerer Losgrößen gefördert wird. Dies wirkt sich in weiterer Folge positiv auf den Lagerbestand (Lagerhaltungskosten), und auf die Flexibilität bzw. auf kurze Lieferzeiten aus.),
- Standardprodukte mit gleichmäßigem Bedarf und
- Qualitätssicherung mit einer Fehlerquote nahe null.

Diese Voraussetzungen für ein funktionierendes JIT- Konzept verdeutlichen die Verzahnung unterschiedlicher Lean-Methoden mit dem Ziel, einen schlanken Produktionsprozess zu erreichen.

### **3.2.2 Die Umsetzung des Pull-Prinzips: Kanban**

Das Wort Kanban ist der japanische Ausdruck für Karte bzw. Tafel.<sup>74</sup> In der PPS (vor allem im Lean Management bzw. TPS) steht dieser Begriff für ein Steuerungsverfahren zur Regelung des Materialflusses in einem Fertigungsprozess.<sup>75</sup>

Wie im Kapitel 3.1 erwähnt, entstand dieses Tool im TPS unter Taiichi Ohno. Dieser suchte nach einer Möglichkeit der Informationsübertragung in der JIT-Fertigung. Um dabei die benötigten Teile in der benötigten Menge an den richtigen Arbeitsplatz zu schaffen, musste kommuniziert werden. Als Informationsträger verwendete er Karten, die zwischen Verbraucher und Produzenten pendelten.<sup>76</sup>

Nach Dickmann<sup>77</sup> hat sich Kanban mittlerweile weltweit zu einem der am weitest verbreiteten Steuerungsverfahren entwickelt. Den Grund dafür sieht er im Trend zu

---

<sup>73</sup> vgl. Tempelmeier (2008), S. 10.

<sup>74</sup> vgl. Womack (2003), S. 349.

<sup>75</sup> vgl. Smalley (2005), S. 107.

<sup>76</sup> vgl. Geiger (2011), S. 16f.

<sup>77</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 121.

einer Reduzierung der Komplexität, der geringen Störanfälligkeit sowie in der Einfachheit des Verfahrens.

### **3.2.2.1 Das Prinzip der Kanban-Steuerung**

Kanban ist ein sehr einfaches und effizientes Steuerungskonzept nach dem Pull-Prinzip (vgl. 2.2.2). D.h., es wird nur dann gefertigt, wenn ein konkreter Kundenbedarf vorliegt. Kombiniert mit dem Kundentakt und einer geglätteten Produktionsplanung ermöglicht Kanban die JIT-Produktion. Die Organisation des Materialflusses einer Kanban-Steuerung ist vergleichbar mit der eines Supermarktes. In Regalen oder auf Bereitstellungsflächen befindet sich ein bestimmter Vorrat an Produkten oder Halbfertigteilen. Ein Verbraucher (Kunde oder nachgelagertes Arbeitssystem) entnimmt die bereitgestellten Teile in der benötigten Menge (Abb. 8a.). Nach Unterschreiten eines Meldebestandes bzw. wenn keine Teile mehr zu Verfügung stehen, wird die dabei entstehende Lücke von der vorgelagerten Stelle (Arbeitsstation oder Lieferant) wieder aufgefüllt (Abb. 8b.). Der Meldebestand bzw. ein leerer Puffer geben somit den Anstoß für die weitere Produktion im vorgelagerten Arbeitssystem. Sind in einem Supermarkt oder auf der Bereitstellungsfläche noch genügend Teile vorhanden (Puffer > Meldebestand) so werden durch das vorgelagerte Arbeitssystem keine Teile nachproduziert (Abb. 8c).<sup>78,79,80</sup>

Die Kommunikation zwischen Quelle und Senke (bzw. Erzeuger und Verbraucher) kann durch verschiedene Kanban-Hilfsmittel realisiert werden. Dabei wird zwischen Karten (Kreislauf-Kanban, Einweg-Kanban), Behältern, Transportwagen, Signalen und Stellflächen unterschieden. Kanban-Karten sind steuerungstechnisch gesehen eine Visualisierung des Gebindes und stellen die kleinste steuerbare Einheit im Materialfluss dar. Die physischen Kanban-Hilfsmittel, allen voran die Kanban-Karten, weisen einige Vorteile im Vergleich zu EDV-basierten Steuerungssystemen auf.<sup>81</sup> Sie sind frei von EDV-Fehlern (z.B. fehlerhafte Stammdaten) und den damit einhergehenden Störungen. Die Steuerung läuft selbstregelnd und dezentral ohne spezielle Software (außer bei eKanban) ab, was den Aufwand für die Produktionsplaner wesentlich mindert.

---

<sup>78</sup> vgl. Kletti (2011), S. 20.

<sup>79</sup> vgl. Geiger (2011), S. 18.

<sup>80</sup> vgl. Smalley (2005), S. 107.

<sup>81</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 191.f.

Des Weiteren ist das Produktionsmaterial durch die beiliegenden Kanban-Karten jederzeit leicht zu identifizieren.<sup>82</sup>

Der wesentliche Nachteil von Kanban-Karten ist jener, dass sie bei unsachgemäßer Anbringung an einem Behälter oder einem Karton leicht verloren gehen können.

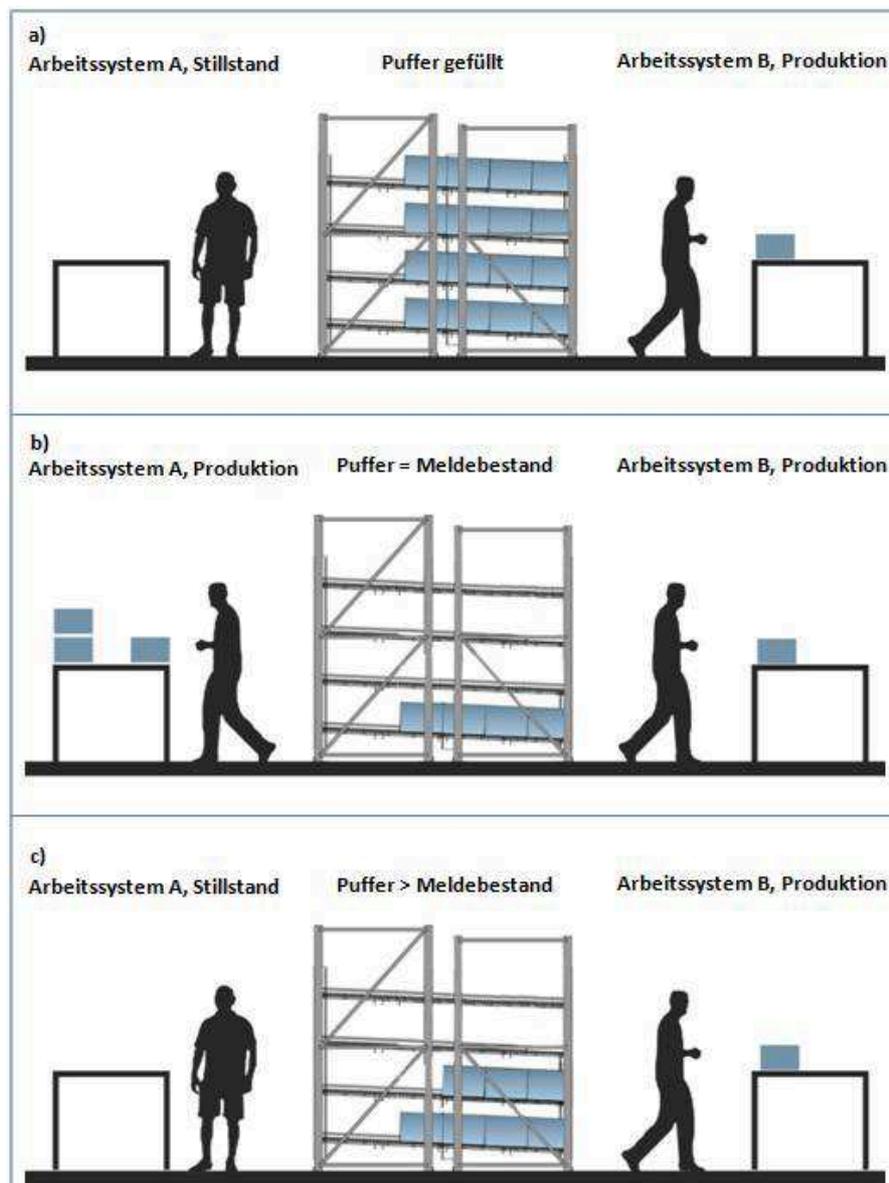


Abbildung 9: Grundprinzip der Kanban-Steuerung<sup>83</sup>

Um eine effiziente und fehlerfreie Steuerung nach dem Kanban-Prinzip zu gewährleisten müssen jedoch bestimmte Grundregeln (siehe Seite 30) strikt befolgt werden. Nur

<sup>82</sup> vgl. Gupta (1999), S. 1066.

<sup>83</sup> Eigene Darstellung

durch Einhaltung dieser Regeln ist es möglich, dass keine Reserven gebildet und Bestellungen sofort bearbeitet werden.<sup>84</sup> Grundvoraussetzung dafür ist jedoch eine Schulung der betroffenen Mitarbeiter, um die Wichtigkeit dieser Bestimmungen zu kommunizieren. Folgende Kanban-Regeln, vereint nach Dickmann<sup>85</sup>, Schönsleben<sup>86</sup> und Erlach<sup>87</sup> bilden das Fundament für eine funktionierende Steuerung:

1. Lieferung und Transport von Materialien erfolgen nur zusammen mit einem Kanban.
2. Produziert wird ausschließlich bei Vorliegen eines Produktions-Kanban, in der festgelegten Menge.
3. Es wird in der Reihenfolge der Entnahme durch den Kundenprozess produziert (falls keine andere Prioritätsregel definiert ist).
4. Die Auslösung eines Kanban-Regelkreises erfolgt nur durch den Verbraucher.
5. Fehlerhafte Produkte dürfen nicht weitergeleitet werden.
6. Die Anzahl der in Umlauf gebrachten Kanban darf nicht selbstständig verändert werden.
7. Die Senke (verbrauchende Stelle) darf nicht mehr als die notwendige Menge bestellen.
8. Die Planungsstelle sorgt durch Einschleusen und Entnahme für eine geeignete Anzahl an Kanban im Regelkreis (so viele wie notwendig, so wenig wie möglich).
9. Die Anzahl der im Umlauf befindlichen Kanban ist regelmäßig zu überprüfen.
10. Kanban-Behälter werden nur an den dafür vorgesehenen Plätzen abgelegt.

Die Kanban-Steuerung wird sowohl firmenintern zur Regelung des Materialflusses zwischen einzelnen Arbeitsstationen angewendet, als auch über die Grenzen der Firma hinweg, zur Versorgung der eigenen Produktion durch externe Lieferanten bzw. zur Versorgung von nachgelagerten Kunden. Die Verzahnung zwischen den einzelnen Leistungsstellen im Betrieb muss dabei nicht starr sein, d.h. der Hersteller eines Teiles kann mehrere Verbraucher haben und umgekehrt.<sup>88</sup> Durch das Ziehen der für die

---

<sup>84</sup> vgl. Schönsleben (2007), S. 338.

<sup>85</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 181.

<sup>86</sup> vgl. Schönsleben (2007), S. 338.

<sup>87</sup> vgl. Erlach (2007), S. 174.

<sup>88</sup> vgl. Kletti (2011), S. 21.

Produktion benötigten Teile entstehen zwischen den Arbeitsstationen selbststeuernde Regelkreise, welche sich jeweils nur auf ein (Zwischen)Produkt beziehen.

### **3.2.2.2 Eigenschaften der Kanban-Steuerung**

Die Kanban-Steuerung orientiert sich am Bestand der flussabwärts liegenden Arbeitssysteme und ist demnach ein verbrauchsgesteuertes System. Sie übt keine Organisationsfunktion aus, sondern dient lediglich als Steuerungselement.<sup>89</sup> Die Anzahl der im selbststeuernden Regelkreis verwendeten Kanban (bzw. die darauf befindliche Mengenangabe) begrenzt die Kapazität der jeweiligen Arbeitsstation. Ein typisches Merkmal der Steuerung ist ein niedriger Anteil statischer sowie hoher Anteil dynamischer Bestände. In Bezug auf die statischen Bestände, ergibt sich der Nachteil eines dauerhaften Lagerbestandes, vor allem wenn der Kunde keine Produktion auslöst. Das System stößt bei großer Teilevielfalt (hoher Inventuraufwand) und starken Schwankungen hinsichtlich der Entnahmemenge (Reservekapazitäten bereithalten, Gefahr des Bullwhip-Effekt) auf seine Grenzen.<sup>90</sup> Die Idealbedingungen sind nach Erlach<sup>91</sup> wenige Varianten mit hoher Verbrauchsrate, sowie ein gleichmäßiger Bedarf. Eine Abweichung von diesen Idealbedingungen macht eine Erhöhung der Lagerreichweite im Supermarkt erforderlich. Um Bedarfsschwankungen auszugleichen und eine hohe Lieferfähigkeit zu gewährleisten muss der Bestand erhöht werden, um eine steigende Variantenvielfalt zu bewältigen werden mehr Lagerplätze benötigt. In beiden Fällen entstehen Verschwendung und somit Kosten.

Eine wichtige Eigenschaft der Kanban-Steuerung ist die Einfachheit. Im Gegensatz zu einer Steuerung nach dem Push-Prinzip (z.B. MRP) passt sich Kanban, durch eigenverantwortlich handelnde Arbeitssysteme, direkt an den Kundenbedarf und etwaige Änderungen an. Da Material zwischen Arbeitsstationen nur dann weitergeleitet wird, wenn ein Bedarf besteht, entstehen keine überhöhten Puffer und infolge dessen Kapitalbindungskosten. Die Kanban-Steuerung ist im Gegensatz zu einem Push-System weniger komplex und somit weniger anfällig auf Planungsfehler. Da in der ursprünglichen Form keine Abhängigkeit zu einem EDV-System besteht, sind Fehler von dieser Seite her auch ausgeschlossen.

---

<sup>89</sup> vgl. Syska (2006), S. 69.

<sup>90</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 122.

<sup>91</sup> vgl. Erlach (2007), S. 169.

Aufgrund der einfachen Funktionsweise und dem Umstand, dass Kanban ein visuelles Steuerungstool ist, kann der Mitarbeiter durch die Visualisierung mittels Heijunka-boards sofort erkennen, ob die Fertigung zurück liegt oder dem Plan entspricht.<sup>92</sup>

Der Einsatz von Kanban führt nach Ohno<sup>93</sup> und Geiger<sup>94</sup> zu erheblichen Verbesserungen. Diese sind im Wesentlichen:

- Beseitigung von Verschwendung  
(z.B. Verhinderung von Überproduktion und überflüssigem Transport)
- Verbesserung der Qualität durch frühzeitige Fehlererkennung  
(Bei fehlerhaften Teilen kann ein Folgeprozess nicht arbeiten, dies führt zu einem Stopp)
- Transparente Prozesse  
(Visuelle Kontrolle ob die Fertigung dem Produktionsplan entspricht)
- Geringer Steuerungsaufwand durch selbststeuernde Regelkreise
- Niedrige Umlaufbestände
- Motivierte Mitarbeiter  
(Erhöhung der Motivation durch mehr Verantwortung, Mehrmaschinenbedienung und Steigerung der Qualifikation)
- Sicherstellung der Materialverfügbarkeit  
(Standardisierte Puffer werden automatisch nachgefüllt)
- Keine Probleme durch Fehlbuchungen
- Steigerung der Liefertreue durch schnelle und sichere Prozesse

Ein wichtiger Effekt, der sich aus einer kontinuierlichen Reduzierung der Umlaufbestände ergibt, ist der Weg zu einer möglichst synchronen Produktion. „Kanban kann ein verlässlicher Weg in Richtung der Vision einer synchronen Produktion sein.“<sup>95</sup> Dies bedeutet, die benötigten Produkte in der geforderten Menge zum geforderten Zeitpunkt in einer möglichst kurzen DLZ herzustellen, zu transportieren und weiterzugeben.<sup>96</sup> Dadurch reduzieren sich die Lagerbestände und somit auch die Kapitalbindungskosten.

---

<sup>92</sup> vgl. Kamiske (2010), S. 67f.

<sup>93</sup> vgl. Ohno (2009), S. 62f.

<sup>94</sup> vgl. Geiger (2011), S. 20f.

<sup>95</sup> Dickmann (2007), S. 183.

<sup>96</sup> vgl. <http://www.fischer-mechanik.de/de/unternehmen/synchrone-fertigung.html> (14.09.2013).

Nicht alle Produkte und Materialien sind hinsichtlich ihrem Wert und ihrer Stetigkeit im Verbrauch für eine Kanban-Steuerung geeignet. Im Hinblick auf die Teileauswahl ist auf standardisierte Teile zu achten, welche eine geringe Variantenvielfalt, einen hohen Verbrauch und einen hohen Wert haben. Bezüglich der physischen Beschaffenheit sind Fließgüter, Materialien mit einem großen Volumen sowie sperrige Güter ungeeignet.<sup>97</sup>

Zur Identifizierung bzw. Klassifizierung von Kanban-Teilen eignet sich die ABC/XYZ-Analyse, mit dem Fokus auf den kontinuierlichen Verbrauch und auf den Artikelwert.

Artikelwert Kontinuität im Verbrauch	A hoch	B mittel	C gering
X hoch	Kanban-fähig	Kanban-fähig	nicht geeignet
Y mittel	Kanban-fähig	Kanban-fähig	nicht geeignet
Z gering	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet

**Abbildung 10: Für Kanban geeignete Artikel<sup>98</sup>**

Mit der XYZ-Analyse wird durch eine Betrachtung des Verbrauchs einzelner Materialien über einen längeren Zeitraum die Bedarfsvorhersage auf Kontinuität untersucht. Das Resultat ist eine Klassifizierung in X-Artikel (konstanter Verbrauch), Y-Artikel (relativ genaue Bedarfsvorhersage) und Z-Artikel (unregelmäßiger Verbrauch). Mit der ABC-Analyse werden Materialien nach deren wertmäßigen Verbrauch in einer bestimmten Zeitspanne untersucht. Das Ergebnis hierbei ist eine Unterteilung in A-Teile (hoher Wertanteil, vergleichsweise geringer Mengenanteil), B-Teile (z.B. 15% Wertanteil, 20% Mengenanteil) und C-Teile (sehr niedriger Wertanteil, hoher Mengenanteil). Durch eine Kombination beider Analysen lässt sich die Eignung von Teilen bezüglich ihrer Kanban-Fähigkeit ermitteln (vgl. Abb. 10). Am Beispiel der FCI Austria GmbH ist er-

<sup>97</sup> vgl. <http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/kanban/kanban.htm> (13.09.2013).

<sup>98</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 186.

kennbar, dass sich aufgrund des kontinuierlichen Verbrauches, weniger Varianten pro Anlage, sowie der einheitlichen Losgröße, Kontaktgitter und Signalpins (Spulen) für eine Steuerung nach dem Kanban-System eignen. Weniger geeignet sind hingegen großvolumige bzw. sperrige Materialien mit unregelmäßigem Verbrauch (z.B. selten eingesetzte Granulate, geliefert in Oktabin).

### 3.2.2.3 Kanban-Varianten

Bei der Kanban-Steuerung lassen sich mehrere Varianten aufgrund ihrer unterschiedlichen Steuerungsebenen unterscheiden. Bei ihrer Beschreibung gibt es je nach Autor (Smalley<sup>99</sup>, Dickmann<sup>100</sup>, Geiger<sup>101</sup>, Syska<sup>102</sup>, etc.), leicht voneinander abweichend detaillierte Einteilungen. Der gemeinsame Nenner ist dabei eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen Produktions- und Transport-Kanban (auch Entnahme-Kanban genannt). Diese beiden Varianten haben verschiedene Subtypen mit jeweils speziellen Funktionen (Abb. 11). Der grundlegende Unterschied beider Kanban-Typen ist jener, dass Produktions-Kanban ein Signal zur Fertigung geben, Transport-Kanban lösen hingegen einen Teiletransport aus.

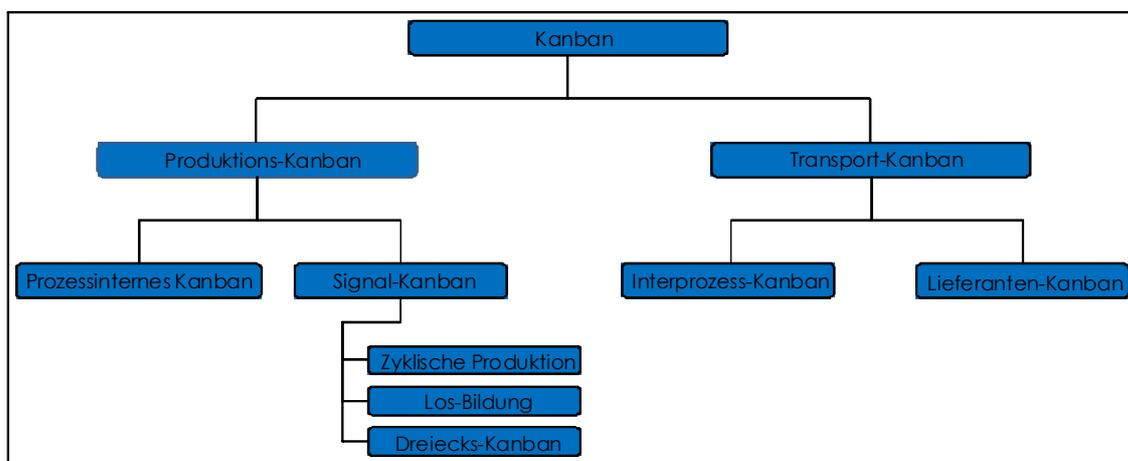


Abbildung 11: Unterschiedliche Kanban-Varianten<sup>103</sup>

<sup>99</sup> vgl. Smalley (2005), S. 108f

<sup>100</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 10ff, 121ff.

<sup>101</sup> vgl. Geiger (2011), S. 40ff.

<sup>102</sup> vgl. Syska (2006), S. 68ff.

<sup>103</sup> vgl. Smalley (2005), S. 108.

## Produktions-Kanban

Beim Produktions-Kanban befindet sich zwischen zwei Arbeitsstationen ein Supermarkt bzw. ein Pufferlager an der Senke, in der die vom Zulieferprozess hergestellten Teile vorrätig sind. An den Teilen des Zulieferprozesses, bzw. an deren Behältnissen befinden sich Produktions-Kanbans, welche bei Entnahme aus dem Supermarkt oder aus dem Pufferlager an den Produktionsprozess (Quelle) weitergeleitet werden. Die Quelle produziert bei Erhalt einer Produktions-Kanban, genau die darauf angegebene Teile nach, um die Lücke im Supermarkt wieder aufzufüllen. Um dabei effizient nach dem Kundentakt zu produzieren, ist es wesentlich, dass die an der flussaufwärts gelegenen Arbeitsstelle eintreffenden Produktions-Kanban, in jener Reihenfolge abgefertigt werden, in welcher sie eintreffen. Die Reihenfolge der Herstellung im Zulieferprozess richtet sich somit exakt nach dem Bedürfnis des Folgeprozesses. Die Losgröße der produzierten Teile entspricht dabei der Kanban-Menge.<sup>104</sup>

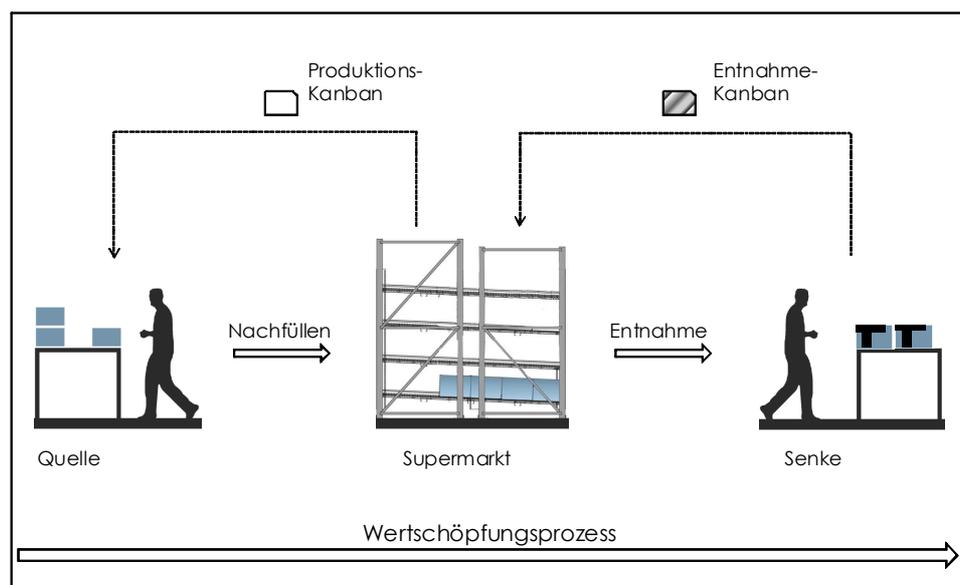


Abbildung 12: Weg des Produktions- und Entnahme-Kanban<sup>105</sup>

Smalley<sup>106</sup> differenziert beim Produktions-Kanban zwischen dem prozessinternen und dem Signal-Kanban. Das prozessinterne Kanban findet bei der Planung von Fließprozessen Anwendung. Der Einsatz beschränkt sich auf Produktionsanweisungen mit ge-

<sup>104</sup> vgl. Erlach (2007), S. 170ff.

<sup>105</sup> Eigene Darstellung

<sup>106</sup> vgl. Smalley (2005), S. 108ff.

ringen Mengen, die sich nach der Entnahme aus dem Supermarkt an einen Kunden richten.

Das Signal-Kanban wird bei der Planung von Losprozessen verwendet, um Produktionsanweisungen über große Mengen zu kommunizieren. Bei einer gewöhnlichen Kanban-Regelung sind die Losgrößen der produzierenden Stelle (Quelle) mit jener der entnehmenden Stelle (Senke) ident und entsprechen der jeweiligen varianten-abhängigen Gebindemenge.<sup>107</sup> Prozessinterne Kanban sind aufgrund der großen Anzahl an benötigten Kanban-Karten, für große Mengen nicht geeignet.<sup>108</sup> Sind bei einheitlicher Losgröße zwei Produktionsprozesse mit stark voneinander abweichenden Rüstzeiten miteinander verkettet, so entstehen durch häufige Produktwechsel beim Lieferprozess, hohe Zeitverluste durch häufiges Rüsten (Abb. 13). Um dies zu verhindern werden Signal-Kanban eingesetzt.

Smalley<sup>109</sup> unterscheidet dabei drei unterschiedliche Varianten (siehe Abb. 11). Im Folgenden wird auf die zwei gebräuchlichen Varianten (Kanban für Losbildung, Dreiecks-Kanban) eingegangen.

Bei einer Form der Signal-Kanban (Los-Bildung) werden die Produktions-Kanban bei der Materialentnahme aus dem Supermarkt bis zum Erreichen einer festgelegten Anzahl (Auslösepunkt) gesammelt, und im Anschluss in Form eines Sammelloses zum flussaufwärts liegenden Arbeitsprozess weitergeleitet.

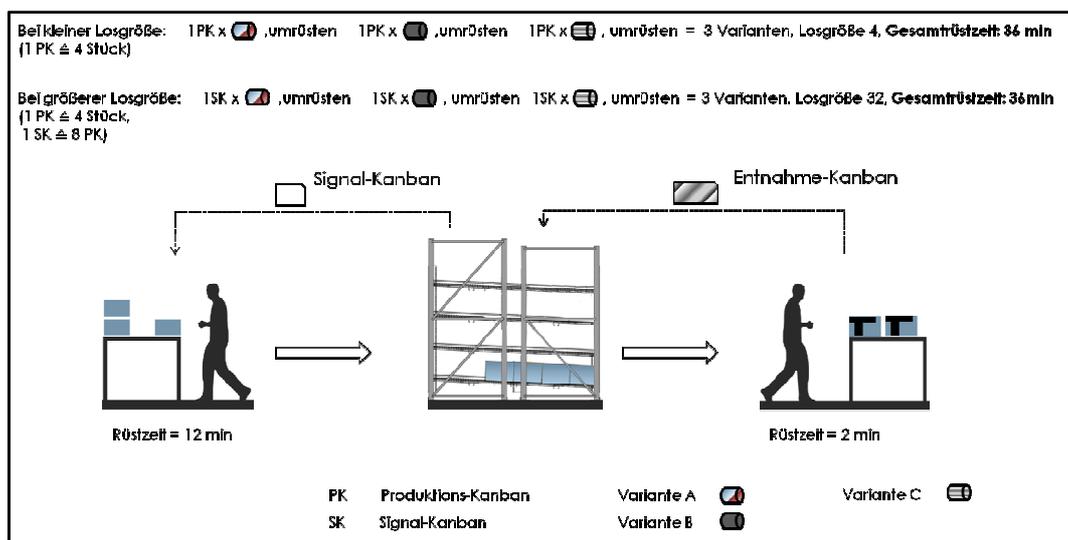


Abbildung 13: Zeitanteilig hoher Rüstaufwand beim Lieferprozess<sup>110</sup>

<sup>107</sup> vgl. Erlach (2007), S. 179f.

<sup>108</sup> vgl. Smalley (2005), S. 109.

<sup>109</sup> vgl. Smalley (2005), S. 109.

Durch die Anwendung von Signal-Kanban, bzw. durch die Bildung von Sammellosen, steigen die Bestände im Supermarkt, demzufolge erhöht sich die DLZ. Bei der Bildung von Sammellosen ist ein Konsens zwischen zeitanteilig höheren Rüstzeiten oder etwas höheren Beständen zu finden. Nach der Weitergabe der Teile in einen Supermarkt (in den Losgrößen der Signal-Kanban) entnimmt der Folgeprozess sukzessive die benötigten Mengen durch die kleineren Entnahme-Kanban. Dies geschieht so lange, bis sich wieder eine definierte Menge an Entnahme-Kanban angesammelt hat.

„Das Dreiecks-Kanban ist ein Auftragspapier, das alle wichtigen Informationen zu Material, Lieferprozess und Bestellabwicklung enthält.“<sup>111</sup> Beim Einsatz dieser Steuerung werden aus einem Bestand im Supermarkt so lange Teile entnommen, bis das Dreiecks-Kanban erreicht wird (Bestellzeitpunkt). Passiert dies, wird das Dreiecks-Kanban zum Lieferprozess gebracht und die Nachproduktion angestoßen. An der Quelle werden die Signal-Kanban in der Reihenfolge ihres Eintreffens an einer Kanban-Tafel befestigt und der Reihe nach abgearbeitet.<sup>112</sup>

Auf der Dreiecks-Kanban wird der Zeitpunkt des Eintreffens beim Zulieferprozess notiert. Dies hat den Vorteil, dass ein Vertauschen der ankommenden Karten erschwert wird. Ein weiterer Vorteil des Dreiecks-Kanban ist, dass nur eine Karte pro Teilenummer erstellt, und somit der Verwaltungsaufwand niedrig gehalten wird.<sup>113</sup>

### **Transport-Kanban**

Das Transport-Kanban (auch Entnahme-Kanban) initiiert einen Material- bzw. Teiletransport von einem Puffer oder Supermarkt zur nächsten flussabwärts gerichteten Produktionsstelle.<sup>114</sup> Bei dieser Variante geben nach Dickmann hauptsächlich Behälter oder Karten den Anstoß für eine weitere Versorgung.

Wie in Abb. 88 dargestellt, werden Transport-Kanban in Interprozess-Kanban und Lieferanten-Kanban unterteilt. Die Interprozess-Kanban wird für eine Entnahme aus einem internen Lagerbereich bzw. Supermarkt, innerhalb zweier Fertigungsprozesse verwendet.<sup>115</sup>

---

<sup>110</sup> vgl. Erlach (2007), S. 179.

<sup>111</sup> Erlach (2007), S. 181.

<sup>112</sup> vgl. Erlach (2007), S.180.

<sup>113</sup> vgl. Smalley (2005), S.110.

<sup>114</sup> vgl. <http://www.kanbanconsult.de/kanban.htm> (17.09.2013).

<sup>115</sup> vgl. <http://www.lean.org/Common/LexiconTerm.aspx?termid=242> (17.09.2013).

Nach Smalley kommt diese Kanban-Variante vor allem in Verbindung mit fließfertigen Montagezellen zur Anwendung. Dabei ist ein Puffer bzw. ein Materialsupermarkt an der Produktionslinie erforderlich. Diese muss in regelmäßigen Abständen durch kleine Mengen an Material versorgt werden. Die an den Anlagen befindlichen Pufferlager werden dabei oft durch einen in kontinuierlichen Abständen fahrenden Versorgungszug (Small Train) versorgt. Um Verwechslungen und Fehler zu vermeiden, muss für die sichere Umsetzung eines funktionierenden Interprozess-Kanban-Systems ein Bezug zwischen Material, Kanban und Anlage hergestellt werden. Der Mitarbeiter muss schnell und sicher die Kanban einer Anlage zuweisen können. Dafür ist es von Vorteil, wenn sich einzelne Kanban-Karten je nach Anlage, farblich unterscheiden. Das Lieferanten-Kanban beruht auf dem typischen Kanban-Prinzip, mit dem Unterschied, dass ein externer Lieferant mit einbezogen wird. Der Bedarf einer verbrauchenden Stelle wird nicht bei einem internen Lager gemeldet, sondern bei einem externen Lieferanten.<sup>116</sup> Die dabei von außen bezogenen Teile fließen in einen Supermarkt und werden von dort aus in das interne Kanban-System eingeflochten. Beim Lieferanten-Kanban spielen Kooperation, Zuverlässigkeit, Qualität und Entfernung des Lieferanten eine wesentliche Rolle. Bei der Beschaffung von höherwertigen Teilen und Baugruppen ist nach Erlach<sup>117</sup> eine strategische Kooperation mit dem Lieferanten anzustreben, um das Versorgungsrisiko gering zu halten. Dabei steht nicht nur der Preis im Vordergrund, sondern ebenso eine zuverlässige und vor allem flexible Versorgung.

### **3.2.2.4 Kanban-Methoden**

Eine Kanban-Steuerung lässt sich neben den unterschiedlichen Steuerungsebenen auch nach der Art der Kommunikationshilfsmittel unterscheiden. Die Umsetzung der Steuerung erfolgt dabei nach Dickmann<sup>118</sup> und Geiger<sup>119</sup> mit folgenden Hilfsmittel:

- Karten (Ein-Karten Kanban, Zwei-Karten Kanban, eKanban)
- Behälter und Transportwagen
- Signale und Stellflächen (Sicht-Kanban)

---

<sup>116</sup> vgl. <http://www.leanmagazin.de> (17.09.2013).

<sup>117</sup> vgl. Erlach (2007), S. 190f.

<sup>118</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 126.

<sup>119</sup> vgl. Geiger (2010), S. 20.

## Karten-(Kanban)

Kanban-(Karten) sind, steuerungstechnisch gesehen, eine Visualisierung des zu transportierenden Gebindes und stellen die kleinste sinnvoll steuerbare Einheit im Materialfluss dar.<sup>120</sup> Die physische Gestaltung der Karten sollte dabei so ausfallen, dass sie den Produktionsbedingungen und den äußeren Einflüssen standhält. Die Formate der Karten können dabei unterschiedlich ausfallen. Ein wichtiger Punkt ist die solide Anbringung am Gebinde oder an einer Transportbox. Die Handhabung der Karten sollte dabei möglichst einfach sein.

Um einen korrekten Informationsfluss von der Senke zur Quelle gewährleisten zu können, muss eine Kanban-Karte die dafür benötigten Informationen enthalten. Dabei weichen die einzelnen Karten je nach Kanban-Variante (Lieferanten-Kanban, Signal-Kanban, etc.) leicht voneinander ab. In Ergänzung dazu sind die Informationen auf der Karte den Anforderungen des jeweiligen Unternehmens angepasst. Nach Syska<sup>121</sup> und Geiger<sup>122</sup> enthält eine Karte jedoch bestimmte Basisinformationen:

- Angaben über den Verbraucher (z.B. Adresse, Produktionsbereich, Produktionslinie, Supermarktstandort, etc.)
- Angaben über den Lieferanten (z.B. Name, Lieferantenadresse, Lagerort, etc.)
- Genaue Artikelbezeichnung (z.B. Teilenummer, Teilebezeichnung, ggf. Skizze, Produktbild)
- Angaben über die Menge (Anzahl der Kanban-Karten die im Umlauf sind, Menge der produzierten Materialien)<sup>123</sup>
- Angaben über das Behältnis (Behälterart, Teile pro Behälter)
- Lieferzeit
- Ggf. Barcodes

Verfügt eine Kanban-Karte über eine fortlaufende Nummer (z.B. 10/12, Karte 10 von insgesamt 12), so kann ein Logistikmitarbeiter sehr einfach die Anzahl der im Kanban-Kreislauf befindlichen Karten reduzieren. Dadurch ist es leicht möglich, den Bestand zu regulieren.

---

<sup>120</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 191f.

<sup>121</sup> vgl. Syska (2006), S. 68f.

<sup>122</sup> vgl. Geiger (2011), S. 41.

<sup>123</sup> vgl. <http://www.lean-production-expert.de> (17.09.2013).

Lieferant Lieferantencode	Artikelbezeichnung Artikelnummer Skizze	Verbraucher Produktionsbereich
Behältnis	Barcode	Kartenanzahl Kartennummer

**Abbildung 14: Schematische Darstellung einer Kanban-Karte<sup>124</sup>**

### Ein-Karten-Kanban

Die Version des Ein-Karten-Kanban ist die einfachste Form der Fertigungsregelung. Jede Variante eines Arbeitssystems hat eine genau festgelegte Anzahl an Kanban-Karten. Die Karte pendelt ausgehend von einem Arbeitssystem, zu dessen Ausgangslager, und wieder retour.<sup>125</sup>

Das zur Fertigung benötigte Material befindet sich dabei z.B. in einem Gebinde/Behälter am Arbeitssystem. Wird das Material dem Prozess zugeführt, wandert die Karte (und/oder ein Behälter) zur Nachschubquelle (externer oder interner Lieferant, Supermarkt). Nach dem Auffüllen wird das Material wieder an den Verbrauchsort befördert und an diesem bereitgestellt.<sup>126</sup>

### Zwei-Karten-Kanban

Bei der Variante des Zwei-Karten-Kanban werden zwei Kartentypen zur Steuerung des Systems eingesetzt. Zur Herstellung einer Variante existiert sowohl bei der Quelle (Erzeuger) als auch bei der Senke (Verbraucher) ein Bestandspuffer. Die jeweiligen Kartenkreise werden getrennt verwaltet. In vielen Fällen greifen ein interner Kreislauf (eigenes Werk) und ein externer Kreislauf (Lieferant) ineinander. Dieses System kommt vor allem bei größeren Entfernungen zwischen Quelle und Senke zur Anwendung. Abb. 15 verdeutlicht den Ablauf. Ein Kunde, Small Train, etc. entnimmt aus dem Fertigwarenlager der Senke ein Produkt (1). Der beigelegte Produktions-Kanban wandert zum Arbeitssystem (2), woraufhin die Nachproduktions ausgelöst wird (3). Der

<sup>124</sup> Eigene Darstellung

<sup>125</sup> vgl. Lödding (2008), S. 178.

<sup>126</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 10.

dem Produktionsmaterial beigelegte Transport-Kanban, wird zum Ausgangslager des Lieferanten (extern), oder zum flussaufwärts gelegenen Arbeitssystem (intern) weitergeleitet (4). Bei diesem Schritt kann auch ein Supermarkt im eigenen Werk zwischengeschaltet sein, von welchem aus der Nachschubprozess zum Lieferanten ausgelöst wird. Der Transport-Kanban löst eine Lieferung zum nachgelagerten Arbeitssystem (AS<sub>s</sub>) aus (5). Durch die Entnahme des Materials aus dem Fertigwarenlager der vorgelagerten Arbeitsstation (AS<sub>q</sub>) wird wiederum durch Weiterleiten einer Produktions-Kanban die Nachfertigung ausgelöst (6 und 7).<sup>127,128</sup>

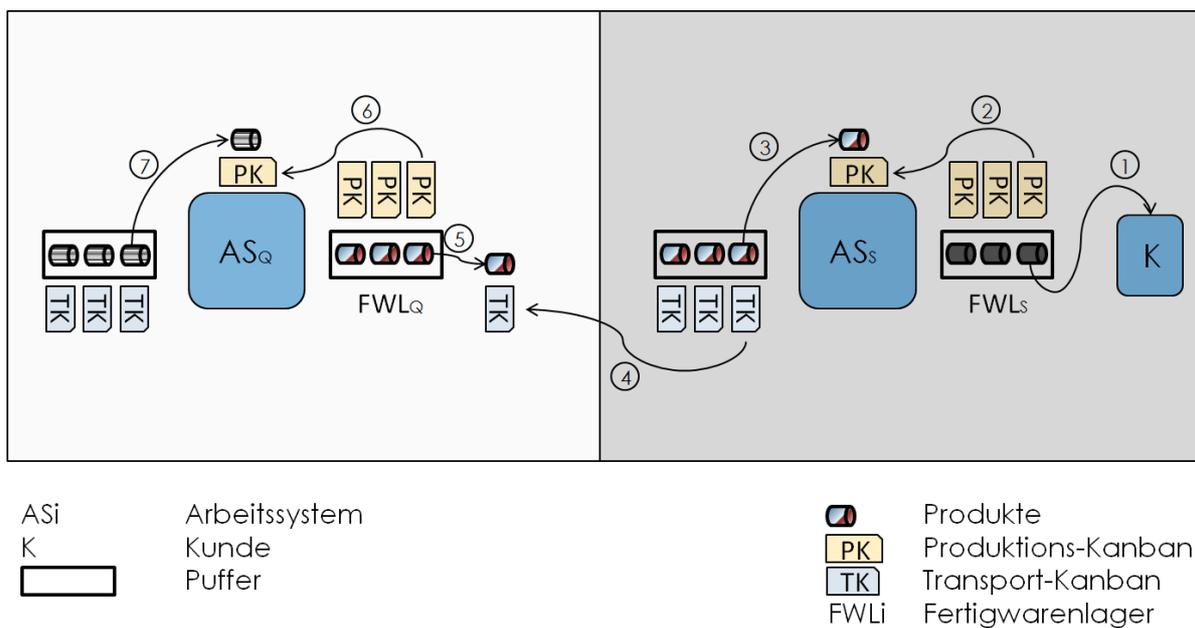


Abbildung 15: Ablauf des Zwei-Karten-Kanban<sup>129</sup>

## e-Kanban

„eKanban ist die rechnergestützte Abbildung der Kanban-Steuerungsmethode, wobei die physische Karte in einem Kanban-Kreis durch Bestände und Aufträge im EDV-System ersetzt wird.“<sup>130</sup> Nach Dickmann handelt es sich bei eKanban um eine MRP-System basierende Bestellbestandssteuerung. Dabei werden Kanban-Karten oder Behälter mit einem Barcode versehen und gescannt. Die Daten werden in einem Konto gesammelt und bei Erreichen eines definierten Bestandes wird ein Signal ab-

<sup>127</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 124.

<sup>128</sup> vgl. Lödding (2008), S. 182.

<sup>129</sup> vgl. Lödding (2008), S. 183.

<sup>130</sup> Dickmann (2007), S. 340.

gegeben. Das Signal gelangt über ein MES (Manufacturing Execution System) in ein ERP-System wo ein Fertigungsauftrag ausgelöst wird.<sup>131</sup>

eKanban visualisiert auch den Umlaufbestand (Lagerbestand, Aufträge sowie in Sammelmengen befindliche Teilmengen), welcher mit der Anzahl von in Umlauf befindlichen physischen Karten gleichzusetzen ist.<sup>132</sup> Durch dieses System ergeben sich nach Kletti und Dickmann folgende Vorteile gegenüber einer klassischen Kanban-Steuerung:

- Papierlos und schnell (kein Kartentransport welcher sich auf Pufferbestände auswirkt)
- Korrekte und automatische Materialverbrauchsbuchungen
- Karten können nicht verloren gehen oder vervielfältigt werden
- Die Kanban-Aufträge werden entsprechend der Situation der Kundenaufträge priorisiert

### **Behälter-Kanban und Kanban-Transportwagen**

Bei der Variante des Behälter-Kanban dient der Behälter als Transportmedium und Informationsträger gleichermaßen. Die Behältergröße ist dabei oftmals der Losgröße angepasst, wodurch Umfüllvorgänge vermieden werden. Ein leerer Transportbehälter löst das Signal zum Nachfüllen aus. Am vorgelagerten Arbeitssystem wird bei Eintreffen des leeren Behälters die Nachproduktion angestoßen. Der Behälter pendelt somit zwischen Quelle (Ausgangszustand voll) und Senke (Endzustand leer).<sup>133</sup>

Der wesentliche Unterschied zum Karten-Kanban liegt darin, dass der Behälter bis zur völligen Entleerung an der Senke verweilt. Das bedeutet, die eigentliche Lagerung passiert an der Senke und die Nachproduktion wird um die Bearbeitungszeit an der Senke verzögert. Greifen mehrere Arbeitsstationen auf dieselbe Quelle und auf dasselbe Erzeugnis zu, ergibt sich dadurch ein Nachteil hinsichtlich der Bestände. Benötigt eine nachgelagerte Senke Material und entnimmt dieses, muss für andere Arbeitssysteme ebenfalls Material bereitstehen, um die Versorgung zu gewährleisten.<sup>134</sup> Je stärker dabei die herzustellenden Materialien variieren, umso höher müssen die vorgelagerten Kapazitäten sein.<sup>135</sup>

---

<sup>131</sup> vgl. Kletti (2011), S. 105 f.

<sup>132</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 341.

<sup>133</sup> vgl. Geiger (2011), S. 44.

<sup>134</sup> vgl. Lödding (2008), S. 184, 194.

<sup>135</sup> vgl. Becker (2006), S. 305.

Kanban-Transportwagen funktionieren nach demselben Prinzip, mit dem Unterschied, dass bei der Bereitstellung zusätzlich ein Transportmittel zur Verfügung steht.

### **Kanban-Signale und Stellflächen**

Bei der Anwendung von Kanban-Stellflächen erfolgt die Auslösung von Aufträgen durch eine Lücke oder frei werdende Fläche für einen Behälter oder einen freien Regalplatz. Nach Dickmann ist diese Methode am wenigsten anfällig für Störungen da freie Flächen schnell einsehbar sind und nicht verloren gehen können. Bei der Steuerung von Material mittels Stellflächen ist zu beachten, dass die Flächen und Regale über Angaben für einen Mindestbestand verfügen.<sup>136</sup>

Kanban-Signale können je nach Einsatzgebiet verschieden ausfallen. Das Signal für ein Auslösen des selbststeuernden Kanban-Regelkreises muss den Produktionsbedingungen angepasst und eindeutig sein. Dabei kann jede Art von akustischen (Signalton) oder visuellen (Signallampe) Mitteln eingesetzt werden.<sup>137</sup>

### **3.2.2.5 Dimensionierung von Kanban-Regelkreisen**

*„Ein Kanban-System hat die Aufgabe, zwei Stufen in der Wertschöpfungskette mit Hilfe von gelagerten Beständen zu entkoppeln und gleichzeitig die Produktion, ausgehend von der Nachfrage den Endkunden, auf intelligente und einfache Art zu steuern“*<sup>138</sup> Diese Bestände sollen dabei so dimensioniert werden, dass der durchschnittliche Verbrauch während der Wiederbeschaffungszeit abgedeckt ist:<sup>139</sup>

$$\text{Bestand} = \emptyset \text{ Verbrauch pro Zeiteinheit} * \text{Wiederbeschaffungszeit}$$

Ist der vorgehaltene Bestand zu hoch, entstehen überflüssige Kapitalbindungskosten, ist der Bestand hingegen zu niedrig, kann eine sichere Versorgung der nachgeschalteten Arbeitssysteme nicht gewährleistet werden.

Die Höhe des Gesamtbestandes lässt sich nach Jodlbauer<sup>140</sup> durch die zwei Parameter, Anzahl der Kanban-Karten und Losgröße, regulieren. Der Gesamtbestand ergibt

---

<sup>136</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 193.

<sup>137</sup> vgl. Geiger (2011), S. 46.

<sup>138</sup> Dickmann (2007), S. 126.

<sup>139</sup> vgl. Kletti (2011), S. 93.

<sup>140</sup> vgl. Jodlbauer (2008), S.219.

sich aus einem Umlaufbestand ( $B_U$ ) sowie aus einem Sicherheitsbestand ( $B_S$ ). Nachfolgend wird die Ermittlung der Anzahl der Kanban-Karten in Zusammenhang mit dem Umlauf- und Sicherheitsbestand dargestellt.

Nach Dickmann<sup>141</sup> ergibt sich der benötigte Umlaufbestand für ein Material bei einem konstanten Prozess aus der durchschnittlichen Nachfrage  $\mu_d$  und der Kanban-Zykluszeit (Zeit die vergeht, bis eine Kanban-Bestellung am Arbeitsplatz eintrifft).

$$B_U = \mu_d * K_Z$$

$K_Z$  = Kanban-Zykluszeit

$\mu_d$  = durchschnittlicher Bedarf pro Periode [Stück]

Die Kanban-Zykluszeit setzt sich dabei aus der Bearbeitungszeit, den Transportzeiten und sämtlichen anfallenden Wartezeiten zusammen.

In Abhängigkeit der Größe der eingesetzten Behälter (Anzahl der Teile im Kanban-Behälter) folgt für die Kanban-Anzahl  $b_U$ :

$$b_U = (\mu_d * K_Z) / K_G$$

$K_G$  = Teile pro Kanban-Behälter

Um Störungen, Nachfrageschwankungen von Seiten der Endkunden und etwaige Produktionsfehler auszugleichen, wird zusätzlich ein Sicherheitsbestand ( $B_S$ ) mit einbezogen. Dieser ergibt sich aus dem Umlaufbestand zusätzlich eines Sicherheitsfaktors  $\beta$ .

$$B_S = (1 + \beta) * B_U$$

In der Praxis ist es sinnvoll, mit einem hohen Wert für  $\beta$  zu beginnen, und diesen im Anschluss sukzessive zu reduzieren um die Bestände einem Optimum anzunähern. Eine genaue Analyse zur Ermittlung des Sicherheitsfaktors  $\beta$  ist in der Praxis schwierig umzusetzen. Dafür werden Mittelwerte mit einbezogen, welche wiederum schwanken können und somit den Sicherheitsfaktor verzerren. Des Weiteren werden für jede zu produzierende Variante umfangreiche Daten nötig. Aus Gründen der Vollständig-

---

<sup>141</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 127ff.

keit sei an dieser Stelle die detaillierte Berechnung des Sicherheitsbestandes nach Dickmann<sup>142</sup> angeführt:

$$B_s = z * \sqrt{((\sigma_d^2 * \mu_{kzz}) + (\mu_d^2 * \sigma_{kzz}^2) + (\sigma_Q^2 * \mu_d * (\mu_{kzz} / \mu_Q)))}$$

$z$  = Lieferfähigkeit, Servicegrad

$\mu_d$  =  $\emptyset$  Periodenbedarf [Stück]

$\mu_{kzz}$  =  $\emptyset$  Zykluszeit [Anzahl Perioden]

$\mu_Q$  =  $\emptyset$  Anzahl Gutteile pro Los [Stück]

$\sigma_d$  = Standardabweichung Bedarf [Stück]

$\sigma_{kzz}$  = Standardabweichung Zykluszeit [Anzahl Perioden]

$\sigma_Q$  = Standardabweichung Anzahl Gutteile [Stück]

Da bei der effizienten Umsetzung einer Kanban-Steuerung die richtige Dimensionierung des Kanban-Regelkreises mit der Nivellierung der Produktion einhergeht, wird im folgenden Kapitel kurz auf die Harmonisierung des Produktionsflusses eingegangen.

### 3.2.3 Heijunka

Ein wichtiges Element der Lean Production zur Realisierung einer effizienten Pull-Steuerung durch das Kanban-Prinzip ist die Produktionsnivellierung oder auch Heijunka. In der Produktionssteuerung entsteht zwangsweise der Zielkonflikt zwischen einer hohen Flexibilität aufgrund von schwankenden Kundenbedarfen und einer optimalen Kapazitätsauslastung, welche jedoch zu hohen Losgrößen, in weiterer Folge zu langen Durchlaufzeiten und somit zu hohen Beständen führt. Diese gegensätzlichen Ziele können durch das Nivellieren des Produktionsflusses in Einklang gebracht werden.<sup>143</sup>

Um dies zu erreichen sind nach Syska und Dickmann folgende Maßnahmen notwendig:<sup>144</sup>

- Schaffung konstanter Material- und Transportflüsse.
- Vermeidung von Warteschlangen vor Arbeitsstationen.
- Ständige und drastische Reduzierung der Rüstzeiten (SMED).

<sup>142</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 131.

<sup>143</sup> vgl. Syska (2006), S. 55f.

<sup>144</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 202ff.

- Produktionsprogramm von Kundenaufträgen entkoppeln. (Durch Simulation von „idealen Kunden“ die Produkte gleichmäßig abrufen. D.h. eine tagesbezogene Feinplanung basiert nicht auf einem exakten Kundenwunsch. z.B. eine Monatsmenge einer Variante in Tagesmengen aufteilen).
- Arbeitsprozesse standardisieren (Kaizen).
- Durchlaufzeiten kontinuierlich verkürzen.

Diese Maßnahmen sind gegenseitig miteinander verkettet. So setzt z.B. eine flexible Produktion mit kleinen Losgrößen die Minimierung interner Rüstzeiten (Anlage steht still) voraus.

Die Visualisierung von nivellierten Produktionsaufträgen geschieht mittels eines Heijunka-Board (Abb. 16).



Abbildung 16: Heijunka-Board mit Kanbans<sup>145</sup>

Dabei werden in regelmäßigen Abständen durch Mitarbeiter der Fertigungssteuerung oder Produktionsplanung Heijunka-Boards mit Kanban-Karten bestückt. Das Board ist mit Fächern für Kanbans und unterschiedliche Uhrzeiten versehen. Die Kanbans visualisieren die zu produzierenden Varianten zur geforderten Zeit und werden von Mitarbeitern aus dem Heijunka-Board gezogen. Dies passiert entweder im Zuge eines Milk Run durch einen Small Train, oder durch den Mitarbeiter einer Anlage

<sup>145</sup> Dickmann (2007), S. 2006.

selbst. Die Produktion sollte durch dieses Vorgehen soweit geglättet sein, dass die Zyklen in denen Varianten produziert werden, möglichst kurz sind. Dadurch reduzieren sich in weiterer Folge die Materialbestände der vorgelagerten Supermärkte sowie der nachgelagerten Fertiglager.

### **3.2.4 Verbesserung, Stabilität und Reduzierung von Muda**

Drei wesentliche Elemente des Lean Management für eine kontinuierliche Verbesserung, zur Erhöhung der Stabilität von Prozessen, sowie zur Vermeidung von Verschwendung sind Kaizen, TPM (Total Productive Maintenance) und SMED.

#### **3.2.4.1 Kaizen**

Wie in Kapitel 3.2 (Abb. 8) erwähnt, stützt sich Lean Management u. a. auf die Vermeidung von Verschwendung. Mittels Kaizen (jap. Veränderung zum Guten), dem japanischen Pendant des KVP (Kontinuierlichen Verbesserungsprozess), wird versucht, sämtliche Bereiche im Betrieb laufend zu optimieren. Es wird davon ausgegangen, dass alle Produktionsprozesse und somit jegliches Produkt verbesserungsfähig sind.<sup>146</sup>

Der Grundsatz von Kaizen ist, dass der Mitarbeiter an den Ort des Geschehens geht (Gemba), und dort auf reale Dinge und Vorgänge achtet (Gembutsu) um Verschwendung (Muda) zu beseitigen. Bei der Anwendung von Kaizen liegt der Focus nicht nur auf der Kosteneinsparung, sondern vielmehr auf einer ganzheitlichen Optimierung hinsichtlich Qualität, Flexibilität und Schnelligkeit.

Nach Syska<sup>147</sup> müssen für eine erfolgreiche Umsetzung der Kaizen-Strategie drei Voraussetzungen gegeben sein:

- Prozessorientierung  
(Das Hauptaugenmerk liegt nicht auf der Ergebnisorientierung, sondern direkt bei den Arbeitsprozessen selbst).
- Kundenorientierung  
(Das Ziel ist, jeden internen und externen Kunden zufrieden zu stellen. Die Priorität liegt in der Erfüllung der Kundenbedürfnisse).

---

<sup>146</sup> vgl. Becker (2006), S. 263.

<sup>147</sup> vgl. Syska (2006), S. 71f.

- Mitarbeiterorientierung  
(Der Mensch steht im Mittelpunkt, jeder am Wertschöpfungsprozess beteiligte Mitarbeiter, auch Lieferanten, werden angehalten, Verbesserungspotentiale zu erkennen und Verbesserungen durchzuführen).

Die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen wird durch Kaizen-Workshops noch weiter verstärkt. Dabei treffen Mitarbeiter aus verschiedenen Unternehmensbereichen zusammen und widmen sich bestehenden Problemen. Durch interdisziplinäre Teams und der Miteinbeziehung der Mitarbeiter von Seiten des Managements wird dabei der hohe Stellenwert einer Verbesserung unterstrichen.<sup>148</sup> Durch eine wiederkehrende und intensive Zusammenarbeit entsteht eine Verbesserung und zugleich Standardisierung. Daraus ergibt sich der PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act), wodurch sämtliche Vorgänge ständig analysiert und verbessert werden.

### 3.2.4.2 Total Productive Maintenance (TPM)

TPM (das „M“ steht im weiteren Sinn für Management) ist ein umfassendes Management-System zur nachhaltigen Eliminierung von Verschwendung und ständigen Verbesserung der Produktionsanlageneffizienz unter aktiver Beteiligung aller Mitarbeiter.<sup>149,150</sup>

TPM beruht dabei nach Syska auf drei Schwerpunkten:

#### 1. Totale Anlageneffizienz

Die Anlageneffizienz lässt sich durch die Beseitigung sämtlicher Verlustquellen erhöhen. Für die Berechnung der Gesamtanlageneffizienz wird dabei der OEE (Overall Equipment Effectiveness, Brutto-Anlageneffektivität) herangezogen. Dieser Wert zeigt die Ansatzpunkte für mögliche Verbesserungen auf. Die dafür verwendeten Kennzahlen sind die Verfügbarkeitsrate (VR), die Leistungsrate (LR) und die Qualitätsrate (QR).

$$\text{OEE} = \text{VR} * \text{LR} * \text{QR}^{151}$$

Diese drei Kennzahlen nehmen Bezug auf folgende sechs Verlustquellen:

---

<sup>148</sup> vgl. Kamiske (2010), S. 44f.

<sup>149</sup> vgl. May (2008), S. 11f.

<sup>150</sup> vgl. Syska (2008), S. 154.

<sup>151</sup> vgl. Schröder (2013), S. 77.

- a. Stillstand durch Störungen
- b. Umrüsten durch Werkzeugwechsel
- c. Leerlauf und Kurzstillstände
- d. Verringerte Geschwindigkeit
- e. Anlaufverluste bei Produktwechsel
- f. Qualitätsverluste

## 2. Totale Anlagenerhaltung

Die Anlagenerhaltung bezieht sich auf routinemäßige Wartungstätigkeiten von Maschinenbediener (autonome Instandhaltung). Der Mitarbeiter übernimmt Verantwortung für den Arbeitsplatz.

## 3. Totale Mitarbeiterbeteiligung und Mitarbeitermotivation

Durch intensive Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen wird die Qualifikation der Mitarbeiter und Maschinenbediener erhöht. Infolge von mehr Kompetenz wird die Motivation erhöht. Dadurch werden mehr Verantwortungsbewusstsein und eine stärkere Identifikation mit dem Arbeitsplatz erzielt.

Durch TPM wird die Anlageneffektivität erhöht. Ein weiteres Element des Lean Management um Verschwendung durch Verkürzung der Rüstzeiten zu minimieren ist SMED.

### **3.2.4.3 Single Minute Exchange of Die (SMED)**

Ein weiteres wichtiges Element des Lean Management zur Vermeidung von Verschwendung in Form von Rüstzeiten ist SMED. Durch eine massive Reduzierung der Rüstzeiten lassen sich in weiterer Folge kleinere Losgrößen erzielen. Die Produktion kleinerer Lose ermöglicht eine höhere Flexibilität gegenüber dem Kundenwunsch. Durch die wirtschaftliche Produktion kleiner Losgrößen werden in weiterer Folge die Durchlaufzeiten verkürzt und hohe Bestände vermieden. Das Ziel von SMED ist dabei eine Reduzierung bzw. Minimierung der Rüstzeit einer Anlage auf unter zehn Minuten.<sup>152</sup>

---

<sup>152</sup> vgl. Kumar (2012), S. 1032.

Die Rüstzeitverkürzung wird nach Becker und Kamiske in vier Schritten realisiert.<sup>153,154</sup> In einem ersten Schritt werden Vor- und Nachbereitungstätigkeiten (Werkzeuge vorbereiten, Aufräumarbeiten nach dem Umrüsten) bei laufender Fertigung durchgeführt. Danach wird der Rüstvorgang in interne Tätigkeiten (Anlage muss stillstehen) und externe Rüstvorgänge (Anlage kann weiterlaufen) unterteilt. Ein dritter Schritt ist die Umwandlung von internen in externe Rüstvorgänge, um die Stillstandzeit der Anlage zu minimieren. Der letzte Schritt ist eine Reduzierung der internen Rüstvorgänge. Dies wird vor allem durch paralleles Rüsten erzielt. Benjamin<sup>155</sup> erwähnt in einem fünften Schritt die Reduzierung der externen Rüstvorgänge. Diese wirken sich im Gegensatz zu den internen Rüstvorgängen nicht direkt auf den OEE aus, verschaffen dem Anlagenbetreuer jedoch Zeit für etwaige andere Tätigkeiten.

Die Rüstoptimierung wird am besten durch eine Videodokumentation aufgezeichnet. Dadurch lässt sich Verschwendung in Form von überflüssigen Wegen und Handgriffen leicht visualisieren.

Die nachfolgenden Kapitel erläutern die praktische Anwendung der Methoden des Lean Managements bei der Wiedereingliederung eines fremdvergebenen Lagers am Beispiel der FCI Austria.

---

<sup>153</sup> vgl. Becker (2006), S. 89.

<sup>154</sup> vgl. Kamiske (2010), S. 81f.

<sup>155</sup> vgl. Benjamin (2013), S. 795f.

## 4 Analyse der Ist-Situation

Das in dieser Diplomarbeit beschriebene Projekt zur Wiedereingliederung des fremdvergebenen Lagers wurde mit September 2011 begonnen und im März 2012 erfolgreich abgeschlossen. Mit Juli 2012 wurde das Unternehmen FCI Austria GmbH von Delphi Connection Systems<sup>156</sup> übernommen. Seither haben sich die Firmenstrukturen verändert. Aus diesem Grund ist der vorliegende praktische Teil der Arbeit, hinsichtlich abgeschlossener Handlungen, in der Vergangenheit verfasst.

Der Produktionsstandort der FCI Austria Mattighofen wurde durch ein an einen LDL (Logistikdienstleister) fremdvergebenes Lager in Salzburg versorgt. Die dadurch anfallenden Kosten (Versorgungsfahrten, Lagerhaltung, etc.) sollten durch eine Wiedereingliederung des Lagers am Standort Mattighofen reduziert werden. Um den fremdvergebenen Supermarkt wieder in das Unternehmen eingliedern zu können, war eine Analyse der Ist-Situation notwendig. Nach einer kurzen Beschreibung des Unternehmens werden die für eine Wiedereingliederung des Supermarktes notwendigen Daten erhoben und alle relevanten Prozesse dargestellt. Im Anschluss daran folgen die Analyse des Platzbedarfes sowie eine notwendige Umstrukturierung einiger Abläufe im Wareneingang, Lager und im Versandbereich.

### 4.1 FCI Austria GmbH das Unternehmen

Das Unternehmen FCI (Focus Commitment Innovation) war ein französischer Elektronikkonzern mit globaler Präsenz und Niederlassungen in Asien, Europa und Amerika. Das Hauptquartier befand sich in Frankreich, der Eigentümer war Bain Capital, ein amerikanischer Investor. Mit einem Umsatz von etwa 1,3 Mrd Euro und zirka 14000 Mitarbeitern zählte FCI zu den führenden Herstellern von Steckverbindungen. Die Produktpalette erstreckte sich dabei von einfachen Steckverbindungen bis hin zu komplexeren Elektronikkomponenten, die Abnehmer waren die Automobil- Telekommunikations- und Elektronik- bzw. Unterhaltungsindustrie.

Das Unternehmen FCI Austria GmbH mit dem Standort in Mattighofen (OÖ) erzeugte Stecker- und Steckverbinder für die Automobilindustrie. Die Produktpalette dieser Niederlassung reichte von einfach aufgebauten Kunststoffspritzgussteilen (folgend als

---

<sup>156</sup> Amerikanischer Zulieferbetrieb ([www.delphi.com](http://www.delphi.com))

EDS-Teile bezeichnet) bis hin zu komplexen Gehäusen und Steckverbindungen (folgend als MEPA-Teile bezeichnet). Die Herstellung sämtlicher Produkte erfolgte im Spritzgussverfahren an einzelnen, flexiblen Fertigungszellen. Diese Fertigungszellen unterschieden sich nach den herzustellenden Produkten. Die Produktion und somit die Fertigungszellen, sowie die Hallen und Bereiche für Wareneingang, Versand und Lagerung waren physisch voneinander getrennt (vgl. Abb. 27). Ausgehend von einer Lagerhalle versorgte ein „Small Train“ beide Produktionshallen mit dem für die Fertigung benötigten Material. Die Steuerung erfolgte nach dem Kanban-Prinzip. Ein interner Kanban-Kreislauf regelte die Versorgung und Produktion der jeweiligen Anlagen.

Aufgrund der Gebäudegröße und dem daraus resultierenden Platzmangel war die Kapazität des aktuellen Supermarktes für eine vollständige Versorgung der Anlagen jedoch nicht ausreichend. Die Lagerung der für die Produktion benötigten Materialien musste aufgrund einer Konzernvorgabe auf einer Ebene erfolgen, Hochregale wurden nicht eingesetzt. Aus diesem Grund betrieb die FCI Austria GmbH, im 40 km entfernten Salzburg, einen weiteren Supermarkt (in Kooperation mit einem externen LDL, welcher auch einen Teil des Versandes abwickelte), aus welchem durch einen externen Kanban-Kreislauf, weitere, für die Produktion benötigte Rohstoffe gezogen wurden. Der Transport der Rohstoffe erfolgte dabei durch einen Shuttleservice, welcher im 2-Stundentakt (24 Stunden, 3 Schichten) die Produktion am Standort Mattighofen versorgte.

Dieser Shuttleservice hatte einerseits die Aufgabe, Fertigware nach Salzburg zu transportieren, andererseits Rohmaterial für die Produktion bereitzustellen.

### **Vorgabe von Lean Management**

Die Konzernleitung verfolgte eine konsequente Einhaltung und Umsetzung sämtlicher Lean Management Methoden. Dies begann bei der Produktionssteuerung, welche ein hybrides System bzw. eine Kombination aus MRP und Kanban war. In der Produktion wurden Lean Elemente wie Kaizen durch ein internes Verbesserungsvorschlagswesen und laufende Workshops wiedergespiegelt. Der Material- und Informationsfluss ist durch das Pull-Prinzip mittels Kanban-Karten und Behälter realisiert worden. Unterstützt wurde dieser durch die Elemente Milk Run, Supermarkt, Small Train, Shop Stock, Heijunka- bzw. Leveling Boards und TPA (Truck Preparation Area).

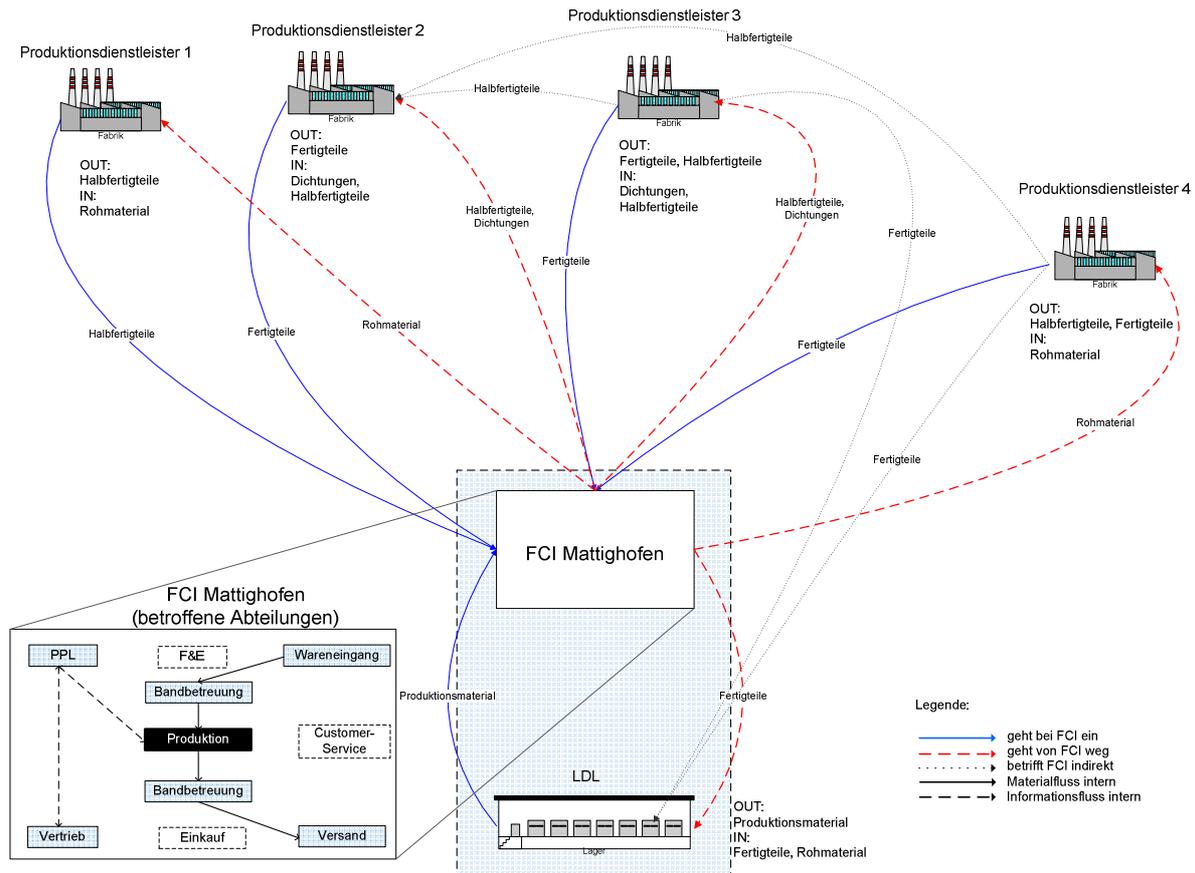
Im Bereich der Fertigungszellen wurden die Elemente TPM, SMED und Poka Yoke eingesetzt um den Lean-Gedanken umzusetzen. Hinsichtlich des Visual Managements befanden sich zur Überwachung, Visualisierung und Messung des Fortschrittes an jeder Fertigungszelle Info-Boards mit den wichtigsten KPIs (Key Performance Indicators). Diese waren im Einzelnen:

- der OEE (Overall Equipment Effectiveness), wird täglich und monatsweise erhoben,
- der TEEP (Total Effektive Equipment Productivity, totale effektive Anlagenproduktivität), monatsweise erhoben,
- der PPM-Wert (parts per million, das Verhältnis von reklamierter Menge zu Liefermenge), täglich und monatsweise,
- und der Output pro Stunde.

Des Weiteren wurde der aktuelle Status jeder einzelnen Fertigungszelle durch Leuchtsignale (Andon) wiedergegeben. Im Bereich der mechanischen und elektrischen Werkstätten sowie in der gesamten Produktion und Lagerhaltung wurde intensives Zoning betrieben. Alle Stell- und Lagerplätze für Produktionsmaterialien, Werkzeuge und Betriebsmittel waren eindeutig definiert und gekennzeichnet. Dadurch wurde Sauberkeit und Ordnung in allen Produktions- und Lagerbereichen gewährleistet.

## 4.2 Systemgrenzen

Für eine genaue Analyse der Ist-Situation am Standort Mattighofen ist die Kenntnis der externen und internen Materialflüsse notwendig. Die durch die Neuimplementierung des fremdvergebenen Lagers beim LDL betroffenen Abteilungen und Artikel müssen bekannt sein. In Abb. 17 ist einerseits die Systemgrenze nach außen hin (zum LDL, sowie zu vier externen Produktionsdienstleister) dargestellt, andererseits sind die von der Neuimplementierung betroffenen Abteilungen am Standort Mattighofen abgebildet.

Abbildung 17: Externe und interne Systemgrenze<sup>157</sup>

Bei der gesamten Neuimplementierung wird die Produktion, sowohl der MEPA- als auch EDS-Teile, als Black Box betrachtet. Die durch den Shuttle Service angelieferten Produktionsmaterialien werden am Wareneingang entgegengenommen, eingelagert und bei Bedarf durch die Bandbetreuung via Small Train zu den Fertigungszellen gebracht. Nach der Verarbeitung wird das fertige Produkt durch die Bandbetreuung via Small Train in den Versandbereich gefahren (Abb. 17).

Um den Materialfluss und die Abläufe in den jeweiligen Abteilungen abbilden und verstehen zu können, wurden Gespräche mit den Mitarbeitern geführt. Dadurch konnte jeder einzelne Arbeitsschritt in den Abteilungen in Form einer EPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette) dargestellt werden. Die Gespräche fanden während der Arbeitszeit und begleitend zu den einzelnen Abläufen statt. Der Kreislauf, entstehend durch den Shuttle Service, die firmeninternen und externen Logistiktätigkeiten werden in den folgenden Unterkapiteln dargestellt.

<sup>157</sup> Eigene Darstellung

### 4.2.1 Wareneingang FCI

Die Warenannahme erfolgt an zwei örtlich voneinander getrennt liegenden Laderampen. Ein Teil der Materialien (nicht über den LDL bezogen) wird direkt am Standort des Wareneingangs angenommen, die anderen Materialien (über den LDL bezogen) werden durch den Shuttle Service im Versandbereich (TPA) entladen. Die beiden Rampen sind durch eine Produktionshalle getrennt. Dieser Umstand hat den Vorteil, dass der LKW mit den für die Produktion benötigten Materialien nur einmal die Laderampe anfahren muss. Nachteilig hingegen ist ein akuter Platzmangel vor der Laderampe, da die bereitstehenden Fertigteile von FCI das Entladen des Produktionsmaterials behindern. Die Lagerung sämtlicher für die Produktion und Verpackung benötigten Materialien erfolgt ebenfalls an zwei örtlich voneinander getrennten Bereichen. Verpackungsmaterial (Kartonagen), Einwegpaletten sowie Oktabins (Kunststoffgranulat) werden in einem Zelt neben dem eigentlichen Wareneingang gelagert. Dadurch ergibt sich der Nachteil, dass das Granulat bei Bedarf seitens der Fertigungszellen durch den Produktionsbereich (MEPA) gefahren werden muss. Das restliche Material wird im Supermarkt (Durchlaufregal oder spezielle Metallboxen) direkt neben dem Versandbereich gelagert (Abb. 27).

Der genaue Ablauf der Tätigkeiten des Wareneingangs ist in Abb. 18 dargestellt.

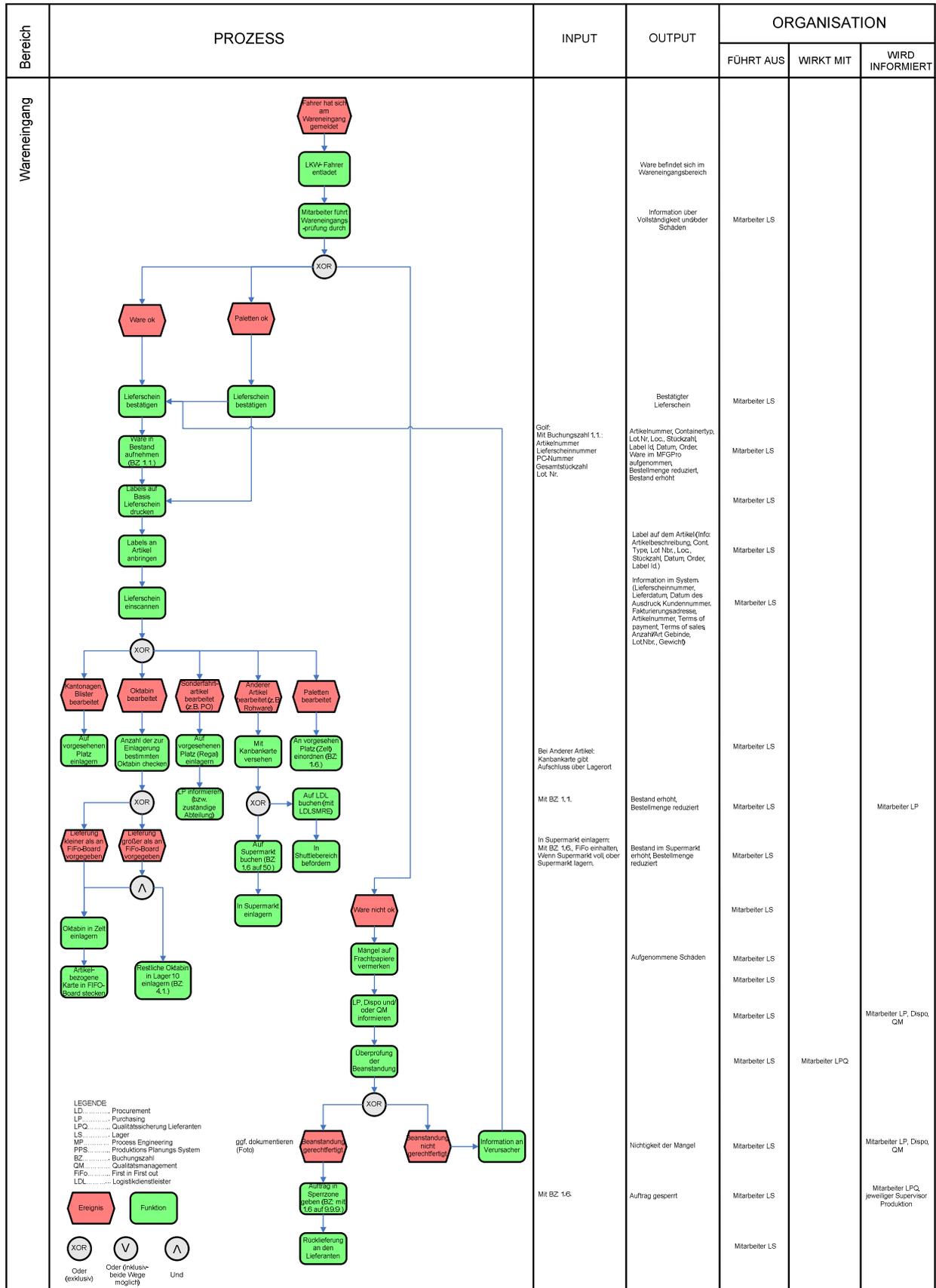


Abbildung 18: EPK Wareneingang

## 4.2.2 Bandbetreuung FCI

Die Bandbetreuung versorgt die gesamte Produktion mittels zweier Small Trains. Der Informationsfluss für die Bandbetreuung wird dabei durch Kanban-Karten (z.B. Spulen) oder Kanban-Stellflächen (z.B. Kartonagen) direkt vom internen Kunden (die jeweilige Fertigungszelle) angestoßen. Der Takt für die EDS-Produktionshalle beträgt 30 Minuten, jener für die MEPA-Produktionshalle 60 Minuten. Der Small Train-Fahrer lädt die jeweils benötigten Materialien (Spulen, Kartonagen, Buchsen, etc.) im Supermarkt auf und befördert sie im Zuge eines Milk-Run zu den Fertigungszellen (Abb. 19). An den einzelnen Fertigungszellen wird das für die Produktion benötigte Material entladen. In einem weiteren Schritt zieht der Small Train-Fahrer die fertiggestellten Produkte aus einem Shop-Stock (Lagerort des Outputs der Fertigungszelle) oder aus dafür eigens vorgesehenen Stellflächen und bringt diese zu einem Sammelpool (zur Erstellung neuer TPA) bzw. direkt in eine TPA (Auslieferungspunkt, Paletten werden kundengerecht zusammengestellt).

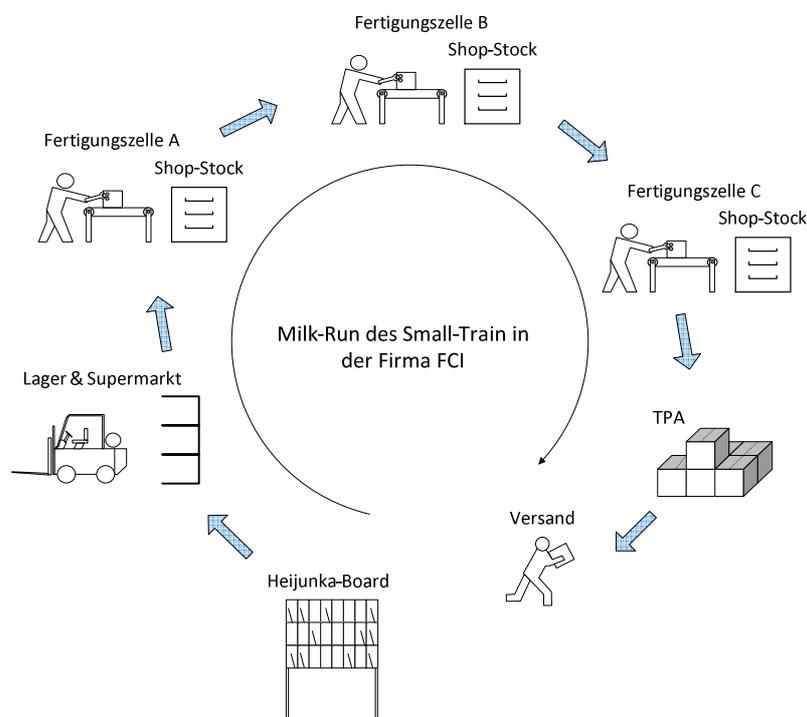


Abbildung 19: Weg der Bandbetreuung mittels Small Train<sup>158</sup>

Der genaue Ablauf der Bandbetreuung mit den notwendigen Buchungsschritten ist in Abb. 20 dargestellt.

<sup>158</sup> Eigene Darstellung



Abb. 21 zeigt einzelne Haltepunkte des Small Train am Beispiel der FCI Austria GmbH.



a.) Supermarktregal (FCI)



b.) Shop-Stock, (FCI)



c.) Fertigwarenlager neben einer Fertigungszelle (FCI)



d.) TPA (FCI)

**Abbildung 21: Supermarkt, Shop- Stock und TPA**

Die Truck-Preparation-Area ist der letzte Halt des Small-Trains beim Milk Run und bildet zugleich die Schnittstelle zum Versand.

### 4.2.3 Versand FCI

Die Mitarbeiter des Versandes erstellen nach Lieferdatum geordnet, die jeweiligen Kundenaufträge in der TPA zusammen. Der Auftrag wird dabei entweder neu aus einem Sammelpool zusammengestellt, oder eine bereits eröffnete TPA wird abgeschlossen. Die Versandhalle mit den TPA's liegt am Kreuzungspunkt der Produktionshallen für MEPA und EDS. Aus diesen Hallen kommen die Small Trains am Ende des Milk-Run mit den produzierten Artikeln der jeweiligen Fertigungszellen. Ist eine TPA fertiggestellt, werden sie mit Label versehen, foliert, evtl. geschnürt und nach der Fak-

turierung zur Ladezone gebracht. Handelt es sich um Artikel für den Shuttle-Service zum LDL Salzburg, so wird die Ladung gesichert und zur Laderampe gefahren. Dort wird die Ladung beim Eintreffen des Shuttles, und nach dessen Entladung der Produktionsmaterialien, eingeladen und zum Versand nach Salzburg gebracht. Die genaue Ablauffolge ist in Abb. 20 dargestellt.

#### **4.2.4 Logistikdienstleister**

Der Logistikdienstleister übernimmt in Salzburg einen Teil des Versandes (inkl. Zwischenlagerung und Kommissionierung) und die Lagerhaltung bestimmter für die Produktion in Mattighofen benötigten Teile. Diese werden, wie unter 5.1 beschrieben, mittels eines Kanban-Kreislaufes in die Produktion eingeflochten. Bei dem für die Fertigung benötigten Material handelt es sich hauptsächlich um:

- Elektrische Kontakte (auf Spulen aufgewickelt)
- Kunststoffgranulat (in 25 kg Säcken)
- Blister (in Kartons verpackt)

Erreicht der Shuttle Service mit Fertigteilen der Firma FCI das Lager des LDL, so werden diese entladen, verbucht und auf dem vorgesehenen Platz in einem Hochregallager eingelagert. Je nach Auftrag und Bedarf werden diese in weiterer Folge aus dem Lager entnommen, kommissioniert und zum Versenden vorbereitet. Die genaue Abfolge der Schritte ist in Abb. 20 dargestellt.

Im Gegenzug wird der entleerte Shuttle LKW mit den für Mattighofen benötigten Materialien beladen. Dazu begibt sich der LKW-Fahrer in den Lagerbereich, in welchem die Artikel zwischengelagert werden. Durch die Informationen auf den Kanban-Karten werden die Art und Menge der Materialien identifiziert und in weiterer Folge eingeladen. Der Shuttle fährt im Anschluss wieder Richtung Mattighofen, erreicht dort die Laderampe, an welcher ein Mitarbeiter des Wareneinganges diese wieder entgegennimmt.

## 4.3 Auswirkungen der Fremdvergabe für das Unternehmen FCI

Durch die Fremdvergabe der Lagerhaltung an einen Logistikdienstleister hatten sich für die Firma FCI eine Reihe an Vor- und Nachteilen ergeben. Da von Seiten der Konzernleitung im Zuge der Einführung des Lean- Gedankens die ursprünglich hohen Bestände im Hochregallager der FCI nicht mehr geduldet wurden, war es der einfachste Weg gewesen, einen Teil des Produktionsmaterials an einen Logistikdienstleister zu übergeben. Diese Maßnahme verringerte zwar den physischen Bestand am Standort Mattighofen und stärkte die Kooperation zum Logistikdienstleister, brachte jedoch auch eine Reihe von Nachteilen mit sich. Der Gesamtbestand änderte sich nicht, sofern keine weiteren Maßnahmen getroffen wurden. Durch die Fremdvergabe fielen folgende Kosten durch die Einbindung des Logistikdienstleisters an:

- Personalkosten (Shuttle Service, 3-Schicht)
- Betriebskosten des LKW
- Lagerhaltungskosten beim LDL in Salzburg
  - a. Kosten pro Palette und Stellplatz
  - b. Kosten pro Buchungsschritt (Scan) für ein- und ausbuchen
  - c. Gemeinkosten in Form von Energie, Miete, etc.

Neben den anfallenden Kosten ergaben sich weitere Probleme aufgrund von Schäden durch Transport und Lagerung (Abb. 22b.). Da es im Gegensatz zur Lagerung am eigenen Produktionsstandort, keine direkte Kontrolle durch FCI gab, wurde das geforderte FiFo-Prinzip sowie ein dementsprechend vorsichtiger Umgang mit dem Material, oftmals nur bedingt eingehalten. Dies führte zu veralteten Beständen (Abb. 22a.).



a.) veraltete Materialien



b.) beschädigtes Material



c.) Verschwendung von Lagerfläche infolge ineffizienter Nutzung (Bild rechts: zehn gemietete Plätze, drei sind genutzt)

### Abbildung 22: Teile des fremdvergebenen Lagers beim Logistikdienstleister in Salzburg

Durch die Nichteinhaltung des FiFo-Prinzips konnten bei zu langer Lagerung, die vom Endkunden geforderten Qualitätsstandards nicht erfüllt werden. Ein weiterer negativer Effekt der Fremdvergabe war eine nur sehr aufwendig durchführbare Kontrolle der Bestände. Wenn der Logistikdienstleister kein strenges Zoning praktizierte, und nicht eigenständig und konsequent auf die Bestände achtete, war der genaue Materialbestand nur über das ERP-System nachvollziehbar. Hinzu kam, dass aufgrund fehlerhafter Buchungsvorgänge, die Bestände verzerrt, und somit oftmals physisch zu überprüfen waren.

Diese mangelnde Übersicht führte zu einer ineffizienten Lagerung der Produktionsmaterialien, wodurch einzelne PAL-Stellplätze nicht ausgenutzt, und die Lagerhaltungskosten erhöht wurden (Abb. 22c.).

## 4.4 Datenerfassung

Um den erforderlichen Platzbedarf für die Wiedereingliederung der Materialien zu ermitteln, mussten die betroffenen Artikel identifiziert werden. In einem ersten Schritt wurde dafür der Supermarkt in Salzburg begutachtet. Dadurch wurde es möglich einen Überblick über die Menge und Art der Materialien zu bekommen.

Die exakten Bestände der einzelnen Materialien konnten über das konzerneigene ERP-System (MFGPro) ermittelt werden. Aufgrund der regelmäßigen Pflege der Daten war deren Qualität sehr gut, die Bestände in MFGPro waren nahezu identisch mit den realen Beständen.

Bei den in Salzburg gelagerten Artikeln handelte es sich um 110 verschiedene Materialien (Artikelnummern) von 23 unterschiedlichen Lieferanten.

Die Artikel lassen sich dabei in drei große Gruppen unterteilen:

1. Kunststoffgranulate, abgefüllt in Säcken zu je 25 kg, mit bis zu 40 Säcken pro Palette. (Abb. 23a.)
2. Signalpins, Abschirmbleche und Kontaktgitter, aufgewickelt auf Spulen mit bis zu jeweils 22 kg. (Abb. 23b.)
3. Blister zum Einlegen der Fertigteile, verpackt in Kartons, je nach Artikelnummer mit unterschiedlicher Größe und Anzahl. (Abb. 23c.)



a.)



b.)



c.)

**Abbildung 23: Artikel im Lager beim Logistikdienstleister in Salzburg**

Die betroffenen Produkte wurden mit den benötigten Informationen (z.B. Menge, Einheit, Lieferant, etc.) aus dem ERP-System extrahiert und via MS Excel abgebildet und verarbeitet. Um einen realistischen Wert der täglichen Bestände zu erhalten, waren Analysen zur Schwankungsbreite (bestimmte Artikel zu bestimmten Zeiten) notwendig. Da die Produktion sehr gleichmäßig verlief, und über das Jahr hinweg keinen nennenswerten Schwankungen auftraten, wurden die täglichen Bestände des

Supermarktes beim LDL in Salzburg, über einen Zeitraum von fünf Monaten (01.05.2011- 5.10.2011, 80 Tage) erhoben und zur Ermittlung des Platzbedarfes am Standort Mattighofen herangezogen.

## 4.5 Ermittlung des Platzbedarfes

Die beim LDL befindlichen Produktionsmaterialien waren auf einer Fläche von 556m<sup>2</sup> untergebracht. Wie in 5.3 erwähnt, war jedoch die Ausnutzung der angemieteten Fläche nicht sehr effizient. Für die Wiedereingliederung an den Standort Mattighofen musste der benötigte Lagerplatz ermittelt werden. Aus diesem Grund wurden die im Zeitraum von Mai bis Oktober, täglich anfallenden Bestände auf einen „realen“ Lagerplatzbedarf umgerechnet. Dazu war eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Artikel notwendig.

### Spulen

Signalpins, Abschirmbleche und Kontaktgitter wurden je nach Größe und Hersteller, auf unterschiedlichen Spulen gelagert. Da die Spulen verschiedene Durchmesser hatten, gab es für deren Lagerung und Transport spezielle Metallboxen in unterschiedlichen Ausführungen. Die Abmessungen dieser Boxen waren ident mit jener der Europalette (Abb. 24).



**Abbildung 24: Metallboxen zum Transport und Lagerung der Spulen**

Bei der Lagerung von Spulen ergab sich zwangsläufig das Problem, dass im Laufe der Zeit angebrochene Metallboxen entstanden, welche jeweils die Stellfläche einer Europalette benötigten, jedoch nur mit ein oder zwei Spulen bestückt waren. Dadurch entsteht vor allem bei Low Runnern eine beachtliche Verschwendung in Form von

PAL-Stellflächen. Für die ineffiziente Lagerung von Produktionsmaterial waren am Standort Mattighofen jedoch keine Kapazitäten vorhanden. Die Möglichkeit, bei jeder Entnahme der Spulen, die Verbleibenden nach zu sortieren und ggf. leere Metallboxen zu entfernen ist aufgrund des Zeitaufwandes ebenfalls keine Option. Um dieses Problem zu umgehen, wurde nach einer anderen Lösung gesucht. Die Wahl fiel dabei auf spezielle Regale, welche zur Lagerung von Reifen verwendet werden. Dabei wurde zur Erhöhung der Lagerdichte der tägliche Bestand an Spulen auf die Belegung der Reifenregale umgelegt (vgl 6.2.1).

	A	B	C	D	F	J	K	L	M	N	O	Q	R	S	X	Y	AA	AB	AC
1	Datum	Item	Descr	Al	Qty On Ha	SupplierNr	Lieferant	Stk/Verpac	Verpackun	Verpackun	Lademittel	Spule	Karton	Sackware	Maße	ges_Breite	Lademittel	belegte P	PAL_gerundet
5	13.06.2011	8 011	Flachst B		80.000,00	XXX	LMN	50000	1,6		2 Spule	2			3,2	6,4			
6	13.06.2011	8 011	Signalp B		100.000,00	XXX	LMN	100000	1		1 Spule	1			2,5	2,5			
7	13.06.2011	8 011	Signalp B		98.600,00	XXX	LMN	100000	0,986		1 Spule	1			2,5	2,5			
8	13.06.2011	8 011	Signalp A		1.203.300,00	XXX	LMN	100000	12,033		13 Spule	13			2	26			
9	13.06.2011	8 011	Flachst A		886.200,00	XXX	LMN	50000	17,724		18 Spule	18			3,2	57,6			
10	13.06.2011	8 016	CDLR FB		5.000,00	XXX	LMN	5000	1		1 Spule	1			5,5	5,5			
11																			
12	13.06.2011	0 102	PA 6 6 A		2.250,00	YYY	UVW	25	90		90 Sackware			90			40	2,25	3
13	13.06.2011	0 103	PBT unri B		125	YYY	UVW	25	5		5 Sackware			5			40	0,125	1
15	13.06.2011	0 153	PBT g/c A		125	YYY	UVW	25	5		5 Sackware			5			40	0,125	1
16	13.06.2011	0 153	PBT/AS A		700	YYY	UVW	25	28		28 Sackware			28			40	0,7	1
17	13.06.2011	0 153	PBT/AS A		2.550,00	YYY	UVW	25	102		102 Sackware			102			40	2,55	3
18	13.06.2011	0 153	PBT/AS A		950	YYY	UVW	25	38		38 Sackware			38			40	0,95	1
19																			
20	13.06.2011	0 911	EW-TZ U		779	ZZZ	GHI	41	19		19 Karton		19				8	2,375	3
21	13.06.2011	0 911	EW-Tie A		2.352,00	ZZZ	GHI	84	28		28 Karton		28					3,5	4
22	13.06.2011	0 911	EW-TZ U		1.040,00	ZZZ	GHI	20	52		52 Karton		52				12	4,333333	5
23	13.06.2011	0 911	EW-TZ U		240	ZZZ	GHI	30	8		8 Karton		8					8	1
24	13.06.2011	0 911	EW-TZ U		1.129,00	ZZZ	GHI	36	31,361111		32 Karton		32					8	4
26	13.06.2011	0 912	EW-TZ B		98	ZZZ	GHI	96	1,02083333		2 Karton		2					8	0,25
27	13.06.2011	0 912	Einweg B		1.904,00	ZZZ	GHI	68	28		28 Karton		28					8	3,5
28	13.06.2011	0 912	EW-Tie B		528	ZZZ	GHI	44	12		12 Karton		12					16	0,75
29	13.06.2011	0 912	EW-TZ A		1.920,00	ZZZ	GHI	160	12		12 Karton		12					8	1,5

Abbildung 25: Umrechnung der jeweiligen Artikel auf Paletten bzw. Regale

### Blister

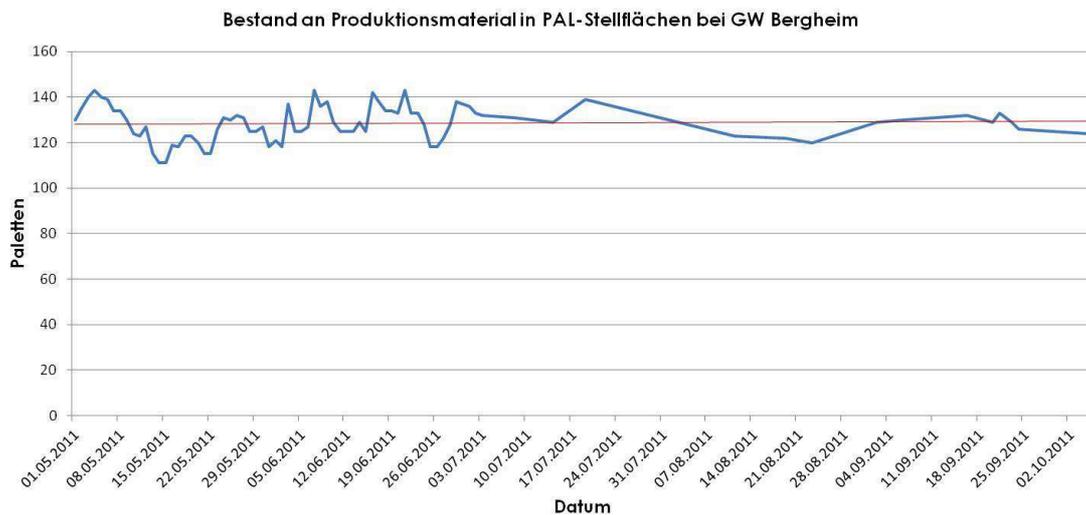
Die Ermittlung des Platzbedarfes für die zu lagernden Blister (verpackt in Kartons) wurde analog zu jener der Spulen durchgeführt (vgl. Abb. 25). Die benötigte Anzahl an PAL-Stellplätzen konnte über Typ und Menge der Blister sowie deren Karton-Abmessungen errechnet werden. Um die Anzahl der benötigten PAL-Stellflächen zu reduzieren wurde jeder einzelne Blister-Typ und dessen Anzahl an Kartons pro Palette, untersucht. Dabei kam zum Vorschein, dass die Beladung der Paletten nicht in allen Fällen ökonomisch abgewickelt wurde. In einigen Fällen konnte, nach Rücksprache mit dem Lieferanten, die Menge der Kartons pro PAL erhöht werden (z.B. von 12 auf 16 Stück). Dadurch wurde die Anzahl an benötigten Stellflächen um ein Drittel verringert.

### Kunststoffgranulat

Bei den Kunststoffgranulaten gestaltete sich die Ermittlung des Platzbedarfes sehr einfach. Da die Abmessungen aller gelieferten Säcke gleich ist, konnte die Anzahl

der erforderlichen PAL-Stellplätze über die Menge an Säcken leicht errechnet werden.

Die Gesamtanalyse des Platzbedarfes aller im Supermarkt beim LDL gelagerten Materialien brachte zum Vorschein, dass durchschnittlich 130 PAL-Stellplätze (Abb. 27) pro Tag benötigt wurden. Die hierfür angemietete Fläche betrug 556 m<sup>2</sup>.



**Abbildung 26: Bestand an Produktionsmaterial umgerechnet in Palettenstellplätze**

Es ist jedoch notwendig, die angemieteten Lagerflächen etwas größer zu dimensionieren um etwaige Schwankungen im Bestand ausgleichen zu können. Somit ergibt sich zwangsläufig ein Zielkonflikt mit der Minimierung angemieteter Flächen.

## 4.6 Planung des Layouts

Parallel zu den Berechnungen der benötigten Stellflächen wurde ein Konzept erarbeitet, das einen räumlichen Austausch der Bereiche Versand und Wareneingang vorsah. Wie unter 5.2.1 erwähnt erfolgte die Warenannahme in zwei voneinander getrennten Hallen. Der Versand mit den zugehörigen TPA's war in jener zentralen Lagerhalle (Halle A) in der sich die Supermarktregale für die Bandbetreuung befanden, untergebracht. Die für die Produktion benötigten Materialien wurden an einer der beiden Landerampen (Halle A oder Wareneingang bei Halle E2) angeliefert und je nach Artikel, entweder in den Supermarktregalen, im Zelt oder in Halle E2 eingelagert (siehe Abb. 27).

Vor der Wiedereingliederung der fremdvergebenen Produktionsmaterialien wurden die Waren wie folgt gelagert:

**Zelt**

- Oktabin (Kunststoffgranulat)
- Sackware (Kunststoffgranulat)
- Kartonagen
- Blister

**Halle A**

- Abschirmbleche, Signalpins, Kontaktgitter (Spulen)  
(in Metall- und Rollboxen)
- Drähte, Kleinteile, etc. (im Durchlaufregal)
- Einwegpaletten

**Halle E2**

- Kunststoffboxen (Mehrweg)
- Diverses Produktionsmaterial in kleineren Mengen

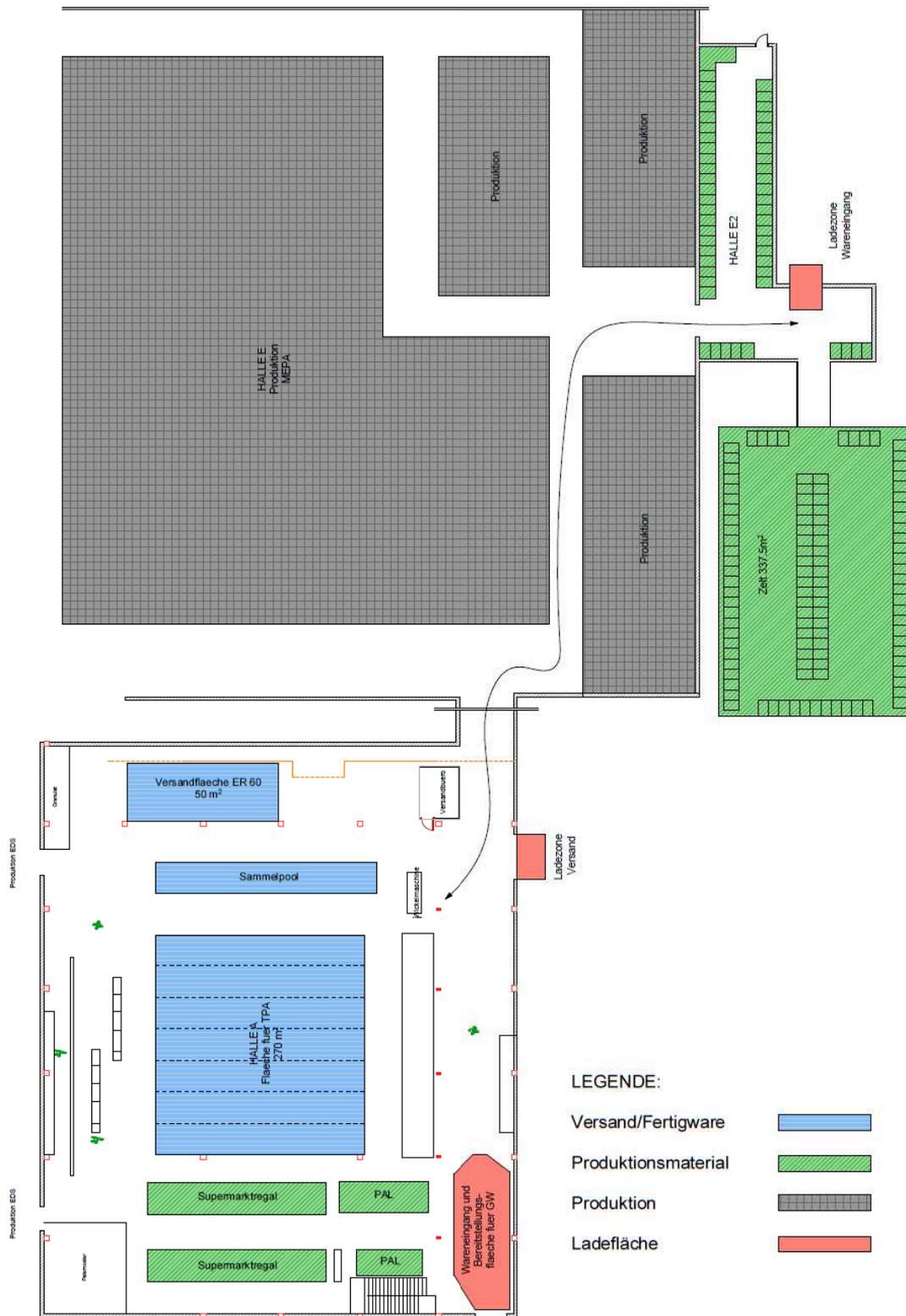


Abbildung 27: Position von Versand und Wareneingang vor der Umstellung<sup>159</sup>

<sup>159</sup> Eigene Darstellung

Durch diese Lagerhaltung gab es eine starke Frequentierung der Verkehrsflächen zwischen Halle A und Halle E2 bzw. dem Zelt. Der Small Train passierte im Zuge des Milk Runs, Halle A (Supermarktregal, Heijunka Boards, Sammelpool), Halle E2 sowie das Zelt (zur Beladung von Kartonagen). Aufgrund der Tatsache, dass der Small Train im Zelt wenden musste, waren hier trotz einer Fläche von 338 m<sup>2</sup> die Stellflächen für Paletten auf etwa 140 Plätze reduziert. Für eine Wiedereingliederung der in Salzburg gelagerten Materialien waren deshalb im Zelt sowie in Halle E2 keine Kapazitäten vorhanden. Da jedoch die Flächen im Versandbereich durch die TPA's nicht zu 100 Prozent ausgelastet waren, ist die Idee entstanden, den Wareneingangsbereich mit den im Zelt und Halle E2 befindlichen Materialien, in die Halle A zu verlegen. Im Gegenzug sollte in Halle E2 der neue Bereich für die TPA, und im Zelt eine Shipping Area für das versandfertige Material entstehen.

Durch die genaue Umrechnung der Bestände des LDL in PAL-Stellflächen am Standort Mattighofen, sowie der Kenntnis des Bestandes der im Haus befindlichen Produktionsmaterialien, konnte die Planung eines neuen Layouts für Halle A durchgeführt werden.

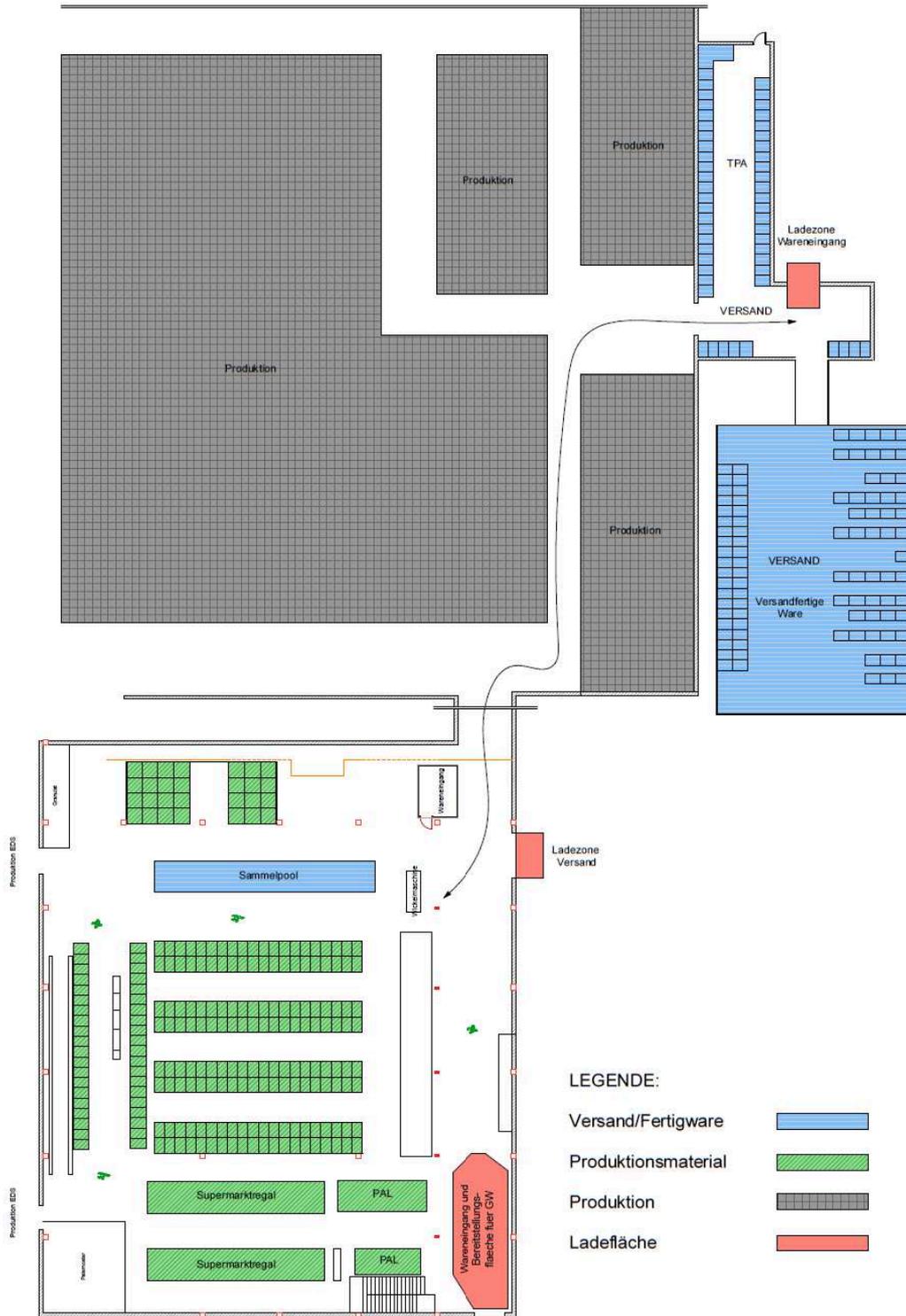


Abbildung 28: schematische Darstellung des neuen Layout in Halle A<sup>160</sup>

<sup>160</sup> Eigene Darstellung

Das Layout nach der Umstellung (schematische Darstellung, Abb. 28) sah ein striktes Zoning für alle Produktionsmaterialien, unterteilt nach Lieferant und Einsatzgebiet vor. Die Wege für das Be- und Entladen des Small Train, sowie die Strecken für das Aus- und Einladen der sollten weitestgehend optimiert sein.

## 5 Umsetzung der Wiedereingliederung

Um die fremdvergebenen Produktionsmaterialien wieder am Standort implementieren zu können, war der in 5.5.1 beschriebene Austausch von Versand und Wareneingang notwendig. Die Lagerflächen für die in den beiden Bereichen befindlichen Materialien wurden im Zuge einer Sonderschicht verlegt.

Durch die Wiedereingliederung wurde der Shuttle-Verkehr zwischen dem LDL und dem Standort Mattighofen von drei auf nur eine Schicht (07:00-15:00 Uhr) reduziert. Diese Schicht war notwendig, da ein Teil des Versandes weiterhin über den LDL abgewickelt wurde, und somit die Fertigwaren nach Salzburg befördert werden mussten. Im Zuge der Shuttle-Fahrten zwischen 07:00 und 15:00 Uhr ergab sich drei- bis viermal (je nach Verkehrsaufkommen) pro Tag die Möglichkeit das benötigte Produktionsmaterial an den Standort Mattighofen zu überstellen. Da es aufgrund mangelnder Lagerflächen nicht möglich war das gesamte Material innerhalb kürzester Zeit am Standort zu implementieren, wurden die täglichen Shuttle-Fahrten für eine langsame Wiedereingliederung genutzt. Durch die kontinuierliche Einflechtung des Produktionsmaterials ist es in weiterer Folge möglich gewesen, die Lagerbestände langsam zu glätten und das Layout in kleinen Schritten zu optimieren.

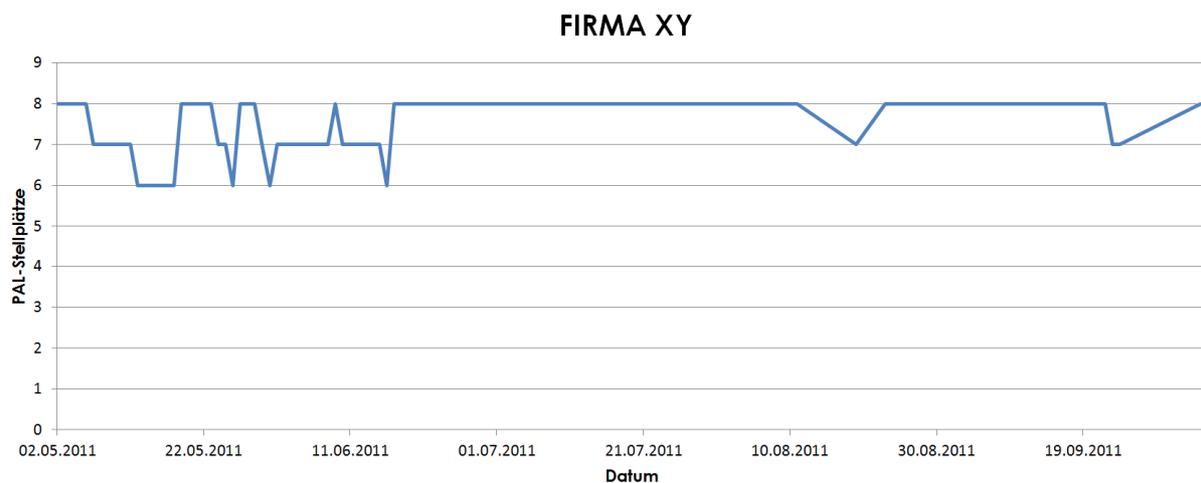
### 5.1 Kontinuierliche Wiedereingliederung

Die Lagerfläche in Mattighofen war in Bezug auf die Grundfläche sehr weit ausgereizt. Es bestanden noch Kapazitäten hinsichtlich einer vertikalen Lagerung (vier weitere Ebenen waren möglich), ein Hochregallager durfte jedoch aus Sicht der Unternehmensführung nicht eingeführt werden.

Um die Kapazität der Lagerfläche nicht zu überschreiten und die stetige Versorgung der Fertigungszellen durch den Small Train nicht zu gefährden wurden die Produktionsmaterialien schrittweise angeliefert. Die Anlieferung von Highrunnern (nach Lieferanten geordnet) und Materialien mit großem Potential zur Bestandsreduzierung (z.B. Spulen) hatte dabei oberste Priorität. Aufgrund von freien Stellflächen im Lager und der aus der Auswertung bekannten benötigten Stellflächen der jeweiligen Artikel, wurden die Materialien nach Absprache mit dem Lieferanten direkt in Mattighofen angeliefert. Zuvor wurde der Bestand beim LDL aufgebraucht. Dabei war es notwendig, auf freie Stellflächen zu achten. Waren z.B. 7 PAL-Plätze in Mattighofen frei,

so wurde ein Lieferant bzw. Artikel ausgewählt, dessen durchschnittlicher Bestand etwa den freien Stellflächen entsprach (Abb. 30).

	A	B	W	AQ	BK	BQ	BR	BS	BT	CC	CD
1 Datum	01.05.2011	22.05.2011	11.06.2011	01.07.2011	21.07.2011	10.08.2011	30.08.2011	19.09.2011	Gesamtergebnis	Mittelwert	
2 Firma ABZ	2	2	3	2	2	1	1	2	164	2,08	
3 FIRMA XY	8	8	7	8	8	8	8	8	588	7,44	
4 Firma KLB	11	8	11	10	11	9	10	9	803	10,16	
5 Firma P9TR	1	1	1	1					67	1,00	
6 Firma MNM	4	6	8	5	8	7	9	8	493	6,24	
7 Firma LPM	6	5	7	9	10	10	9	9	586	7,42	
8 xyz GmbH	7	7	3		1	4	4	2	298	4,58	
9 Liefer AG	12	1	8	12		11	9	8	706	9,05	
10 RLM	5	4	4	4	1	1	1	3	264	3,34	
11 KLI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
12 NHJKL	1	1	1	1	1	1	1	1	82	1,06	
13 PMEG	1	1	1	1	2	2	2	2	94	1,19	
14 Firma LPM	5	3	5	7	6	5	7	4	501	6,34	
15 xyz GmbH	1	1	1	1	1	1	1	1	79	1,00	
16 Liefer AG	3	3	2	2	3	3	3	3	207	2,62	
17 JPEG	1	1	1	1	1	1	1	1	78	1,00	
18 META	2	1	1	1	1	1	1	1	88	1,11	
19 WinAMp								1	9	1,00	
20 Firma KLB	50	53	49	62	61	53	47	61	4398	55,67	
21 Firma P9TR	1	1	1	1	1	1	1	1	57	1,00	
22 Firma MNM	1	1		0	0	0	0		29	0,49	
23 Firma LPM	5	5	5	5	5	4	4	4	373	4,72	
24 L-KG	3	2	6	3					185	2,85	
25 SUMME	130	115	125	136	123	123	120	129	10149	128,47	



**Abbildung 29: Durchschnittliche Palettenstellflächen pro Lieferant**

Die Produktionsmaterialien dieses Lieferanten wurden ab dem Verzehr der Bestände in Salzburg nur mehr in Mattighofen angeliefert.

## 5.2 Erhöhung der Lagerkapazität

Um die schrittweise Wiedereingliederung aller fremdvergebenen Materialien vollständig durchführen zu können mussten zwei wesentliche Maßnahmen getroffen werden. Einerseits eine Erhöhung der Lagerdichte, andererseits die Verringerung der Bestände.

### 5.2.1 Maßnahmen zur Erhöhung der Lagerdichte

Um die nichtgenutzten Kapazitäten hinsichtlich einer mehrgeschossigen Lagerung etwas ausgleichen zu können, musste die bodennahe Lagerung sämtlicher Artikel so weit wie möglich komprimiert werden.

Eine Erhöhung der Lagerdichte konnte nur durch eine genaue Betrachtung der einzelnen Materialien erfolgen. Dabei wurde der erste Hebel bei den auf Spulen gelagerten Materialien angesetzt.

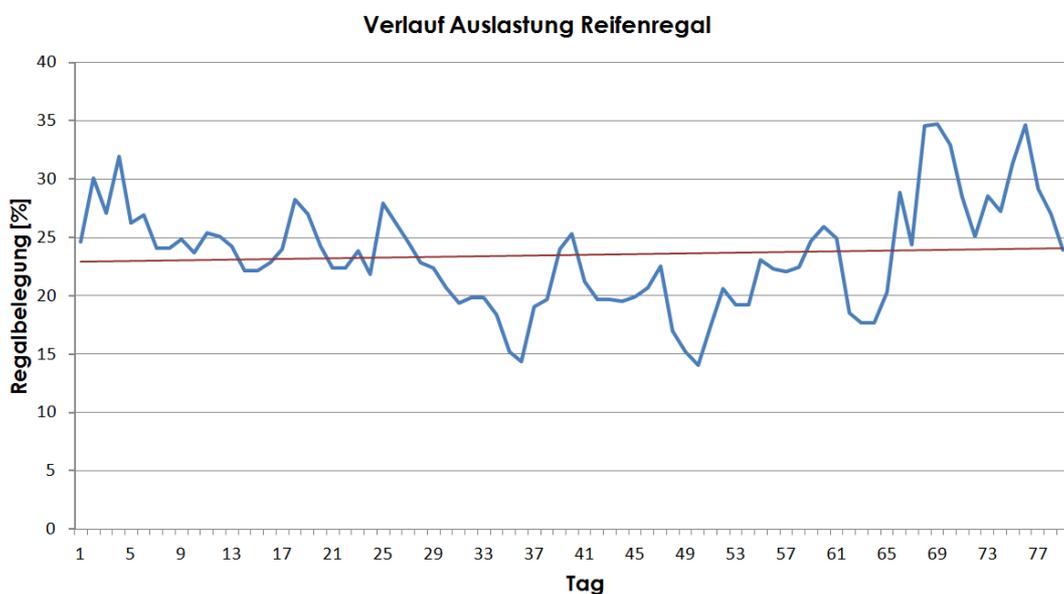
#### Erhöhung der Lagerdichte bei den Spulen

Bei der Ermittlung von Art und Anzahl der benötigten Reifenregale (Grundfläche: 156\*43cm) wurde wie folgt vorgegangen: Die Spulen wurden nach Artikelnummer und Lieferant geordnet. In weiterer Folge wurden die Abmessungen jeder verschiedenen Spule dokumentiert und deren Breite mit der vorhandenen Spulenanzahl multipliziert. Die Werte der einzelnen Spulen ergaben in Summe die Gesamtlänge des benötigten Platzes (vgl. Abb. 30). Die durchschnittlichen Bestände der dokumentierten fünf Monate ergab die Anzahl der benötigten Reifenregale.

	A	B	C	F	H	I	J	K	L	M	N	O	Q	X	Y
1	Datum	Item Num	Descriptio	Qty On Ha			Supplier	Lieferant	Stk/Verp	Verpackungse	Verpacku	Lademitt	Spule	Maße:	ges_Bre
4	13.06.2011	44775588	C1X	80.000,00	0,00909	727,2	24680	EFG	50000	1,6	2	Spule	2	3,2	6,4
5	13.06.2011	99119911	D1Y	100.000,00	0,00863	862,6	12345	XYZ	100000	1	1	Spule	1	2,5	2,5
6	13.06.2011	88226633	E1Y	98.600,00	0,0087	857,82	98765	ABC	100000	0,986	1	Spule	1	2,5	2,5
7	13.06.2011	44775588	F1Y	1.203.300,00	0,00678	8.158,37	24680	EFG	100000	12,033	13	Spule	13	2	26
8	13.06.2011	99119911	A1X	886.200,00	0,0119	10.545,78	12345	XYZ	50000	17,724	18	Spule	18	3,2	57,6
9	13.06.2011	88226633	B1X	5.000,00	0,17853	892,65	98765	ABC	5000	1	1	Spule	1	5,5	5,5
10	13.06.2011	44775588	C1X	5.800,00	0,56142	3.256,24	24680	EFG	9000	0,644444444	1	Spule	1	8	8
11	13.06.2011	99119911	D1Y	22.300,00	0	0	12345	XYZ	8000	2,7875	3	Spule	3	15	45
12	13.06.2011	88226633	E1Y	29.173,00	0	0	98765	ABC	30000	0,972433333	1	Spule	1	10	10
13	13.06.2011	44775588	F1Y	15.160,00	0	0	24680	EFG	7880	1,923857868	2	Spule	2	0	0
14	13.06.2011	99119911	A1X	17.800,00	0	0	12345	XYZ	39000	0,456410256	1	Spule	1	0	0
15	13.06.2011	88226633	B1X	27.000,00	0,01138	307,26	98765	ABC	9000	3	3	Spule	3	3,2	9,6
16	13.06.2011	44775588	C1X	11.400,00	0,1155	1.316,70	24680	EFG	15000	0,76	1	Spule	1	5,2	5,2
17	13.06.2011	99119911	D1Y	8.800,00	0,59639	5.248,23	12345	XYZ	2500	3,52	4	Spule	4	15	60
18	13.06.2011	88226633	E1Y	14.960,00	0,11431	1.710,08	98765	ABC	15000	0,997333333	1	Spule	1	8,8	8,8
19	13.06.2011	44775588	F1Y	5.700,00	0,28433	1.620,68	24680	EFG	6000	0,95	1	Spule	1	11	11
20	13.06.2011	99119911	A1X	17.970,00	1,52459	27.396,88	12345	XYZ	1600	11,23125	12	Spule	12	9,5	114
21	13.06.2011	88226633	B1X	6.800,00	1,23738	8.414,18	98765	ABC	1700	4	4	Spule	4	9,5	38
22	13.06.2011	44775588	C1X	5.900,00	0	0	24680	EFG	2000	2,95	3	Spule	3	0	0
23	13.06.2011	99119911	D1Y	28.500,00	0	0	12345	XYZ	50000	0,57	1	Spule	1	3,2	3,2
24	13.06.2011	88226633	E1Y	700	1,21378	849,65	98765	ABC	2000	0,35	1	Spule	1	9,5	9,5

Abbildung 30: Analyse zur Berechnung der benötigten Spulenregale

Nach der Anschaffung von acht Reifenregalen konnten diese im Mittel zu 25% auslasten (Abb. 31) werden. Der verbleibende Regalplatz wurde durch Spulen, welche nicht über den LDL geliefert wurden, genutzt. Im Zuge der Einführung dieser Regale wurden vordefinierte Plätze für die einzelnen Artikelnummern geschaffen. Jeder Artikel bekam einen eigenen Bereich. Zudem wurde bei den Spulenregalen das geforderte FiFo-System eingeführt. Die Bestückung bzw. Entnahme durch die Bandbetreuung erfolgte nun in einer vorgegebenen, am Regal klar ersichtlichen Richtung.



**Abbildung 31: Diagramm zur Ermittlung der benötigten Anzahl an Regalen**

Der Supermarkt beim LDL hatte durchschnittlich 30 Spulen pro Tag lagernd, welche auf eine täglich unterschiedlich große Anzahl an Paletten (etwa 20 Stk.) verteilt waren. Durch Einsatz der Spulenregale konnte die in Anspruch genommene Grundfläche von 20m<sup>2</sup> (20 PAL-Plätze) beim LDL, auf 5m<sup>2</sup> am Standort Mattighofen reduziert werden. Dabei handelt es sich um die reine Stell, exklusive Manipulationsfläche. Abb. 32 veranschaulicht die Erhöhung der Lagerdichte bei den Spulen.

Bei der Wiedereingliederung der Spulen aus dem externen Kanban-Kreislauf (FCI Mattighofen – LDL Salzburg) wurden die betroffenen Karten entfernt.



**Abbildung 32: Erhöhung der Lagerdichte durch Einführung eines Spulenregales (links: LDL, rechts: FCI Mattighofen)**

Neben dem Platzersparnis entstand durch die Einführung des Spulenregales eine erhebliche Einsparung an Zeit, da keine leeren Paletten bewegt werden mussten.

Der zweite wesentliche Schritt bei der Erhöhung der Lagerdichte betrifft einen Teil des Verpackungsmaterials, die Kartonagen. Nach Dickmann (2007) soll die Verpackung unter anderem den unversehrten Transport von Material gewährleisten. Da eine Verpackung nicht direkt wertschöpfend ist, und der Kunde sie ursächlich nicht kaufen möchte, wird ihr nicht selten wenig Aufmerksamkeit gewidmet.<sup>161</sup>

Am Standort Mattighofen wird ein Großteil der Fertigwaren direkt an der Fertigungszelle in Blister eingelegt und in weiterer Folge mittels Kartonagen verpackt. Die Lieferung der Kartonagen an die Fertigungszelle erfolgt gleich wie beim Produktionsmaterial (ausgenommen Granulate), durch den Small Train. An den einzelnen Anlagen befinden sich Fächer, welche mit aufgefalteten Kartonagen versehen sind. Ist ein Fach leer, so wird es beim nächsten Milk Run automatisch durch einen Mitarbeiter der Bandbetreuung aufgefüllt. Der Fahrer des Small Train wiederum entnimmt die benötigten Kartonagen aus dem Warenlager. In diesem befinden sich 27 verschiedene Typen an Kartonagen, welche sich im zusammengefalteten Zustand durch ihre Größe unterscheiden. Die Regelung der zu beschaffenden Mengen an Kartonagen erfolgt dabei durch Erfahrungswerte und einen Blick auf den aktuellen Bestand. Das Produktionsprogramm und in weiterer Folge die benötigte Menge an Kartonagen pro Variante, wird als Zusatzinformation für die Nachbestellung herangezogen. Die Nachbestellung selbst erfolgt mittels Email durch einen Dispositionsmitarbeiter.

<sup>161</sup> vgl. Dickmann (2007), S. 121ff.

Die Lagerung der Kartonagen konnte in zwei Punkten verbessert werden. Einerseits konnten Maßnahmen zur Erhöhung der Lagerdichte, und andererseits zur Reduzierung der Bestände getroffen werden.

### Erhöhung der Lagerdichte bei den Kartonagen

Die Kartonagen wurden auf Paletten angeliefert. Dabei war die Anzahl der auf den Paletten befindlichen Kartonagen, je nach Variante, sehr unterschiedlich. Die Höhe der Beladung einer Palette variierte von 81 cm bis zu 185 cm. Die Stückzahl der Kartons schwankte ebenfalls zwischen 135 und 3900 Stück. Um die Lagerdichte zu erhöhen war der erste Schritt eine Datenerhebung sämtlicher Kartonagen. In weiterer Folge wurde jener Artikel, dessen vertikale Abmessung (Stapelung) am höchsten war, als Maximum herangezogen. Nach Prüfung der Umsetzbarkeit der Anlieferung sämtlicher Kartonagen in einer maximalen Höhe von 185 cm, hinsichtlich Arbeiterschwernis für Mitarbeiter der Bandbetreuung, wurden Berechnungen bezüglich der einzusparenden Paletten-Plätze angestellt.

Dabei wurde für jede Variante des Kartons (Artikelnummer) eine Anlieferung von jener Menge pro Palette angestrebt, bis die maximale Höhe von 185 cm erreicht ist (Abb. 33). Im Zuge dieser ersten Maßnahme kam es teilweise zu einer Verdoppelung der Anzahl an Kartons pro Palette, was die PAL-Stellfläche wiederum halbiert. In einem Zweiten Schritt wurde jeder Artikel auf seine Grundfläche hin untersucht. Hatte ein Karton beim Zustand der Anlieferung, einen Grundfläche von z.B. 580\*380 mm und wurde mit nur einem Stapel pro PAL (800\*1200mm) angeliefert, so konnte die Anzahl der Stapel verdoppelt bzw. erhöht werden. Durch diese Maßnahme war teilweise eine Vervielfachung der Anliefermenge pro PAL möglich.

Component	Iter	Comp Desc1 *	Stk/PAL (aktuel)	Lieferungen ab	Höhe aktuell [cm]	Stk. (neu)	Stapel pro PA	neue Palettenhi	PAL_ar	PAL_anz max	PAL_anz_neu	Höhe_neu [cm]
0	xxxxxxx	EW-KARTON	135	520,00	164	300	2	490,00	2	6	2,70	364,4
0	xxxxxxx	EW-KARTON	135	591,00	163	300	2	559,00	8	13	5,85	362,2
0	xxxxxxx	EW-KARTON	150	367,00	85	600	4	325,00	2	4	1,00	340,0
0	xxxxxxx	EW-KARTON	450	320,00	175	450			4	4	4,00	175,0
0	xxxxxxx	EW-KARTON	120	945,00	95	220		895,00	2	2	1,09	174,2
0	xxxxxxx	EW-KARTON	150	565,00	95	270		535,00	2	3	1,67	171,0
0	xxxxxxx	EW-KARTON	150	882,00	95	240		862,00	2	3	1,88	152,0
0	xxxxxxx	EW-KARTON	3900	50,00	94	5200		49,00	2	2	1,50	125,3
0	xxxxxxx	EW-KARTON	135	865,00	185	135			6	12	12,00	185,0
0	xxxxxxx	KARTONZUS	400	269,00	106	600		116,00	6	6	4,00	159,0
0	xxxxxxx	KARTONZUS	300	383,00	81	600		360,00	2	2	1,00	162,0
0	xxxxxxx	EW-CARTON	135	928,00	164	135			4	4	4,00	164,0
0	xxxxxxx	EW-CARTON	-						2	2		
										63,00	41,00	
0	xxxxxxx	KARTONZUS	400	269,00	106	2400		90,00	6	6	1,00	159,0
0	xxxxxxx	KARTONZUS	2800	269,00	106	8400		26,00	6	6	2,00	159,0

Abbildung 33: Optimierung der Lagerdichte bei Kartonagen

Durch die hier erwähnten Maßnahmen konnte eine Reduktion der PAL-Stellflächen bei den Kartonagen von max. 63 auf 41 PAL-Plätze erzielt werden. Die Anliefermenge hinsichtlich der Stückzahl an Kartonagen änderte sich jedoch nicht. Im Zuge der Reduktion der PAL-Flächen (bei gleichbleibender Abnahmemenge) konnten durch Verhandlungen mit dem Lieferanten günstigere Konditionen ausgehandelt werden. Das gesamte jährliche Einsparungspotential bei den Kartonagen ist in Abb. 35 dargestellt.

In einem dritten Schritt wurde eine Variante eines Kartons mit besonderem Verbesserungspotential identifiziert. Die Verschwendung in Form von Material und Lagerfläche war sehr hoch.



**Abbildung 34: Umstellung der Anlieferereinheiten bei Kartonagen**

Die Anlieferung dieses Artikels bestand aus einer Kombination zweier Kartonagen (Stege und Trennplatten) mit sehr unterschiedlichem Verbrauch, angeliefert auf einer gemeinsamen Palette. Ist der Bestand eines Kartons (Trennplatte) unter ein Mindestmaß gefallen, so wurde der gesamte Artikel nachbestellt. Dadurch erhöhte sich der Bestand des zweiten Kartons (Stege). Durch eine Umstellung der Anlieferung auf zwei separate Paletten (einmal mit Stege, einmal mit Trennplatten), konnte die Verschwendung in Form von Material und Lagerfläche vermieden werden.

Die an den Kartonagen getroffenen Maßnahmen zur Erhöhung der Lagerdichte, sowie die Umstellung der Anlieferform eines Artikels, brachten sowohl eine Reduzierung der benötigten Stellflächen als auch eine Einsparung hinsichtlich der Kosten mit sich. Die Berechnung stützt sich am Jahresverbrauch der einzelnen Kartonagenvarianten aus dem Jahr 2011. Die genauen Kosten werden jedoch aus Datenschutzgründen nicht angeführt.

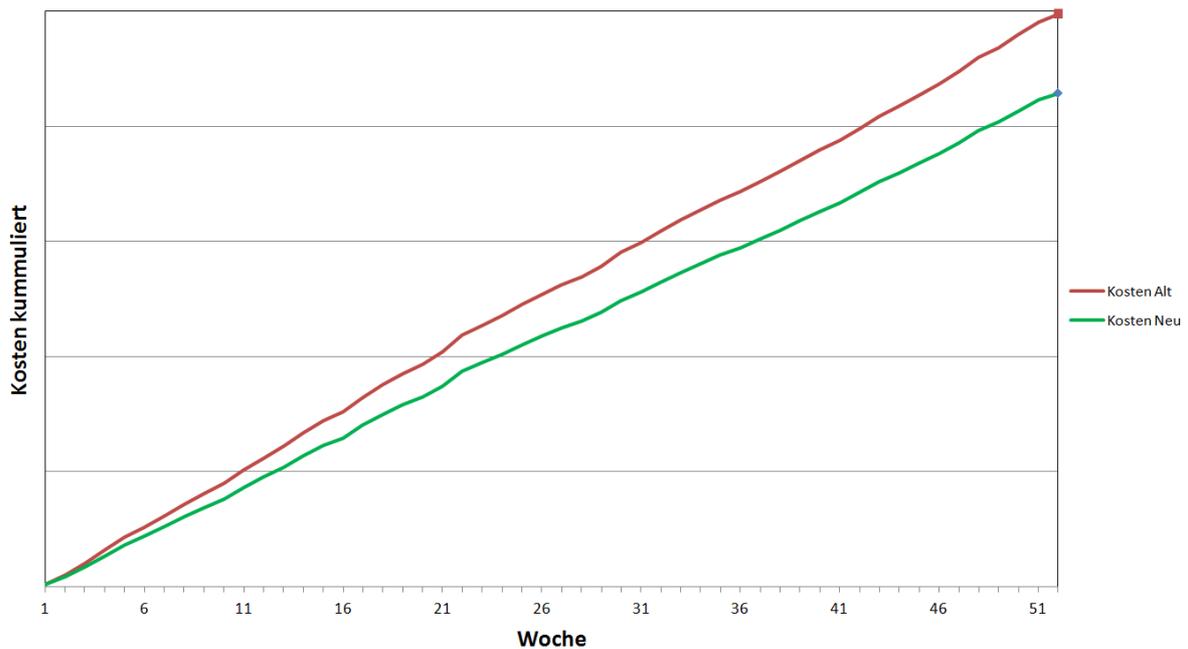


Abbildung 35: Kostenersparnis durch Umstellung der Kartonagen

## 5.2.2 Reduzierung der Bestände

Neben der Erhöhung der Lagerdichte war die Reduzierung der Bestände eine weitere wesentliche Maßnahme zur effizienteren Nutzung der bestehenden Lagerkapazitäten. Diese wurde ebenso wie die anderen Maßnahmen, schrittweise während der Eingliederung der fremdvergebenen Materialien vorgenommen. Die davon betroffenen Materialien waren großteils Granulate (Oktabin), Blister (in Kartons) und Spulen.

### Granulate

Die Kunststoffgranulate wurden vor der Verlegung des Produktionsmaterials in die Halle A, im Zelt gelagert. Aufgrund der Abmessungen und des Gewichtes der Oktabin (ca. 1000kg) war die sichere Gewährleistung der Einhaltung des FiFo-Systems nicht möglich. Nach der Entnahme eines Oktabin wurde dieser durch den Produktionsbereich in Halle A gebracht und von dort der zentralen Materialversorgung zugeführt. Wurde ein Oktabin neu angeliefert kam dieser auf den nächstgelegenen freien Stellplatz im Zelt. Dadurch entstand eine chaotische Lagerhaltung, wodurch es zeitintensiv war, den Oktabin mit dem ältesten Datum zu entnehmen. In weiterer Folge

passierten Fehler bei der Bestandsaufnahme der Oktabin, wodurch es oft zu erhöhten Beständen kam.

Um dieses Problem zu lösen wurden im Zuge der Verlegung des Produktionsmaterials in Halle A definierte Lagerflächen für die Oktabin geschaffen. Diese Flächen wurden durch Bodenmarkierungen gekennzeichnet und jeder Stellplatz bekam eine fixe Nummer zugeteilt. Diese Nummer war an den Bodenmarkierungen angebracht und für jeden Mitarbeiter deutlich sichtbar. Wurde ein Oktabin aus einem Stellplatz entnommen, so war der Platz kurzzeitig leer. Neben den gelagerten Oktabins befindet sich ein FiFo-Board, an welchem jede Artikelnummer eines Oktabins eine definierte Spalte einnimmt. Wird eine bestimmte Artikelnummer benötigt, so wird die zugehörige Karte aus dem Board gezogen, ihr Stellplatz gelöscht und im Bereich „Zu Bestellen“ hinterlegt. In weiterer Folge wird der zugehörige Oktabin aus jenem definierten Stellplatz (mit der dazugehörigen Nummer) entnommen. Wird ein Oktabin einer bestimmten Artikelnummer neu angeliefert, so wird er auf einen beliebigen Platz gestellt. Die Nummer dieses Platzes wird auf eine Karte im FiFo-Board geschrieben und in der betroffenen Spalte (Artikelnummer) eingeworfen. Durch dieses System wird die Einhaltung von FiFo gewährleistet.



**Abbildung 36: FiFo-Board für die Steuerung der Bestände von Oktabin (Granulat)**

In den einzelnen Spalten am FiFo-Board befindet sich jeweils eine Markierung für den Bestellbestand der jeweiligen Artikelnummern. Wird diese Linie erreicht, muss ein neuer Oktabin bestellt werden. Durch dieses System werden die Bestände der Granulate zuverlässig gesteuert. Das FiFo-Prinzip wird eingehalten, und die Suche nach den benötigten Artikelnummern entfällt, wodurch Ressourcen gespart werden.

### **Verpackungsmaterial (Blister)**

Der Bedarf des Verpackungsmaterials wird grundsätzlich über das ERP-System MFGpro erhoben. Dabei ergibt sich aus der geplanten Menge an Fertigteilen (nach dem Produktionsprogramm) und aus der bestellten sowie aktuell vorhandenen Menge an Verpackungsmaterial, die geforderte Stückzahl an Blister für jede Variante. Geht die kumulierte im Lager vorhandene Menge zur Neige, so schlägt das System an einem bestimmten Datum die zu bestellenden neuen Mengen vor.

Die Versorgung der Fertigungszellen läuft auch hier über den Small Train, ausgehend vom Warenlager. An den einzelnen Anlagen befinden sich Kanban-Stellflächen für jede Variante der benötigten Blister. Die Anzahl der vorgehaltenen Blister ist dabei durch die produzierte Menge an Fertigteilen pro Zeiteinheit, sowie durch die Wiederbeschaffungszeit (Taktzeit des Small Train) festgelegt.

Die für die kontinuierliche Versorgung der Fertigungszellen bevorrateten Blister benötigten etwa 70 PAL-Stellflächen pro Tag. Wie unter 5.5 erwähnt, konnte durch die Abänderungen der Liefermenge pro Palette ein Teil an Lagerfläche gewonnen werden. Der Großteil der in Kartonagen verpackten Blister war jedoch hinsichtlich der angelieferten Menge pro Palette optimiert. Um die Bestände dennoch reduzieren zu können wurden die Intervalle der Wiederbeschaffung von dreimal wöchentlich, auf eine tägliche Anlieferung umgestellt. Durch diese Maßnahme wurde die Bevorratung der Blister auf eine Dauer von 24 Stunden (statt 48) verkürzt. Dadurch konnten die benötigten Stellflächen im Durchschnitt um ein Drittel reduziert werden.

## **5.3 Modifizierung des Layouts**

Die Planung und Gestaltung des Lagers für das Produktionsmaterial erstreckte sich über den gesamten Zeitraum der Wiedereingliederung. Um im Zuge des rollierenden Planungsprozesses sämtliche logistischen Tätigkeiten so effizient wie möglich zu gestalten, wurde jede Veränderung in Absprache mit den Mitarbeitern des Wareneingangs und der Bandbetreuung durchgeführt. Der Fokus lag dabei bei der Gewährleistung des FiFo-Prinzips und einer bestmöglichen Ausnutzung der gegebenen Lagerfläche. Im Zuge der Lean-Methoden Kaizen und dem Visuellen Management (Zoning) wurde so eine kontinuierliche Verbesserung aller im Lager stattfindenden Prozesse erreicht.

Im Zuge der laufenden Modifizierung des Layouts kam es zu folgenden Veränderungen im Vergleich zum Ausgangszustand:

- Vormaterial, Betriebsmittel und Rohmaterial wurden aufgrund ihrer physischen Beschaffenheit getrennt gelagert. (Spulen, Oktabin, Sackware, Kartonagen, Verpackungen, Kleinteile)
- Die Artikel wurden zusätzlich, sofern sinnvoll, nach den unterschiedlichen Lieferanten bzw. im Versand nach Kunden geordnet (Abb. 37b). (Beim Zugriff auf die Artikel muss nicht danach gesucht werden).
- Einzelne Artikelnummern wurden aufgrund der Stetigkeit ihres Verbrauches in bestimmte Bereiche unterteilt. (Low Runner mit sporadischem Verbrauch werden chaotisch gelagert, High Runner haben immer fixe Stellflächen und sind immer sortenrein, Abb. 37a).
- High Runner sind immer so angeordnet, dass die Mitarbeiter der Bandbetreuung im Zuge des Milk Run möglichst schnellen Zugriff haben.



a.) Zoning im Versandbereich



b.) Zoning im Bereich der Rohmateriallagerung

**Abbildung 37: Zoning in Lager und Versand**

Die finale Version des Layouts im gesamten Lager in Halle A ist in Abb. 38 dargestellt. Nach mehreren unterschiedlichen Anordnungen der Produktionsmaterialien während der Wiedereingliederung des fremdvergebenen Lagers setzte sich diese Version durch. Die Abbildung zeigt die Route des Small Train (grüne Linie) durch das Lager. Aufgrund des Kurvenradius des Small Train, und der minimalen Abstände zwischen PAL-Stellplätzen (230cm) ist eine ringförmige Struktur der Route die einzig mögliche Lösung. Nach Beendigung des Milk Run führt die Route aus den Produktionshallen (EDS oder MEPA) an den Pool für Fertigteile (gelbe PAL-Stellfläche, vertikal) zur deren Entladung. Der nun leere Small Train fährt in weiterer Folge zu den Kartonagen (braune PAL-Fläche, horizontal). Sind die benötigten Kartonagen aufgeladen, führt der Weg durch die Supermarktregale (linker Bildrand) zur Beladung von Kleinteilen. In weiterer Folge werden die Spulenregale passiert (links unten). Nach der Beladung mit Spulen werden Blister bzw. Verpackungsmaterial geladen (vertikale PAL-Stellflächen, Bildmitte). Im Anschluss daran fährt der Small Train wieder in die Produktionshallen. Die für die Fertigungszellen benötigten Produktions-Kanban befinden sich im Heijunka Board (oberer Bildrand, rote Linien).

Jenes Produktionsmaterial (Granulate), welches nicht von der Bandbetreuung an die Fertigungszellen gefahren wird befindet sich in Bildmitte (blaue PAL-Stellflächen) und am rechten Bildrand (rote PAL-Stellflächen).

Das Wareneingangsbüro liegt direkt neben der Laderampe für den Wareneingang (rechts unten). Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass externe Personen (Fahrer von Speditionen) den Lagerbetrieb bei der Abwicklung von Formalitäten nicht stören. Die Bereitstellungsfläche der Fertigwaren für den LDL liegt unverändert an der Laderampe (grüne PAL-Stellflächen, linker unterer Bildrand).

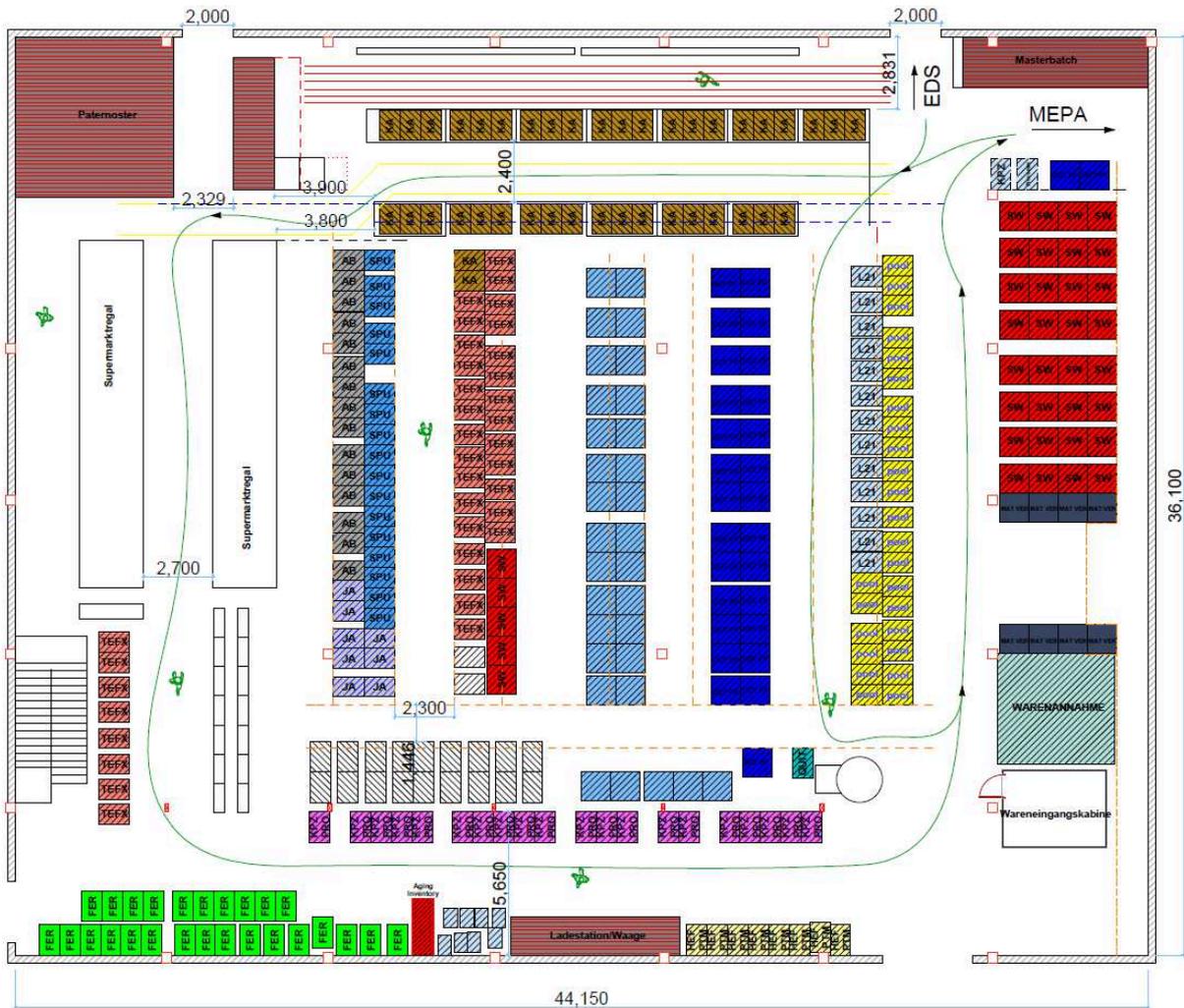


Abbildung 38: Endgültige Version des neuen Layout<sup>162</sup>

Aufgrund der Tatsache, dass die Optimierung des Lagers und aller darin befindlichen Materialien ein fortschreitender Prozess ist, werden an diesem Layout im Laufe der Zeit weitere Modifikationen vorgenommen. Hinzu kommt der Umstand, dass im Zuge einer Erweiterung der Produktionshallen größere Lagerkapazitäten gefordert sein werden.

<sup>162</sup> Eigene Darstellung

## 6 Ergebnisdarstellung und Zusammenfassung

Anlass für diese Arbeit war die Problemstellung, dass das an einen LDL fremdvergebene Lager in Salzburg zusammen mit dem zur Versorgung der Produktion am Standort Mattighofen notwendigen Shuttle Transport zu hohe Kosten verursachte.

Nach einer Beschreibung der notwendigen Grundlagen im ersten Teil der Arbeit wurden im Zuge einer Ist-Analyse die Systemgrenzen definiert und sämtliche für eine Wiedereingliederung des fremdvergebenen Lagers erforderlichen Daten erhoben. Im Anschluss daran erfolgte eine Neuplanung des Layouts. Parallel zur Wiedereingliederung wurden Maßnahmen getroffen, um einerseits die Bestände an Produktionsmaterial zu reduzieren und andererseits die Lagerdichte am Standort zu erhöhen. Die Wiedereingliederung der fremdvergebenen Materialien brachte eine deutliche Einsparung der Logistikkosten (Lagerung, Transport, Handling) mit sich. Durch die eigene Lagerhaltung aller am Produktionsstandort benötigten Materialien konnte zudem die Versorgungssicherheit erheblich gesteigert werden.

Da jedes Material definierte Bereiche und Plätze zugeteilt bekam, wurde ein Anstieg der Bestände durch den täglich durchgeführten Lagerrundgang sofort ersichtlich. Die Überprüfung der beim LDL vorgehaltenen Artikel über das ERP-System bzw. eine physische Kontrolle war nicht mehr notwendig. Durch die Verringerung der Komplexität in der Lagerhaltung konnte die Prozesssicherheit erhöht werden.

Die resultierende Einsparung der Lagerfläche sieht wie folgt aus:

Die Artikel von 190 PAL-Stellplätzen am Standort Mattighofen (Halle E2 175m<sup>2</sup> mit 50 PAL, Zelt mit 338m<sup>2</sup> ca. 140 PAL) konnten zusammen mit den Artikeln des fremdvergebenen Lagers in Salzburg (556 m<sup>2</sup>, ca. 130 PAL) in Halle A (370m<sup>2</sup>, ca. 240 PAL) untergebracht werden. Das entspricht einer Reduktion der PAL-Stellplätze von 25%. In Hinblick der benötigten Fläche (m<sup>2</sup>) konnte durch Senkung der Bestände, Einführung von striktem Zoning sowie der Änderung von Anlieferintervallen eine Reduzierung von über 65% (von 1069m<sup>2</sup> auf 370m<sup>2</sup>) erreicht werden.

Auf Wunsch des Praxispartners wird an dieser Stelle festgehalten, dass maßgebliche Kosteneinsparungen hinsichtlich der Fremdvergabe des Lagers erzielt werden konnten. Genauere Angaben dürfen an diesem Punkt nicht erfolgen. Zu erwähnen sind

hier die Reduzierung des Shuttle-Transports sowie Kosteneinsparungen durch Produktumstellungen bei den Kartonagen.

Alle in dieser Arbeit beschriebenen Analysen, Maßnahmen und Umsetzungen fanden im Zuge eines Praktikums von September 2011 bis Ende April 2012 statt.

Der Lerneffekt für den Studierenden wurde von diesem als hoch empfunden, die Praxisrelevanz war in allen Fällen gegeben. Die Arbeitsweise bei der Umsetzung der Aufgabenstellung konnte vom Studierenden frei gewählt werden und wurde vom Coach des Praxispartners mitbegleitet. Die Zusammenarbeit zwischen Praktikanten und Mitarbeiter des Praxispartners wurde als harmonisch und gewinnbringend für beide Seiten beschrieben. Da das Unternehmen FCI Austria GmbH die Lean-Philosophie und deren Methoden vom Wareneingang über die Produktion bis hin zum Versand praktiziert und verfolgt, wurden sämtliche Maßnahmen und Umstellungen von den Mitarbeitern positiv aufgenommen.

## Literaturverzeichnis

### **Abel (2011)**

Abel, Jürgen: **Die flexible Produktion**. Verlag: mi-Wirtschaftsbuch Münchner Verlagsgruppe GmbH, München. ISBN: 978-3-86880-127-9.

### **Becker (2006)**

Becker, Fred: **Einführung in die Betriebswirtschaftslehre**. Verlag: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-28213-6.

### **Becker (2006)**

Becker, Helmut: **Phänomen Toyota- Erfolgsfaktor Ethik**. Verlag: Springer, Berlin Heidelberg. ISBN: 3- 540-29847-9.

### **Becker (2008)**

Becker, Torsten: **Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren**. Verlag: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-77555-3.

### **Bellmann (2007)**

Bellmann, Klaus: **Der japanische Markt: Herausforderungen und Perspektiven für deutsche Unternehmen**. Verlag: Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden. ISBN: 987-3-8350-0735-2.

### **Benjamin (2013)**

Benjamin, Samule Jebaraj; Murugaiah, Uthiyakumar; Marathamuthu, Srikamaladevi: **The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm**. In: Journal of Manufacturing Technology Management, S. 792-804. Vol. 24 No. 5, 2013

### **Biedermann (2011)**

Biedermann, Hubert: **Lean Maintenance**. Verlag: TÜV Media GmbH, Köln. ISBN: 978-3-8249-1456-2.

### **Danese (2012)**

Danese, Pamela; Romano, Pietro; Bortolotti, Thomas: **JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects.** In: Industrial Management & Data Systems, S. 441-465. Vol. 112 No. 3 2012.

### **Dickmann (2007)**

Dickmann, Philipp: **Schlanker Materialfluss mit Lean Produktion, Kanban und Innovationen.** Verlag: Springer, Berlin Heidelberg New York. ISBN: 3-540-34337-7.

### **Erlach (2007)**

Erlach, Klaus: **Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik.** Verlag: Springer, Berlin Heidelberg New York. ISBN: 978-3-540-37178-6.

### **Estrada (2009)**

Estrada, Francisco; Cuevas, Alvaro: **Design of a manufacturing system using kanban approach: A case study for automotive wiper systems.** In: International Journal of Industrial Engineering, S.581-586. 2009. ISBN: 97809652558-5-1.

### **Geiger (2011)**

Geiger, Gerhard: **Kanban.** Verlag: Carl Hanser Verlag München. ISBN: 978-3-446-42720-4.

### **Göpfert (2013)**

Göpfert, Ingrid: **Logistik- Führungskonzeption und Management von Supply Chains.** Verlag: Franz Vahlen GmbH, Wilhelmstr. 9, 80801 München. ISBN: 978-3-8006-3874-1.

### **Göpfert (2013)**

Göpfert, Ingrid; Schulz, Matthias; Braun, David: **Automobillogistik, Stand und Zukunftstrends.** Verlag: Springer Gabler Fachmedien Wiesbaden 2012, 2013. ISBN: 978-3-658-01581-7.

**Gudehus (2004)**

Gudehus, Timm: **Logistik, Grundlagen- Strategien- Anwendungen**. Verlag: Springer Berlin Heidelberg New York. ISBN: 3-540-00606-0.

**Günther (2007)**

Günther, Hans-Otto; Tempelmeier, Horst.: **Produktion und Logistik**. Verlag: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-74152-7.

**Gupta (1999)**

Gupta, Surendra; Al-Turki, Yousef, Perry, Ronald: **Flexible kanban system**. In: International Journal of Operations & Production Management. S. 1065-1093. Vol. 19 No. 10, 1999.

**Jodlbauer (2008)**

Jodlbauer, Herbert: **Produktionsoptimierung**. Verlag: Springer, Wien New York. ISBN: 978-3-211-78140-1.

**Kamiske (2010)**

Kamiske, Gerd; Gorecki, Pawel; Pautsch, Peter: **Lean Management**. Verlag: Carl Hanser Verlag München. ISBN: 978-3-446-42190-5.

**Kamiske (2010)**

Kamiske, Gerd; Lindner, Alexandra; Becker, Peter.: **Wertstromdesign**. Verlag: Carl Hanser Verlag München. ISBN: 978-3-446-42189-9.

**Klaus (2012)**

Klaus, Peter; Krieger, Winfried; Krupp, Michael.: **Gabler Lexikon Logistik**. Verlag: Springer Gabler Fachmedien Wiesbaden. ISBN: 978-3-8349-3371-3.

**Kletti (2011)**

Kletti, Jürgen; Schumacher, Jochen.: **Die perfekte Produktion**. Verlag: Springer Heidelberg Dordrecht London New York. ISBN: 978-3-642-13844-7.

**Koch (2012)**

Koch, Tom R.: **Lean Six Sigma: Die Automobilindustrie im Wandel**. Verlag: Diplomica GmbH, Hamburg. 2012. ISBN: 978-3-8428-3118-6.

**Kumar (2012)**

Kumar, Suresh; Abuthakeer, Syath: **Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry**. In: Journal of Applied Sciences. S. 1032-1037. 2012.

**Kurbel (1995)**

Kurbel, Karl: **Produktionsplanung und -Steuerung**. Verlag: Oldenbourg München Wien. ISBN: 3-486-23178-2.

**Lödding (2008)**

Lödding, Hermann: **Verfahren der Fertigungssteuerung**. Verlag: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-76860-9.

**May (2008)**

May, Constantin: **Total Productive Management: Grundlagen und Einführung von TPM**. Verlag: CETPM Publishing, Ansbach. ISBN: 9-783940-775-00-9.

**Nebi (2011)**

Nebi, Theodor: **Produktionswirtschaft**. Verlag: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. ISBN: 978-3-486-59669-4

**Ohno (2009)**

Ohno, Taiichi: **Das Toyota-Produktionssystem**. Verlag: Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main. ISBN: 978-3-593-38836-6.

**Schönsleben (2007)**

Schönsleben, Paul: **Integrales Logistikmanagement**. Verlag: Springer Berlin Heidelberg New York. ISBN: 978-3-540-68178-6.

### **Schuh (2006)**

Schuh, Günther: **Produktionsplanung und- Steuerung**. Verlag: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 10-3-540-40306.

### **Schröder (2013)**

Schröder, Werner: „**Lean“-Methoden**, Montanuniversität Leoben, Department Wirtschafts- und Betriebswissenschaften: <http://wbw.unileoben.ac.at/de/2170/> (02.10.2013)

### **Smalley (2005)**

Smalley, Art: **Produktionssysteme glätten: Anleitung zur Lean Production nach dem Pull-Prinzip**. Verlag: Lean Enterprise Institute (LEI), Brookline, Massachusetts USA. Deutsche Ausgabe, Version 1.0. ISBN: 0-9763152-4-6.

### **Syska (2006)**

Syska, Andreas: **Produktionsmanagement: Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute**. Verlag: Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden. ISBN: 3-8349-0235-7.

### **Tempelmeier (2008)**

Arnold, Dieter; Kuhn, Axel; Furmans, Kai; Isermann, Heinz; Tempelmeier, Horst.: **Handbuch Logistik**. Verlag: Springer, Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-72929-0.

### **Wildemann (2002)**

Wildemann, Horst: **Produktionscontrolling: Controlling von Verbesserungsprozessen in Unternehmen**. Verlag: TCW Transfer-Centrum-Verlag GmbH, München. ISBN: 3-934155-71-5.

### **Womack (2003)**

Womack, James P.; Jones, Daniel T.: **Lean Thinking- Banish waste and create wealth in your corporation**. Verlag: Simon & Schuster London UK. 2003. ISBN: 978-0-7432-3164-0.

## Internetquellen

<http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/kanban/kanban.htm>

<http://www.fischer-mechanik.de/de/unternehmen/synchrone-fertigung.html>

<http://www.kanbanconsult.de/kanban.htm>

<http://www.leanmagazin.de>

<http://www.lean.org/Common/LexiconTerm.aspx?termid=242>

<http://www.lean-production-expert.de>

<http://www.philipp-dickmann.de>

<http://www.tqm.com/beratung/lean-management/prozesse-standardisieren>

<http://wbw.unileoben.ac.at/de/2170/>