

# Realisierung einer *Kanban*-Steuerung zur Produktionsglättung bei hoher Variantenvielfalt durch Clusterung

Masterarbeit

von

Christina Lemmerer, BSc



eingereicht am

Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
der

Montanuniversität Leoben

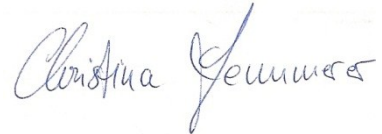
Leoben, am 27. Februar 2011

## Eidesstattliche Erklärung

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

27.02.2011

Datum

A handwritten signature in blue ink that reads "Christina Gemmer". The signature is written in a cursive style with a large initial 'C' and 'G'.

Unterschrift der Verfasserin

## **Danksagung**

Die Firma Hilti AG hat mir zum Abschluss meines Studiums ermöglicht, ein Praktikum in Zusammenhang mit dem Verfassen vorliegender Masterarbeit zu durchlaufen. An dieser Stelle möchte ich mich für das entgegengebrachte Vertrauen und die stete Unterstützung aller Kollegen und Mitarbeiter bedanken.

Besonderer Dank gilt meinem Betreuer Mirko Neumann sowie meinem Projektteam, für die fachliche Unterstützung und die ständige Diskussionsbereitschaft. Des Weiteren danke ich der gesamten Unit und nicht zuletzt dem Unitleiter Hannes Hallmann, die mir alle mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Seitens des Lehrstuhls für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der Montanuniversität Leoben, danke ich vor allem o.Univ.-Prof. Dr. Hubert Biedermann und Mag. Christian Rainer.

Danke sagen möchte ich anschließend meinen Eltern und meinem Bruder. Ohne Sie wäre mein Studium nicht möglich gewesen, sie haben den Grundstein für meinen Werdegang gelegt und mich nachhaltig unterstützt. Ihnen widme ich deshalb diese Arbeit.

## Kurzfassung

ERP-Systeme werden häufig zur Fertigungssteuerung eingesetzt. Dadurch wird der Ausstoss der jeweiligen Prozessstufen nach dem Push-Prinzip gesteuert. Die Planung der Produktion erfolgt bei diesen Systemen auf Vergangenheitswerten, Prognosen und den daraus abgeleiteten Planmengen. In der Realität zeigt sich oftmals eine Differenz zwischen Planmengen und den tatsächlichen Abflüssen. Folgen daraus sind u. a. Überbestände, Kundenrückstände sowie lange Durchlaufzeiten was eine flexible und schnelle Reaktion auf schwankende Nachfrage nicht gewährleisten kann.

Aus der Literatur geht hervor, dass ein *Kanban*-System dieser klassischen Plansteuerung im Sinne von kurzen Durchlaufzeiten, geringeren Beständen und schneller Reaktion auf Markterfordernisse voraus ist. Aufgabenstellung der Masterarbeit ist es, in einem definierten Bereich eine klassische Push-Steuerung der Komponentenversorgung durch *Kanban* zu ersetzen. Im Vorfeld der Umsetzung wurden theoretische Aspekte näher betrachtet, der gesamte Produktionsbereich analysiert, sowie Schwachstellen und Risiken aufgezeigt. Ziel ist es, trotz hoher Variantenvielfalt Bestände von Halbfabrikaten zu reduzieren und die Flexibilität innerhalb der Fertigungsstufe zu erhöhen.

Innerhalb von vier Monaten konnte die Auftragssteuerung der Komponentenherstellung, die Lagerung der Komponenten sowie die dazugehörigen Material- und Informationsflüsse nach Lean-Grundsätzen erfolgreich implementiert werden.

Als Ausblick zum Zeitpunkt des Abschlusses der Masterarbeit zeigt sich bereits, dass die gewünschten Effekte in der Realität eintreffen und eine *Kanban*-Steuerung auf weitere Produktgruppen mit nochmals komplexerer Variantenvielfalt ausgeweitet werden können und sollen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>ii</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>iii</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>iv</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>v</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>viii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>ix</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>x</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung .....	1
1.2 Aufbau und Vorgehensweise .....	1
<b>2 Planung und Steuerung von Produktionssystemen</b> .....	<b>3</b>
2.1 Einteilung von Produktionssteuerungssystemen .....	3
2.2 Verfahren zur Produktionsplanung und -steuerung .....	5
2.2.1 Manufacturing Resource Planning .....	5
2.2.2 Bestellbestandsverfahren oder Bestellpunktverfahren .....	9
2.2.3 Conwip .....	11
2.3 Kritik an klassischen PPS-Systemen .....	11
<b>3 Das Toyota Produktionssystem</b> .....	<b>13</b>
3.1 Entwicklung des Toyota Produktionssystems zu Lean Production .....	13
3.2 Prinzipien des Toyota Produktionssystems.....	15
3.2.1 Philosophie .....	15
3.2.2 Prozessorientiertheit.....	15
3.2.3 Mitarbeiter und Geschäftspartner .....	20
3.2.4 Problemlösung und kontinuierliche Verbesserung .....	21
3.3 Elemente des Toyota Produktionssystems .....	21
3.3.1 Simulation .....	22
3.3.2 5S-Aktionen.....	22
3.3.3 5W-Methode.....	23
3.3.4 Andon.....	24
3.3.5 Poka Yoke .....	24
3.3.6 <i>Kanban</i> .....	25
3.3.7 Kaizen .....	25
3.3.8 PDCA-Zyklus.....	26

---

3.4	Kritische Auseinandersetzung .....	27
<b>4</b>	<b>Fertigungssteuerung durch <i>Kanban</i> .....</b>	<b>29</b>
4.1	<i>Kanban</i> Steuerung – Grundsätzlicher Ablauf .....	29
4.2	Vorgehen bei der Einführung von <i>Kanban</i> .....	30
4.2.1	Überprüfung der <i>Kanban</i> -Fähigkeit.....	31
4.2.2	Regelkreise auswählen und festlegen .....	32
4.2.3	<i>Kanban</i> -Größen berechnen .....	33
4.2.4	Hilfsmittel festlegen .....	34
4.2.5	Mitarbeiter qualifizieren .....	37
4.2.6	Pilot durchführen .....	38
4.2.7	Evaluierung .....	38
4.2.8	Roll-Out.....	39
4.2.9	Optimierung.....	39
4.2.10	Zusammenfassung der Vorgehensweise zur Einführung von <i>Kanban</i> ...	39
4.3	Kritische Betrachtung von <i>Kanban</i> .....	39
4.4	Vorteile selbststeuernder Regelkreise .....	40
<b>5</b>	<b>Analyse der IST-Situation.....</b>	<b>43</b>
5.1	Einführung in das Unternehmen Hilti .....	43
5.1.1	Lean@Hilti.....	43
5.1.2	Verfahrensbeschreibung der Prozesse der Diamantwerkzeugfertigung.	44
5.2	Ausgangssituation und Ziele.....	44
5.3	Produktionsplanung und –steuerung bei der Hilti AG.....	46
5.4	Prozessdarstellung des IST-Zustandes .....	47
5.4.1	Wertstromanalyse.....	47
5.4.2	Mitarbeiterinterviews.....	52
5.5	Datenerhebung und -analyse.....	53
5.5.1	Überprüfung der <i>Kanban</i> -Tauglichkeit .....	53
5.5.2	Wesentliche zu beachtende Restriktionen im Prozessverlauf .....	55
5.6	Regallager im IST-Zustand.....	57
5.7	Schlussfolgerung des IST-Zustandes .....	58
<b>6</b>	<b>Erarbeitung eines SOLL-Konzeptes auf Basis von Clusterung.....</b>	<b>59</b>
6.1	Clusterung – Berücksichtigung der wesentlichsten Restriktionen .....	59
6.2	Auswahl und Festlegen der Regelkreise.....	60
6.3	Berechnung der <i>Kanban</i> -Größen.....	60
6.4	Festlegung und Auswahl der Hilfsmittel .....	62
6.5	Erläuterung des neu konzipierten Prozesses.....	65
<b>7</b>	<b>Umsetzung des SOLL-Konzeptes.....</b>	<b>67</b>
7.1	Simulation einer <i>Kanban</i> -Steuerung .....	67
7.2	<i>Kanban</i> -Regeln für den Testlauf .....	68

7.3	Durchführung eines Testlauf.....	69
7.4	Lagerdimensionierung und Änderung des Lagerlayouts .....	73
7.5	„Faktor“ Mensch .....	75
7.6	Anpassung der Produktionssteuerung .....	77
7.7	Go-Life .....	77
7.8	Einfluss und Ergebnisse logistischer Zielgrößen.....	79
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>84</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>86</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>a</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Gliederung der vorliegenden Masterarbeit .....	2
Abbildung 2: Push-Prinzip .....	4
Abbildung 3: Pull-Prinzip .....	5
Abbildung 4: Grundstruktur des MRP II Systems.....	7
Abbildung 5: Lagerbestandsverlauf des Bestellbestandsverfahrens .....	10
Abbildung 6: 5S-Kreislauf .....	23
Abbildung 7: Informations- und Materialfluss in einer <i>Kanban</i> -Steuerung.....	29
Abbildung 8: Projektplan zur Einführung einer <i>Kanban</i> -Steuerung .....	45
Abbildung 9: Wertstromanalyse der Ringlinie in der Sinterei .....	49
Abbildung 10: ABC- Analyse der Artikels des Pilotbereichs.....	54
Abbildung 11: Lagerhaltung im IST-Zustand.....	57
Abbildung 12: <i>Kanban</i> -Karte einfarbige Seite .....	62
Abbildung 13: <i>Kanban</i> -Karte mit rotem Sichtrand .....	63
Abbildung 14: Ausgewählte Behälter .....	64
Abbildung 15: Bereitstellungsfläche.....	64
Abbildung 16: Informations- und Materialfluss des neu definierten Prozesses.....	66
Abbildung 17: Simulation des Prozesses.....	67
Abbildung 18: Rüstkarte .....	69
Abbildung 19: Provisorisches <i>Kanban</i> -Board.....	70
Abbildung 20: Provisorischer Behälter.....	71
Abbildung 21: Provisorisches Regal .....	71
Abbildung 22: Layout Konfektionieren mit alten und neuen Lagerflächen.....	74
Abbildung 23: Anordnung der Regale am Idealstandort .....	75
Abbildung 24: Neues Regalkonzept .....	78
Abbildung 25: Behälter mit <i>Kanban</i> -Karten Halterung .....	78
Abbildung 26: Endgültige Lösung für das <i>Kanban</i> -Board .....	79
Abbildung 27: Bestandsmonitoring aller Ringe .....	80
Abbildung 28: Durchlaufzeit: erste Operation Auftragsdruck – letzte Operation Sandstählen .....	81
Abbildung 29: Durchlaufzeit: erste Operation Mischen – letzte Operation Sandstählen .	81
Abbildung 30:Diagramm der Produktverfügbarkeit der Ringbohkronen .....	82



## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Vergleich dispositive und <i>Kanban</i> -Steuerung.....	41
--	----

## Abkürzungsverzeichnis

APO	Advanced Planner and Optimizer
AZ	Arbeitszeit
BM	Bestandsmenge
BW	Business Warehouse
BZ	Bearbeitungszeit
DLZ	Durchlaufzeit
ERP	Enterprise Resource Planning
FIFO	First-In-First-Out
HF	Halbfabrikatlager
JIT	Just-In-Time
KT	Kundentakt
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
MB	Mindestbestand
MO	Marktorganisation, Market Organisation
MPS	Master Production Schedule
MRP	Material Requirement Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
PDCA	plan, do, check, act = Deming-Kreislauf
PM	Prozessmenge
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PZ	Prozesszeit
RW	Reichweite
RZ	Rüstzeit
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
SB	Sicherheitsbestand,-zuschlag
SCM	Supply Chain Management
SM	<i>Kanban</i> -Standardmenge
SZ	Stückzahl pro Behälter
TPS	Toyota Produktionssystem
TV	Durchschnittlicher Verbrauch pro Tag (in Stück)
WBZ	Wiederbeschaffungszeit

# 1 Einleitung

Die Steuerung einer Fertigung stellt einen wesentlichen Bestandteil eines Unternehmens dar. Im Laufe der Zeit haben sich diverse Vorgehensweisen zur Fertigungssteuerung entwickelt. In vielen Unternehmen werden IT-gestützte Systeme angewandt, um die Vielzahl an Produkten und Komponenten zur richtigen Zeit, in der richtigen Menge, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität und möglichst kostengünstig herzustellen. Die Steuerung durch so genannte Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme gestaltet sich häufig sehr aufwendig.

## 1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Firma Hilti plant und steuert die Fertigung ebenfalls durch ein gängiges ERP-System. Diese Art der Planung und Steuerung ist unter anderem unflexibel und verursacht Überbestände. Da Hilti bestrebt ist Prozesse zu verbessern und effizient zu gestalten, soll nun eine Möglichkeit gefunden werden den Prozess eines Bereiches umzustrukturieren. Die Aufgabenstellung der Firma Hilti beinhaltete, die Steuerung eines definierten Bereichs der Komponentenversorgung, welche durch ein IT-gestütztes Push-System erfolgt, durch einem dem Pull-Prinzip folgenden selbststeuernden Regelkreis zu ersetzen. Der zu betrachtende Bereich bietet aufgrund hoher Variantenvielfalt und schwankender Nachfrage kein optimales Umfeld für einen selbststeuernden Regelkreis. Aus den vorliegenden Gegebenheiten lassen daher folgende Fragestellungen ableiten:

- Ist es möglich trotz hoher Variantenvielfalt und schwankender Nachfrage von Komponenten einen selbststeuernden Regelkreis einzuführen?
- Können auf Basis dieser Gegebenheiten der Lagerbestand der Halbfabrikate geglättet und die Durchlaufzeit der Aufträge reduziert werden?
- Welchen Einfluss hat dies auf den Fluss innerhalb der Fertigung?
- Erhöht sich dadurch die Flexibilität der Fertigungsstufe?

Das Ziel ist es festzustellen, ob ein selbststeuernder Regelkreis, welcher eine Fertigung verbrauchsorientiert und nach Pull-Prinzip steuert, eine Lösung darstellen kann. Trotz erkennbarer Schwachstellen und Risiken ist die Fertigung flexibel zu gestalten, Bestände sind zu glätten und zu reduzieren sowie die Durchlaufzeiten zu verkürzen. Dabei darf das Tagesgeschäft und die Produktverfügbarkeit nicht negativ beeinflusst werden.

## 1.2 Aufbau und Vorgehensweise

Im 2. Abschnitt wird auf gängige Planungs- und Steuerungssysteme, unter anderem auf das Manufacturing Resource Planning (MRP II), eingegangen. Die Planung, auf der dieses System aufbaut, basiert auf Vergangenheitswerten und Planmengen. Je nach Menge und Exaktheit der Daten schwankt die Genauigkeit der Planung, was sich wiederum auf die Steuerung des Tagesgeschäftes auswirkt, da sich oftmals Planzahlen und tatsächlicher Bedarf stark unterscheiden. Meist werden durch diese Steuerung die Aufträge in die Produktion hineingedrückt, wodurch diese dem Push-Prinzip folgt.

Ein konträrer Ansatz zur Steuerung einer Fertigung wird im 3. Abschnitt erläutert. Dieser wurde im 20. Jahrhundert von Toyota entwickelt. Dabei wird eine ganzheitliche Philosophie zur Führung eines Unternehmens verfolgt. Wesentliche Bestandteile des Toyota Produktionssystems sind unter anderem die Vermeidung von Verschwendung und ein durchgängiger Material- und Informationsfluss. Es sind immer neue Möglichkeiten zur Verbesserung von Prozessen und Produkten vorzubringen, um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess in Gang zu halten. Der Materialfluss ist nach dem Just-In-Time (JIT)-Ansatz zu steuern, dass die richtigen Teile, zur richtigen Zeit, in der richtigen Menge und am richtigen Ort gefertigt werden. Toyota hat diverse Methoden entwickelt, die für eine Umsetzung einer JIT-Produktion hilfreich sind. Ein wesentliches Hilfsmittel dafür stellt die Steuerung einer Fertigung durch *Kanban* dar, worauf im 4. Abschnitt eingegangen wird. Durch diesen selbststeuernden Regelkreis wird die Produktion nach dem Pull-Prinzip und verbrauchsorientiert gesteuert. Es wird nur produziert, wenn tatsächlich ein Verbrauch stattgefunden hat. Wenn Material verbraucht wurde, wird über ein Signal eine Nachproduktion oder Wiederauffüllung veranlasst.

Wie bereits in der Aufgabenstellung zusammengefasst, soll die Steuerung eines definierten Bereichs der Komponentenversorgung der Firma Hilti in Zukunft durch einen selbststeuernden Regelkreis erfolgen. Im praktischen Teil dieser Masterarbeit wird die Vorgehensweise einer derartigen Umstrukturierung erläutert. Zunächst wird der Produktionsbereich analysiert und der IST-Zustand erhoben. Dies wird in Abschnitt 5 zusammengefasst. Es wurde dabei auf Schwachstellen und Risiken eingegangen. Basierend auf diesen Erkenntnissen und den vorherrschenden Restriktionen wird in Abschnitt 6 ein Konzept entwickelt eine *Kanban*-Steuerung umzusetzen. In Abschnitt 7 wird die Umsetzung des Vorgehenskonzeptes anhand des Praxisbeispiels erläutert. Es konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, trotz Einschränkungen, eine *Kanban*-Steuerung an diesen Bereich anzupassen. Eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf das weitere mögliche Vorgehen soll in Abschnitt 8 gegeben werden. Abbildung 1 veranschaulicht den Aufbau und die Gliederung der Arbeit.

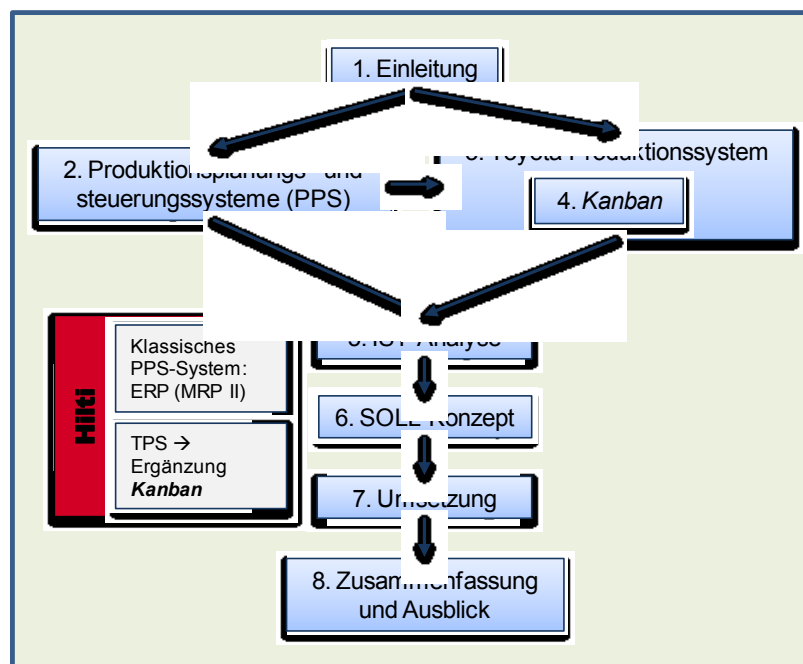


Abbildung 1: Aufbau und Gliederung der vorliegenden Masterarbeit

## 2 Planung und Steuerung von Produktionssystemen

Das Planen und Steuern einer Fertigung bezieht sich auf Materialien, Betriebsstoffe, Anlagen, Werkzeuge und Menschen. Diese Entitäten besitzen unterschiedliche Eigenschaften, welche bei der Planung und Steuerung zu berücksichtigen sind. Material wird entlang der Wertschöpfungskette transformiert. Betriebsstoffe werden verbraucht oder im Lager gespeichert. Anlagen hingegen werden genutzt und eine Speicherung der Kapazität ist nicht möglich. Sie sind Produkt entsprechend zu rüsten, wozu unterschiedliche Werkzeuge notwendig sind. Der Mensch gilt als flexibel. Durch menschliche Einflüsse kann eine Produktion sowohl positiv (z.B. hohe Qualifikation) als auch negativ (z.B. krankheitsbedingte Ausfälle) beeinflusst werden.<sup>1</sup>

Veränderungen des Marktes, der Technologie sowie der Wettbewerbsdruck verlangen von Unternehmen ständige Anpassungsfähigkeit. Daher werden an Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS-Systeme) hohe Anforderungen gestellt, um mit wechselnden Rahmenbedingungen umgehen zu können.<sup>2</sup>

Des Weiteren beeinflussen unterschiedliche Rahmenbedingungen das Planen und Steuern einer Produktion. Es sind u. a. folgende betriebsexterne als auch betriebsinterne Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:<sup>3</sup>

- Marktanforderungen  
z. B. Liefertreue, -fähigkeit, -zeit, Qualität, Flexibilität
- Technologische Rahmenbedingungen  
z. B. Arbeitspläne, Bearbeitungszeiten, Rüstzeiten, Lagerkapazität, Fertigungsgenauigkeit
- Organisatorische Rahmenbedingungen  
z. B. Produktstruktur, strategische Vorgaben
- Juristische Rahmenbedingungen  
z. B. Kollektivverträge, rechtliche Vorgaben für Anlagen, Materialien und Betriebsmittel
- Beschaffungsmarkt  
z. B. Verfügbarkeit, Qualität der Zukaufteile und Betriebsstoffe
- Arbeitsmarkt  
z. B. Personalkosten, Qualifikation der Mitarbeiter

Wesentliche Aufgaben von im folgenden Abschnitt erläuterten Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen sind das Veranlassen, Überwachen und Sichern der Prozesse in Bezug auf Quantität, Termin, Qualität und Kosten.<sup>4</sup>

### 2.1 Einteilung von Produktionssteuerungssystemen

Planungs- und Steuerungssysteme der Produktion können anhand verschiedener Kriterien unterteilt werden. Im Folgenden soll eine Auswahl von Unterscheidungskriterien kurz erläutert werden, die für diese Arbeit als wesentlich erscheinen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Jodlbauer (2007), S. 87.

<sup>2</sup> Vgl. Jeziorek (1994), S.1.

<sup>3</sup> Vgl. Jodlbauer (2007), S. 88.

<sup>4</sup> Vgl. Zäpfel (2001), S. 224.

Es kann eine Unterteilung nach der organisatorischen Stellung des PPS-Systems erfolgen. **Zentrale** Systeme planen und steuern die Fertigung von einer übergeordneten Stelle aus. Alle Entscheidungen, welche die Produktionsabläufe betreffen, werden zentral getroffen. Die Fertigung übernimmt keine Planungsaufgaben sondern ist rein ausführend. Der Vorteil besteht darin, dass alles zentral abgewickelt wird. Nachteilig ist hingegen, dass Erfahrung und Wissen der ausführenden Stellen kaum in die Planung und Steuerung einfließen. Eine **dezentrale** Planung und Steuerung bedeutet, dass produktionsbezogene Entscheidungen auf verschiedene organisatorische Arbeitsplätze in der Produktion selbst übertragen werden, weshalb wichtige Informationen vor Ort in die Steuerung einfließen können. Häufig erfolgt ein Mix aus zentralem und dezentralem System.<sup>5</sup>

Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit erfolgt durch **Verbrauchs-** oder **Bedarfssteuerung**. Eine verbrauchsgesteuerte Produktion erfolgt durch die Betrachtung des tatsächlichen bzw. prognostizierten Verbrauchs. Üblicherweise wird ein Fertigungsauftrag ausgelöst, wenn ein vorher definierter Bestand unterschritten wird. Bedarfsgesteuerte Systeme hingegen lösen einen Fertigungsauftrag aus, sobald Kundenbestellungen einlangen oder die Stücklistenauflösung eines Planungsprogramms Aufträge generiert.<sup>6</sup>

Des Weiteren kann man zwischen **Push-** und **Pull-**System unterscheiden. Push (drücken) bedeutet in diesem Zusammenhang eine Produktionssteuerung, bei der Aufträge in die Fertigung „hineingedrückt“ werden. In Abbildung 2 wird das Push-Prinzip grafisch dargestellt. Fertigungsaufträge werden zu einem bestimmten Termin eingeplant und in das System eingespeist. Bestellungen und Fertigungsaufträge gründen daher auf einen Planbedarf. Der Bestand wird in diesem Fall nur überwacht. Bei einer pull-orientierten Steuerung werden Aufträge über den Verbrauch ausgelöst. Sie werden durch die Fertigung gezogen (siehe Abbildung 3). Es wird eine Obergrenze des Bestandes festgelegt und über das System sichergestellt.<sup>7</sup> Viele Unternehmen richten ihre Strukturen vermehrt auf eine Pull-Steuerung aus. Es wird kundenspezifischer und weniger auf Lager produziert.<sup>8</sup>

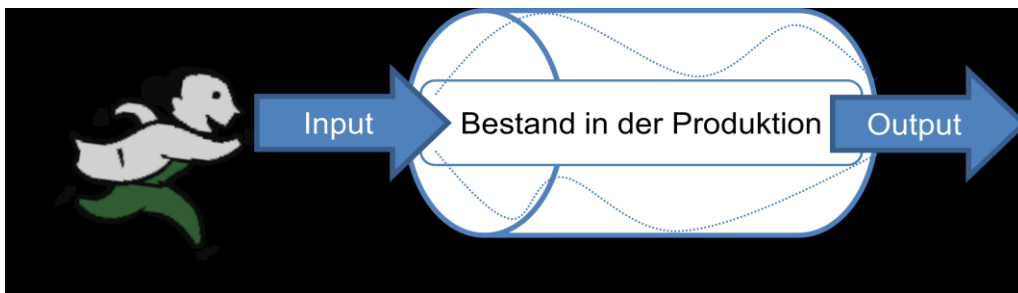


Abbildung 2: Push-Prinzip<sup>9</sup>

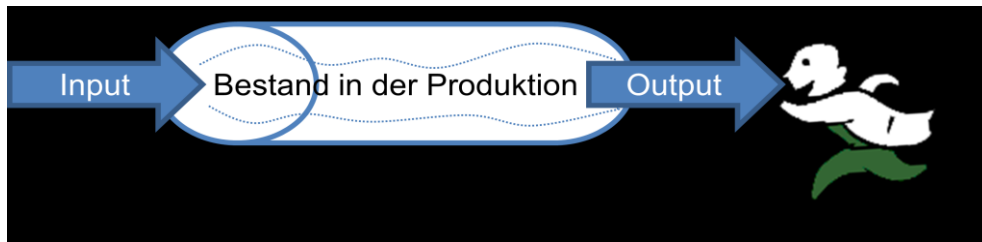
<sup>5</sup> Vgl. Zäpfel (2001), S. 226; Jodlbauer (2007), S. 91.

<sup>6</sup> Vgl. Jodlbauer (2007), S. 92.

<sup>7</sup> Vgl. Jodlbauer (2007), S. 91; Louis (2000), S. 30.

<sup>8</sup> Vgl. Pfeiffer (2009), S. 48.

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

Abbildung 3: Pull-Prinzip<sup>10</sup>

Die Definition der beiden Begriffspaare, push und pull sowie verbrauchs- und bedarfs-gesteuert lassen erkennen, dass es einen Zusammenhang zwischen push und be-darfsorientierter Steuerung sowie zwischen pull und verbrauchsorientierter Steuerung gibt. Durch die im folgenden Abschnitt erläuterten Fertigungssteuerungssysteme wird dies näher erläutert.

## 2.2 Verfahren zur Produktionsplanung und -steuerung

PPS-Systeme können anhand unterschiedlicher Charakteristika unterschieden werden. Nun soll auf die gängigsten Verfahren zur Produktionsplanung und –steuerung nach obiger Kategorisierung näher eingegangen werden.

### 2.2.1 Manufacturing Resource Planning

Das IT-gestützte PPS-System, welches wohl am weitesten verbreitet ist und am meis-ten Ausprägungen hervorgebracht hat, ist Manufacturing Resource Planning (MRP II). Dieses System ist in so genannten Enterprise Resource Planning Systemen implemen-tiert und ist meist auf die gesamten komplexen Strukturen eines Unternehmens ausge-legt. Durch MRP II wird eine Produktion nach dem Push-Prinzip gesteuert. Dies erfolgt auf Basis lang-, mittel- und kurzfristiger Planung, welche durch Vergangenheitswerte und durch Abschätzung des zukünftigen Absatzes erstellt wird.

Die planerischen Aufgaben lassen sich bezüglich der Fristigkeiten in folgende Bereiche gliedern.<sup>11</sup>

- **Langfristplanung:** Absatz und Ressourcen werden auf hoch aggregiertem Zustand für einen Zeitraum von ein bis zwei Jahren geplant. Es wird versucht die Nachfrage von Produkten bzw. Prozessen abzuschätzen. In der Ressourc-enplanung werden die zur Fertigung des langfristigen Produktionsprogramms notwendigen Ressourcen festgelegt. Die Absatz- bzw. Programmplanung und die Ressourcenplanung sind wesentlicher Bestandteil der jährlichen Ergebnis- und Finanzplanung.
- **Mittelfristplanung:** Basierend auf der Langfristplanung und unter Berücksich-tigung von Kundenaufträgen, Planaufträgen und den vorhandenen Kapazitäten wird eine Präzisierung der Nachfrage erstellt, welche z. B. bei Hilti maximal 18 Monate in die Zukunft sieht. Ein weiterer Begriff für die mittelfristige Planung ist Detail- oder Terminplanung. Informationen werden in einem größeren Detaillie-rungsgrad eingeschlossen.

<sup>10</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>11</sup> Vgl. Jodlbauer (2007), S. 95; Schönleben (2002), S. 175 f.

- **Kurzfristplanung bzw. Feinplanung:** Die Planung bezieht sich nun konkret auf eine Maschine, ein Werkzeug und/oder Mitarbeiter. Daher werden auch die Begriffe Durchführung und Arbeitssteuerung verwendet. Es muss sichergestellt werden, dass die Mittelfristplanung umgesetzt und auf etwaige Störungen im System reagiert werden kann. Es erfolgt die eigentliche Auftragsabwicklung und Steuerung der Fertigung. Bei Hilti wird diese Feinplanung im Advanced Planner & Optimizer, kurz APO, für drei Monate in die Zukunft durchgeführt.

Um Veränderungen in der Nachfrage im Bezug auf Produkte, Mengen, Termine usw. abschätzen zu können, sind die langfristige und mittelfristige Planung periodisch zu überprüfen. Insbesondere im kurzfristigen Betrachtungszeitraum ist die Planung bereichsgerecht durchzuführen. Es ist nahe liegend, die drei unterschiedlichen Planungsfristigkeiten auf verschiedene Personen zu verteilen, damit der Produktionsprozess aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet, geplant und überprüft werden kann.<sup>12</sup> Diese Vorgehensweise kann durch ein Forecast-System innerhalb eines ERP-Systems übernommen werden.<sup>13</sup>

Neben der Fristigkeit ist auch der Detaillierungsgrad der Planung zu betrachten. Eine Grobplanung dient in erster Linie dafür, sich einen ersten Überblick über die Beschaffungssituation von Artikeln zu verschaffen. Unterschiedliche Varianten können rasch berechnet werden, wodurch ein Programm langfristig planbar wird. Dies macht eine Grobplanung unverzichtbar. Mit abnehmender Fristigkeit steigt üblicherweise der Grad der Detaillierung.<sup>14</sup>

In Abbildung 4 werden die wichtigsten Schritte des MRP II-Systems dargestellt. Diese werden anschließend in Anlehnung an Jodelbauer<sup>15</sup> näher erläutert.

---

<sup>12</sup> Vgl. Schönsleben (2002), S. 176.

<sup>13</sup> Vgl. Abschnitt 5.3.

<sup>14</sup> Vgl. Schönsleben (2002), S. 176 f.

<sup>15</sup> Vgl. Jodelbauer (2007), S. 99 ff.



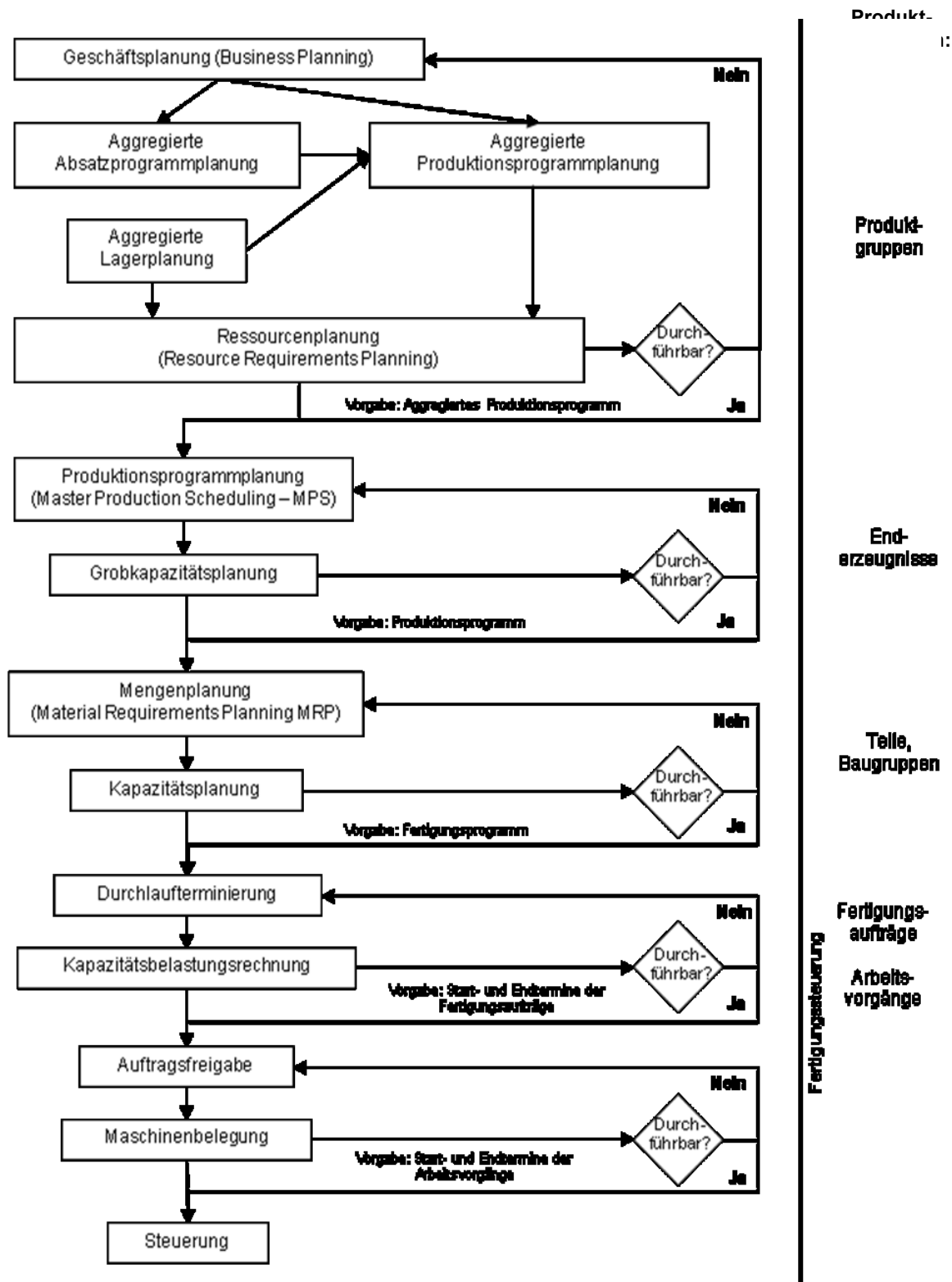


Abbildung 4: Grundstruktur des MRP II Systems<sup>16</sup>

### Absatzplanung

Als Basis für die langfristige Ressourcen- und Produktionsprogrammplanung dient die langfristige Absatzvorschau (Absatzplanung, Forecast). Meist ist die betrachtete Perio-

<sup>16</sup> Quelle: Vgl. Ehrmann (2005), S. 444.

de ein Jahr, welches in Monate herunter gebrochen wird. Ziel ist es, möglichst genau vorherzusagen, wann welche Produktgruppe, in welcher Menge abgesetzt wird. Keine mathematische Methode kann mittels Vergangenheitswerten eine exakte Zukunft vorhersagen. Daher sind auch qualitative Informationen über die Marktsituation, die Kunden, die Konjunktur und weitere unternehmensabhängige Rahmenbedingungen zu analysieren und zu berücksichtigen. Daher wird eine Absatzvorschau nur unter Berücksichtigung qualitativer sowie quantitativer Informationen erstellt.

### **Programm- und Ressourcenplanung**

Es erfolgt nach der Festlegung des Betrachtungszeitraums, der Menge und der Art der zu fertigenden Produktgruppe des Weiteren eine zeitliche Auflösung (z.B. ein Monat oder ein Quartal), wobei diese Planung als langfristiges Produktionsprogramm bezeichnet wird. Als Basis für dieses Produktionsprogramm dienen die vorhandenen Ressourcen, die zu planenden Ressourcen sowie die Absatzplanung. In der Ressourcenplanung wird zwischen vorhandenen und neu anzuschaffenden Ressourcen unterschieden. Das Jahresproduktionsprogramm gibt die zu erreichenden Absatzzahlen sowie die zu fertigenden Mengen vor.

### **Masterplanung**

Als Masterplanung – auch Master Production Schedule (MPS) - wird die Schnittstelle zwischen lang- und mittelfristiger Planung bezeichnet. In der Masterplanung sind die zeitliche und produktbezogene Auflösung feiner als bei der Programmplanung. Dieser Plan wird im Allgemeinen für jedes Produkt auf Tagesbasis erstellt, damit sichergestellt werden kann, dass die nachgefragte Produktionskapazität wenig schwankt. Andererseits soll der Masterplan auch die marktseitige Nachfrage erfüllen. Wichtig für die Erstellung eines Masterplans sind u. a. das Produktionsprogramm, Kundenbestellungen, der verfügbare Lagerstand und die Lieferzeit. Des Weiteren muss auch eine Disaggregation der Daten erfolgen, da im Produktionsprogramm eine höhere Aggregation vorliegt.

### **Grobkapazitätscheck**

Im Grobkapazitätscheck wird überprüft, ob der Masterplan umgesetzt werden kann. Es werden nur kritische Ressourcengruppen überprüft. Dies erfolgt mit Hilfe einer Kapazitätsmatrix. Für jede Fertigungsgruppe wird dabei ersichtlich, wie viele Einheiten von kritischen Ressourcen erforderlich sind.

### **Material Requirement Planning**

Beim Material Requirement Planning (MRP) erfolgt eine Rückwärtsterminierung für alle Materialien ausgehend vom Bruttobedarf an Fertigprodukten. MRP ist demnach ein reines Push-System, das meist bedarfsgesteuert wird. Als Inputdaten werden der Bruttobedarf an Fertigprodukten, die Stückliste und der aktuelle Lagerbestand benötigt. Nach der Durchführung eines so genannten MRP-Laufs erhält man als Ergebnis eine Liste mit terminierten Aufträgen. Wichtig dabei zu beachten sind die Losgrößenpolitik, die Planübergangszeit der Rückwärtsterminierung sowie Sicherheitsbestände.

### **Kapazitätsplanung**

Um eine Umsetzung der Planaufträge auf Basis des MRP-Laufs zu gewährleisten, berechnet die Kapazitätsplanung, wie viel Kapazität in den Subperioden notwendig ist.

Dabei werden Anlagen, Maschinen und besonders auch die Qualifikationen der Mitarbeiter berücksichtigt. Die Kapazitätsplanung erfolgt üblicherweise im gleichen zeitlichen Rhythmus wie die MRP-Berechnung.

### **Terminierung**

Es erfolgt eine Rückwärtsterminierung der Aufträge. Dafür muss der geplante Starttermin des Fertigungsauftrages berechnet werden. Es wird der geplante Fertigstellungstermin laut Planung abzüglich Planungsübergangszeit berücksichtigt.

### **Auftragsfreigabe**

Die durch den MRP-Lauf vorgesehenen Aufträge müssen für die Fertigung noch freigegeben werden. Dies erfolgt durch die Auftragsfreigabe. Diese Freigabe wird in kurzen zeitlichen Abständen durchgeführt (z.B. für jede Schicht). Es werden dabei nur Planaufträge der nächsten Zukunft berücksichtigt. Bevor ein Auftrag freigegeben wird, ist die Verfügbarkeit von Anlagen, Personal, Material, Werkzeug etc. zu überprüfen.

### **Abarbeitung**

Das operative Element im MRP II stellt die Abarbeitung der Fertigungsaufträge dar. In der Regel liegen mehrere Aufträge vor einer Maschine bereit, nachdem die Verfügbarkeit von Mensch, Material und Maschinen sichergestellt wurde. Außerdem ist eine Meldung über den Status eines Auftrages an einen zentralen Punkt abzugeben, da so diese Informationen (Lagerbestand, geplante aber noch nicht fertig gestellte Aufträge etc.) für weitere MRP-Läufe mit einbezogen werden können. Daher ist es wichtig, bei der Abarbeitung von Fertigungsaufträgen auf Prioritätsregeln (z.B. Shortest Processing Time, First-In-First-Out) und die Rückmeldung (zeitnahe Informationen für Planung und Steuerung) zu achten.

Die tatsächliche Fertigungssteuerung erfolgt durch die Terminierung, Auftragsfreigabe und Maschinenbelegung durch den Disponenten.

Ein PPS-System, welches die Fertigung nach dem Pull-Prinzip, steuert, soll im nächsten Abschnitt erläutert werden. Es stellt einen Kontrast zu MRP II dar, welches eine Produktion push-orientiert steuert.

## **2.2.2 Bestellbestandsverfahren oder Bestellpunktverfahren**

Durch das Bestellbestands- oder Bestellpunktverfahren wird die Fertigung verbrauchsorientiert gesteuert. Unter Berücksichtigung der drei Parameter Bestelllosgröße, Sicherheitsbestand und Wiederbeschaffungszeit können Lagerbestand und Kapitalbindung reduziert werden. Dabei sind aber auch mögliche Wechselwirkungen auf die Produktion zu beachten.<sup>17</sup>

Ein Bestellbestand bzw. Bestellpunkt wird von einem verantwortlichen Produktionsplaner definiert. Es wird ein Fertigungsauftrag erstellt, sobald der Lagerbestand den Bestellpunkt erreicht oder unterschreitet. Erwartete Zugänge am Lager werden dabei bereits berücksichtigt. Dazu zählen alle Fertigungsaufträge, welche zwar erstellt wurden aber noch nicht ans Lager zugegangen sind. Bis der Bestellbestand (zusammengesetzt aus Lagerbestand und Menge an offenen Lageraufträgen) wieder überschritten ist, werden Aufträge erzeugt, wobei hier die Wiederbeschaffungszeit zu beachten ist.

---

<sup>17</sup> Vgl. Lödning (2005), S. 147.

Üblicherweise wird zusätzlich ein Sicherheitsbestand eingeführt, der verhindert, dass es zu einem Lieferausfall kommt. Unregelmäßigkeiten der Nachfrage und der Wiederbeschaffungs- bzw. Durchlaufzeit können ebenfalls zu Problemen bei der Lieferfähigkeit führen, wenn kein Sicherheitsbestand eingeführt wird. An der nachfolgenden Abbildung 5 ist ersichtlich, dass sich daraus ein sägezahnartiger Bestandsverlauf ergibt.<sup>18</sup>

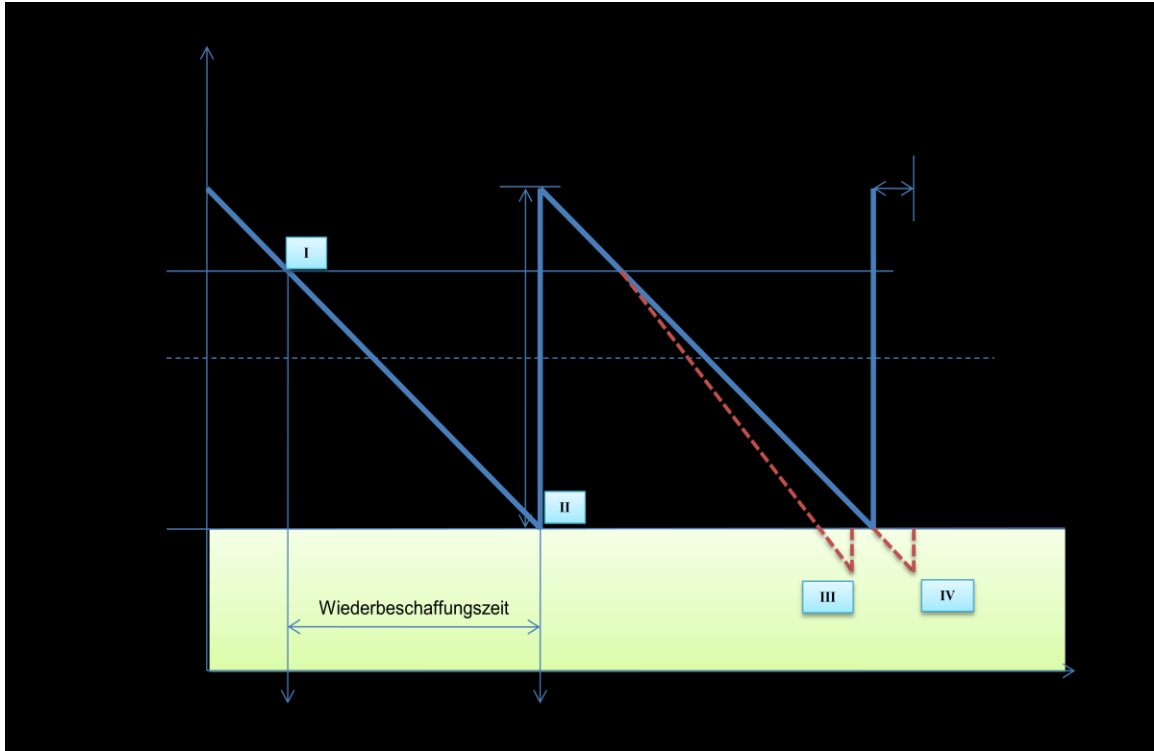


Abbildung 5: Lagerbestandsverlauf des Bestellbestandsverfahrens<sup>19</sup>

Der in Abbildung 5 angeführte Punkt I kennzeichnet den Bestellpunkt bzw. Bestellauslösebestand. Während der Wiederbeschaffungszeit sinkt der Bestand bis zu Punkt II. Die Differenz zwischen Punkt I und Punkt II entspricht dem erwarteten Abgang während der Wiederbeschaffungszeit. Wenn die Nachfrage höher ist als erwartet, kennzeichnet dies die rot gestrichelte Linie zu Punkt III. Der Sicherheitsbestand verhindert in diesem Fall, dass es zu einem Lieferausfall kommt. Wenn die Wiederbeschaffungszeit wider Erwarten länger dauert, führt dies zu einem Verlauf wie durch Punkt IV dargestellt.<sup>20</sup>

Wenn das Lager durch eine Produktion beliefert wird, stehen die Fertigungsaufträge unterschiedlicher Artikel bezüglich der Produktionskapazität meist in Konkurrenz zueinander. Darüber hinaus fertigen viele Unternehmen zusätzlich auch kundenspezifisch. Dies erfordert eine zusätzliche Koordination der vom Bestellbestandsverfahren ausgelösten Fertigungsaufträge und der Kundenaufträge.<sup>21</sup>

<sup>18</sup> Vgl. Lödding (2005), S. 148; Schönsleben (2002), S. 463.

<sup>19</sup> Quelle: Vgl. Lödding (2005), S. 148; Schönsleben (2002), S. 463.

<sup>20</sup> Vgl. Schönsleben (2002), S. 463.

<sup>20</sup> Vgl. Lödding (2005), S. 149.

<sup>21</sup> Vgl. Lödding (2005), S. 149.

### 2.2.3 Conwip

Conwip stellt eine Weiterentwicklung von *Kanban*, ein Steuerungssystem, welches erst später erläutert wird, dar. Es folgt nicht rein dem Pull-Prinzip sondern beinhaltet auch Ideen der Push-Steuerung. Daher kann man Conwip als hybride Fertigungssteuerung bezeichnen. Bei diesem Verfahren ist es wichtig, einen Umlauflagerbestand sicherzustellen. Es wird erst ein neuer Auftrag eingelastet, wenn ein anderer etwa mit gleichem Arbeitsumfang fertig gestellt wurde. Grundlegende Unterschiede zu *Kanban* sind folgende:<sup>22</sup>

- Es wird ein gesamter Fertigungsbereich miteinbezogen und nicht nur ein Arbeitssystem.
- Der Bestand wird pro Fertigungsbereich gesteuert und nicht pro Material.
- Es erfolgt eine Priorisierung von Kunden- und Planaufträgen.

Dies bedeutet, ein neuer Auftrag wird erst eingelastet, wenn ein „Ware in Arbeit“-Grenzwert nicht überschritten wird. Es wird bei jedem Fertigstellungstermin überprüft, ob ein neuer Auftrag eingelastet werden kann, d.h. ob durch die Fertigstellung des Auftrages genügend Umlauflagerbestand abgebaut wurde. Zuvor priorisierte Kunden- und Planproduktionsaufträge stehen zur Einlastung zur Verfügung, wobei Planproduktionsaufträge mittel MPS (siehe MRP II) aus Kunden- und Lageraufträgen zusammengefasst werden.<sup>23</sup>

## 2.3 Kritik an klassischen PPS-Systemen

Bei klassischer Produktionsplanung und -steuerung erfolgt die Organisation der Prozesse zentral. Der Bedarf wird aus verschiedenen Quellen ermittelt, wobei dies über mehrstufige Prozesse erfolgt. Dabei werden Absatzprognosen, Kundenaufträge, vorliegende Bestände aber auch Erfahrungswerte mit berücksichtigt. Ressourcen wie Rohmaterial, Personal und Maschinen müssen ebenfalls zueinander in Beziehung gesetzt werden. Veränderungen der Verfügbarkeit von Ressourcen, die wiederum durch Störungen oder krankheitsbedingte Ausfälle ausgelöst werden können, müssen unmittelbar in die Planung und Steuerung einfließen. Dies erfordert laufende Überarbeitung und Anpassung der Planvorgaben an die Bedarfs- und Ressourcensituation. Meist ist diese Art der Steuerung push-orientiert, wobei die Vorgaben bildlich gesprochen in die Produktion hineingedrückt und zentral vorgegeben werden. Es erfolgt somit eine Trennung von Planung und Ausführung. Wichtig bei zentral gesteuerten Prozessen ist ein (echt)zeitnahes Rückmeldesystem, um unplanmäßige Änderungen zu erkennen und darauf reagieren zu können.<sup>24</sup> Menschliches Eingreifen und Regulieren der Prozesse ist daher ständig erforderlich.

<sup>22</sup> Vgl. Jodelbauer (2007), S. 193.

<sup>23</sup> Vgl. Jodelbauer (2007), S. 193.

<sup>24</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 32 ff.

Probleme und Schwierigkeiten, welche sich durch eine dispositive Steuerung ergeben können, sind unter anderem folgende:<sup>25</sup>

- Bei einer Nettobedarfsrechnung wird ein Bedarf dem Bestand gegenübergestellt und Fertigungsaufträge über die Bestandsentwicklung erstellt. Diese werden nach derzeitigem Kenntnisstand für die Zukunft generiert.
- Einzelne Prozessverantwortliche haben keine Möglichkeit, selbstständig Entscheidungen zu treffen und daher auch keinen Überblick über die Gesamtsituation.
- Bei Veränderungen der Ressourcenverfügbarkeit erfolgt die Weitergabe an die Planungs- und Steuerungszentrale nicht früh genug.
- Aufgrund der komplexen Prozesse dauert es relativ lang bis eine Anpassung der Planung erfolgt. Dies führt in weiterer Folge zu mehr Aufwand der ohnehin schon aufwändigen Planung einer zentralen Steuerung.
- Es werden Aufträge zusammengefasst um große Losgrößen erzeugen zu können und so Maschinen besser auszulasten, wodurch diese auch länger durch einen Auftrag besetzt sind.
- Durch die permanente Pflege der erstellten Planung ist der Aufwand für die gesamte Prozesskette sehr hoch.

Folgen aus den oben erwähnten Problemen können unter anderem sein:<sup>26</sup>

- Überhöhte Bestände
- Lange Durchlaufzeiten
- Verschwendung
- Wenig Flexibilität
- Geringe Lieferfähigkeit.

Diese offensichtlichen Nachteile klassischer dispositiver Fertigungsplanungs- und steuerungssysteme zeigen, weshalb sich Unternehmen immer häufiger andere Lösungen zur Steuerung ihrer Produktion suchen. Das Toyota Produktionssystem stellt einen anderen Ansatz zur Fertigungssteuerung dar. Die Denkansätze und Elemente des Toyota Produktionssystems sollen im nächsten Abschnitt erläutert werden.

---

<sup>25</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 33 f.

<sup>26</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 10.

### 3 Das Toyota Produktionssystem

Seit nunmehr über 20 Jahren sind Lean Production und das Toyota Produktionssystem (TPS) bekannte Begriffe im Bereich der Fertigungssteuerung. Europäische und amerikanische Automobilunternehmen erkannten Ende der 1980er Jahre, dass japanische Unternehmen, allen voran Toyota, Gewinne erzielten, während sie selbst einem Ertragsrückgang gegenüber standen. Dies animierte westliche Manager, das japanische Fertigungssystem und in weiterer Folge die Denkweise von Toyota näher zu betrachten.<sup>27</sup> Um der Art und Weise, wie Toyota seine Fertigungssteuerung entwickelt und umgesetzt hat, einen Überbegriff zu geben und diese auch in den westlichen Industriegebieten vertraut zu machen, wurde der Begriff „Lean“ herangezogen.<sup>28</sup>

„Lean“, zu Deutsch „schlank“, beschreibt symbolisch die Effizienz und Stabilität von Prozessen, die Fehlerfreiheit der Produkte, die Genauigkeit der Planung sowie die Synchronisation auszuführender Tätigkeiten. Kurz, die richtigen Dinge sollen von Beginn an richtig ausgeführt werden.<sup>29</sup> Häufig assoziiert man schlank mit Personalabbau. Diese eindimensionale Sichtweise ist nicht richtig. Lean beschreibt eine Denkweise, die auf Kundenorientierung, dem Fluss-Prinzip, dem Pull-Prinzip und dem Streben nach Perfektion aufbaut.<sup>30</sup>

Das Toyota Produktionssystem basiert auf der Philosophie zum richtigen Zeitpunkt, die richtigen Dinge nur in der notwendigen Menge bereit zu stellen. Dabei ist besonders auf den Fluss der Prozesse Wert zu legen. Darüber hinaus sind die Mitarbeiter und ihr Wissen als besonders wertvoll zu betrachten und auch das Management muss die Situation vor Ort kennen und das Lean-Gedankengut vorleben. Um dies zu erreichen sind Probleme sofort aufzugreifen und neue Verbesserungsmaßnahmen zu erarbeiten.

#### 3.1 Entwicklung des Toyota Produktionssystems zu Lean Production

Bereits Sakichi Toyoda und später dessen Sohn Kiichiro Toyoda, der in den 1930er Jahren das Automobilunternehmen Toyota Motor Company gründete, setzten den Grundstein für die Denkweisen und Ideen, die heute als Lean Production bezeichnet werden.<sup>31</sup>

Die Automobilindustrie wurde durch die Fließbandfertigung des Ford T Models revolutioniert. Das Produktionsvolumen dieses Fahrzeuges war für den amerikanischen Markt konzipiert. Toyota sah sich jedoch nach dem 2. Weltkrieg am japanischen Markt mit einer fragmentierten Nachfrage konfrontiert. Kiichiro Toyoda nahm sich Ford dennoch als Vorbild und adaptierte dessen Fertigungsprozesse. Unter Berücksichtigung der zu dieser Zeit in Japan vorherrschenden Gegebenheiten wie z.B. geringe Ressour-

---

<sup>27</sup> Vgl. Liker (2008), S. 25 ff.

<sup>28</sup> Vgl. Holweg (2006), S. 426.

<sup>29</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 13.

<sup>30</sup> Vgl. Augustin (2008/a), S. 56.

<sup>31</sup> Vgl. Liker, Meier (2008), S. 31.

cen, geringe Kapitalausstattung, versuchte er, hohe Qualität und Flexibilität bei niedrigen Kosten und kurzen Durchlaufzeiten, ähnlich wie Ford, zu erreichen.<sup>32</sup>

Auf das von Toyota entwickelte Produktionssystem wurden andere japanische Unternehmen erst nach der ersten Ölkrise im Jahre 1973 aufmerksam. Die Industrie in Japan war mit Nachfrage- bzw. Produktionsrückgängen konfrontiert und erst dadurch wurde das Potential dieses Produktionssystems sichtbar.<sup>33</sup>

In Europa und den USA erkannte man das Potential des Toyota Produktionssystem erst durch die Veröffentlichung des Buches „The machine that changed the world“ (Deutscher Titel: „Die zweite Revolution in der Automobilindustrie“) von Womack et al. 1990<sup>34</sup>. Darin wird eine Studie des MIT (Massachusetts Institute of Technology) zusammengefasst, in der Automobilunternehmen aus Europa, den USA und Japan verglichen wurden. Es wurde festgestellt, dass die japanischen Unternehmen, allen voran Toyota und deren Niederlassungen außerhalb Japans, wesentliche Wettbewerbsvorteile gegenüber den westlichen Herstellern haben. In diesem Buch wird auch der Begriff „lean production“ geprägt als offensichtliche Unterscheidung zur westlichen „mass production“. Lean wird hierbei nicht allein als reine Form der Fertigung verstanden. Viel mehr ist Lean ein ganzheitlicher Ansatz, der auch im Management verankert sein muss.<sup>35</sup>

Da der Begriff „Lean“ in erster Linie durch das oben genannte Buch von Womack et al. seine Bedeutung erhielt und auf dem Toyota Produktionssystem basiert, wird in weiterer Folge das TPS eingehend betrachtet.

In „Der Toyota Weg“ von Jeffrey Liker werden die wichtigsten Prinzipien des TPS zusammengefasst:<sup>36</sup>

- Philosophie
- Prozessorientiertheit
- Mitarbeiter und Geschäftspartner sowie
- Problemlösung und kontinuierliche Verbesserung bzw. Lernprozesse

Erst das ausgewogene Zusammenspiel dieser Prinzipien führt zum gewünschten Erfolg einer schlanken Produktion.

Dieses System unterscheidet sich darüber hinaus wesentlich von den im „Westen“ bisher üblichen PPS-Systemen. Dies zeigt sich bereits durch die Denkhaltung und die sich daraus ergebenden Prinzipien und Methoden des Toyota Produktionssystems, die im Folgenden erläutert werden.

---

<sup>32</sup> Vgl. Liker (2008), S.48 ff.

<sup>33</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 19 f.

<sup>34</sup> Vgl. Womack et al. (1990).

<sup>35</sup> Vgl. Holweg (2006), S.427.

<sup>36</sup> Vgl. Liker (2008), S. 69 ff.



## 3.2 Prinzipien des Toyota Produktionssystems

Als wichtigstes Ziel des TPS gilt es, die Wirtschaftlichkeit in der Fertigung zu erhöhen, indem Verschwendung gründlich und konsequent beseitigt wird. Gleichzeitig liegt die Betonung dieses Ansatzes auf dem Respekt dem Menschen gegenüber.<sup>37</sup>

### 3.2.1 Philosophie

Ohno, der als Vater des Toyota Produktionssystems gilt, beschreibt zwei Säulen, auf die nachfolgend näher eingegangen wird, die das TPS tragen und zur Beseitigung von Verschwendung beitragen.<sup>38</sup>

- Just in Time und
- Autonomation – Automation mit menschlichen Zügen.

Als Just in Time wird der Materialfluss innerhalb einer Produktion bezeichnet, welcher dafür sorgt, dass die richtigen Teile, in der benötigten Menge, zur rechten Zeit, am richtigen Ort bereitgestellt werden. Durch diesen Fluss kann sich ein Unternehmen einem Null-Lagerbestand annähern. Um die Anzahl von Teilen „just in time“ anzuliefern, entstand in weiterer Folge die Idee von *Kanban*. Wenn ein nachgelagerter Prozess von einem vorgelagerten Prozess nur die Anzahl der Teile entnimmt, die gerade zu dem Zeitpunkt benötigt werden, ist es nur logisch, dass der vorgelagerte Prozess nur die Menge an Teilen produziert.<sup>39</sup>

Als zweite Säule des TPS gilt nach Taiichi Ohno die autonome Automation. Leistungsfähige, hoch automatisierte Maschinen verfügen teilweise nicht über ein gekoppeltes Prüfsystem, welches eine Produktion von fehlerhaften Teilen verhindert. Autonomation bedeutet, dass Maschinen solche Probleme autonom verhindern. Die Maschinen bei Toyota sind z. B. um Sensoren oder Baugruppen ergänzt, welche beim Auftreten von Problemen die Maschine selbstständig anhalten, um der Produktion von fehlerhaften Teilen entgegen zu wirken. Dadurch werden den Maschinen sozusagen menschliche Züge verliehen.<sup>40</sup> Ohno entwickelte diese Ansätze bereits vor mehr als 30 Jahren. Heute sind viele Maschinen bereits weltweit mit Mechanismen ausgestattet, welche bei Problemen oder Störungen aus Sicherheitsgründen stoppen.

Ein grundlegender Gedanke des TPS ist es, Managemententscheidungen auf Basis einer langfristigen Philosophie aufzubauen, auch wenn dadurch kurzfristige Gewinnziele negativ beeinflusst werden. Ziel ist es, für Kunden, die Gesellschaft und die Wirtschaft, Mehrwert zu erzielen. Dieses Denken soll sich nicht nur auf das Produkt bzw. den Service beziehen, sondern soll jede Funktion und jeden Prozess im Unternehmen einschließen.<sup>41</sup>

### 3.2.2 Prozessorientiertheit

Das TPS ist prozessorientiert und basiert auf Prävention. Man geht davon aus, dass mit optimalen Prozessen optimale Ergebnisse erzielt werden. Im Gegensatz dazu ste-

<sup>37</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 19.

<sup>38</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 30.

<sup>39</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 30 ff.

<sup>40</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 33.

<sup>41</sup> Vgl. Liker (2008), S. 71 f.

hen Konzepte aus den USA, die ergebnisorientiert und kostenbasierend sind. Dabei liegt der Fokus auf objektiven und messbaren Kennzahlen. Interdisziplinäre Probleme erfordern jedoch bereichsübergreifende Lösungsansätze und Verantwortungen. Jeden Bereich einzeln zu betrachten hat eine einseitige Sichtweise und Problemlösung zur Folge. Mittels Standards wie dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess, dem PDCA-Zyklus (plan, do, check, act), Kaizen oder Poka Yoke können Prozesse effizient optimiert werden.<sup>42</sup> Prozessorientiertes Handeln setzt auf Fehlervermeidung, die Abläufe zu kennen und zu handeln bevor ein Problem auftritt, während Ergebnisorientiertheit versucht schnell auf Fehler zu reagieren.<sup>43</sup>

Um Prozesse optimieren zu können, müssen wesentliche Aspekte des TPS berücksichtigt werden. Unter anderem ist die Eliminierung von nicht-wertschöpfenden Elementen Grundlage für weitere Vorgehensweisen.<sup>44</sup> Verschwendung, japanisch Muda, gilt als wesentliches Problem einer Fertigung, weshalb im TPS besonderes Augenmerk darauf gerichtet wird.

### **Verschwendung**

Dem Lean-Gedanken folgend gilt Verschwendung als einer der zentralen Aspekte, welche betrachtet werden müssen. Jegliche Art von Verschwendung ist zu vermeiden oder zu reduzieren.

Bereits Henry Ford vertrat Anfang des 20. Jahrhunderts folgende Ansicht:<sup>45</sup>

„Alles was nicht der Wertsteigerung dient, ist Verschwendung.“

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Verschwendung:<sup>46</sup>

- *Offensichtliche Verschwendung* ist nicht notwendig, leicht zu erkennen und zu eliminieren (z. B. Wartezeit, Störungen, Suchen).
- *Verdeckte Verschwendung* sind notwendige Nebentätigkeiten, die zu minimieren sind (z. B. Transport, Prüfung, Umrüsten).

Dabei muss man erkennen, dass man nicht durch Mehrleistung, sondern durch Reduzierung bzw. Eliminierung von Verschwendung die wertschöpfenden Tätigkeiten erhöht.<sup>47</sup>

Laut Taiichi Ohno werden in der Produktion die nachfolgend angeführten sieben Arten der Verschwendung unterschieden:<sup>48</sup>

- Überproduktion

Durch Überproduktion werden andere Arten von Verschwendung verursacht bzw. unsichtbar gemacht. Es werden Kapazitäten blockiert und die Reaktionsfähigkeit auf Änderungen wird verlangsamt. Überproduktion birgt über dies ein Qualitätsrisiko und verlängert die Durchlaufzeit. Sie wird u. a. durch lange Rüstzeiten und überhöhte Losgrößen verursacht.

<sup>42</sup> Diese Methoden werden in diesem Abschnitt noch erläutert.

<sup>43</sup> Vgl. Dickmann (2007), S. 64 ff.

<sup>44</sup> Vgl. Liker (2008), S. 57.

<sup>45</sup> Siehe Becker (2006), S. 278 f.

<sup>46</sup> Vgl. Staufen (2007), S. 22.

<sup>47</sup> Vgl. Staufen (2007), S. 23f.

<sup>48</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 45f.

- **Bestände**  
Hohe Bestände binden zwangsläufig Kapital und erhöhen den Verwaltungsaufwand. Sie belegen wertvolle Lager- bzw. Pufferflächen und verursachen u. U. Aufwände beim Suchen und Handhaben. Das Verschrottungsrisiko wird größer, da Bestände veralten und nicht mehr verwendet werden können.
- **Produktion von Schlechtteilen, Ausschuss**  
Schlechtteile werden häufig durch fehlende Ordnung und Sauberkeit, durch mangelhafte Ausbildung bzw. Qualifizierung der Mitarbeiter und durch fehlerhafte Unterlagen verursacht. Außerdem werden Standards und Fertigungsvorschriften nicht eingehalten und fehlerbehaftete Prüfungen durchgeführt. Auch führt mangelhafte Disziplin und Führung zur Produktion von Ausschuss.
- **Overprocessing (unangemessene Methoden)**  
Ungeeignete Fertigungsverfahren, mangelhafte Ausrüstung, überdimensionierte Maschinen, suboptimale Materialbereitstellung sowie schlechte Arbeitsplatzgestaltung und unnötig enge Toleranzen führen im Arbeitsprozess selbst zu Verschwendung.
- **Transport**  
Durch Transport werden Kosten, zusätzliches Handling sowie vermehrter Verwaltungsaufwand verursacht. Es besteht das Risiko, dass die Ware dabei beschädigt wird und es wird Platz für die Transportwege benötigt. Transport kann nicht vollständig eliminiert werden. Jedoch sollte versucht werden Transportwege so kurz wie möglich zu gestalten.
- **Bewegung**  
Bewegung, die unnötig ausgeführt wird, zeugt von einem hohen Handlingsaufwand und führt zu körperlicher Belastung und Ermüdung der Mitarbeiter und erhöht den Anteil nicht-wertschöpfender Zeit am Produktionsprozess.
- **Wartezeit**  
Fehlendes Material oder Werkzeug, Maschinenausfälle oder Störungen, Rüstvorgänge und mangelhafte Organisation verursachen Wartezeiten. Wartezeiten, die prozessbedingt nicht eliminiert werden können (z.B. Trocknen), gilt es durch organisatorische Maßnahmen zu optimieren.

Unter Umständen werden erst durch die Reduktion von Beständen und Überproduktion andere Verschwendungsarten sichtbar und müssen in weiterer Folge reduziert werden, um weiterhin die Produktion aufrecht zu erhalten.<sup>49</sup>

Wenn Verschwendungsarten erkannt und beseitigt wurden, gilt es in weiterer Folge den Produktionsprozess bestmöglich zu glätten.

### **Produktionsnivellierung**

Schwankungen bei der Endmontage bezüglich Mengen und Zeitpunkten haben innerhalb der unterschiedlichen Prozesse negative Auswirkungen auf vorherige Arbeitsgän-

<sup>49</sup> Vgl. Liker (2008), S. 59 ff.

ge. Die Endmontage muss die Unregelmäßigkeiten des Produktionsausstoßes ausgleichen, damit sich ein geglätteter Fertigungsfluss ergibt. Durch Produktionsnivellierung oder Auslastungsglättung sollen Schwankungen bei der Endmontage möglichst gering halten werden. Bei einer großen Variantenvielfalt, die in unserer Gesellschaft verlangt wird, ist eine Umsetzung dieses Ansatzes schwierig. Die Reaktionsfähigkeit des TPS bei der Anpassung an die Vielzahl der Varianten gestaltet sich jedoch viel effizienter als durch ein Massenproduktionssystem, welches weitaus schwerer umzusetzen ist. Es zeigt sich, dass das TPS weitaus flexibler auf Änderungen der Marktbedürfnisse reagieren und mit schwierigen Bedingungen besser umgehen kann.<sup>50</sup>

Die Nivellierung der Produktion bleibt nicht ohne Folgen und somit sind auch Herausforderungen zu bewältigen. Die Ziele einer Auslastungsglättung sind eine ausgeglichene Fertigung und kleinstmögliche Lose. Dadurch können Fluss und Rhythmus innerhalb und zwischen den einzelnen Produktionsschritten erzeugt werden. Technische Gegebenheiten bzw. Einschränkungen können aber kleinen Losgrößen negativ entgegenwirken, da für die optimale Auslastung einer Maschine oder für kurze Rüstzeiten häufig große Lose notwendig sind. Das von Toyota entwickelte System zeigt aber, dass durch Nivellierung der Produktion Aufwendungen für z. B. Rüsten enorm reduziert und dadurch Maschinen auch mit geringeren Losgrößen gut ausgelastet werden können. Aus der Notwendigkeit heraus, Prozesse flexibler zu gestalten, wurden daher Schritte unternommen, schnellere Werkzeugwechsel durchzuführen, um einen besseren Fluss zu erzeugen.<sup>51</sup>

### **One Piece Flow**

Als Toyota begann, ein eigenes Produktionssystem in Anlehnung an das Konzept von Ford zu entwickeln, erkannten die Japaner bereits Schwachstellen des amerikanischen Ansatzes. Große Mengen an Zwischenprodukten wurden produziert, welche alle im Werk zwischengelagert werden mussten. Erst später wurden diese zur Weiterverarbeitung in eine nächste Fertigungsstufe transportiert. Das Ziel war es, die Stückkosten gering zu halten und die Maschinen auszulasten. Dies führte aber zwangsläufig zu Überproduktion und schlecht aufeinander abgestimmten Prozessen.<sup>52</sup>

Da sich Toyota die Verschwendung von Ressourcen wie u. a. Lagerhallen, Werksfläche, Geld nicht leisten konnte, erkannte man das Ziel im Erreichen eines ständigen Material- und Informationsflusses. Am ursprünglichen Konzept des fortlaufenden Materialflusses von Ford wurde weiterhin festgehalten. Toyota entwickelt daher den One-Piece-Flow als Grundlage des Fließprinzips. Im Idealfall bedeutet dies sofortige Weitergabe eines Werkstücks nach der Bearbeitung an den nächsten Prozess, sodass maximal ein Werkstück (Losgröße 1) vor einem Prozessschritt liegt. Es dürfen dabei keine Anhäufungen von Material oder übermäßige Puffer zwischen den Produktionsschritten vorhanden sein. Der vorgelagerte Prozess darf nicht produzieren, wenn der nachgelagerte Prozess still steht. Dies unterstützt das Pull-Prinzip und ist Basis für Just-in-Time Produktion. Durch kleinere Lose werden minimale Durchlaufzeiten, hohe Flexibilität, schnelles Reagieren und Reduzierung der benötigten Lagerfläche ermöglicht. Die Voraussetzung dafür sind schnelles Rüsten, flexible Mitarbeiter sowie prozessorientierte Fertigungsstrukturen. Die Fertigung kann somit flexibler auf veränderte

<sup>50</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 64f.

<sup>51</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 65 ff.

<sup>52</sup> Vgl. Womack et al. (1994), S. 55ff.

Kundennachfragen reagieren und arbeitet trotzdem effizient. Diese Flexibilität setzt eine kontinuierliche Verbesserung aller Prozesse und somit den Erfindergeist aller Mitarbeiter voraus, die vor Ort Ideen einbringen sollen.<sup>53</sup>

### **Genchi Genbutsu bzw. Gemba**

Wesentlich ist, dass Prozesse von Grund auf von allen Mitarbeitern verstanden werden. *Genchi genbutsu* bedeutet, dass man sich an den Ort des Geschehens begibt und die eigentliche Situation sieht und versteht. *Gemba* bezeichnet den eigentlichen Platz des Geschehens und wird im gleichen Zusammenhang verwendet wie *genchi genbutsu*. Um einen Problemlösungsprozess anstoßen zu können, ist es unumgänglich, sich vor Ort ein Bild von der Situation zu machen und diese zu verstehen. Manager verbringen bei Toyota täglich mindestens eine halbe Stunde in der Fertigung, um die Prozesse zu beobachten und Einzelheiten nachzuvollziehen. Nur so ist es möglich, Probleme auch an der Wurzel zu betrachten und nicht nur oberflächlich abzuhandeln. Der Kontakt und laufende Diskussionen mit Mitarbeitern sind besonders wichtig. Insbesondere Verbesserungspotentiale können dadurch erkannt und Lösungsansätze entwickelt werden. Dazu ist es notwendig ein Verständnis für fließende Abläufe und standardisierte Prozesse zu haben, um Situationen kritisch zu analysieren und zu bewerten.<sup>54</sup>

Zusammenfassend soll das Prinzip der Prozessorientiertheit betrachtet werden. Es ist für kontinuierlich fließende Prozesse zu sorgen, um Probleme ans Licht zu bringen. Üblicherweise ist das Ziel eines stetigen Prozessflusses, die Zeit zu verkürzen, in der ein Produkt darauf wartet, dass etwas mit ihm geschieht. Dabei ist es nicht vorrangig Material- und Informationsflüsse schneller zu bewegen, sondern Menschen und Prozesse so zu verknüpfen, dass Probleme sofort erkannt werden. Kunden erwarten, dass ihre Bedürfnisse nach Produkten oder Dienstleistungen genau in dem Moment befriedigt werden, in dem sie auftreten. Toyota hat einen Weg gefunden, der nicht auf ein enorm großes Warenlager setzt. Toyotas Lösung besteht darin nach Vorbild eines Supermarktes die Produktion zu steuern. Es werden kleine Produktmengen in Regale gestellt und diese werden je nach Häufigkeit der Entnahme nachgefüllt. Dies soll sicherstellen, dass keine Überproduktion mehr stattfindet. Des Weiteren soll eine Gleichmäßigkeit der Arbeitsbelastung geschaffen werden. Schwankt die Auslastung eines Unternehmens stark, kann das Unternehmen häufig nur reagieren, was zwangsläufig zu Verschwendung führt und Standardisierungen schwierig macht. Toyota achtet darauf, die Arbeitsauslastung bestmöglich zu glätten. In die Prozesse soll von Beginn an Qualität integriert werden, damit ständige Nachbesserungen nicht notwendig sind. Taucht ein Problem auf, darf laut Toyota nicht einfach mit der Arbeit fortgesetzt und somit die Lösung des Problems in die Zukunft verschoben werden. Vielmehr ist es wichtig, dass der Prozess gestoppt und das Problem sofort behoben wird. Die Produktivität kann in diesem Moment zwar beeinträchtigt werden, langfristig wird die Produktivität jedoch ansteigen, da das Problem gelöst und entsprechende Maßnahmen gesetzt wurden. Standardisierung gilt als Grundlage für kontinuierliche Verbesserung. Nur wiederholbare und stabile Prozesse liefern zuverlässige Ergebnisse. Diese dürfen jedoch nicht als starr angesehen werden, sondern als Basis für weitere Optimierungsschritte. Jede neue Verbesserung soll zu einem neuen Standard erhoben werden. Durch einen

<sup>53</sup> Vgl. Gröbner (2007), S. 16 f.; Liker (2008), S. 50.

<sup>54</sup> Vgl. Liker (2008), S. 316 f.

Standardisierungsprozess wird sichergestellt, dass Verbesserungen im Unternehmen kommuniziert werden und eine Ausgangsbasis für andauernde Innovationen gelegt wird. Technologien werden gründlich getestet bevor sie von Toyota eingeführt werden. Dies beruht darauf, dass durch Stabilität, Zuverlässigkeit und Berechenbarkeit der Prozesse Fehler vermieden werden können. Mitarbeiter werden aber auch aufgefordert, sich über Denkweisen hinwegzusetzen, sich auf dem Laufenden zu halten und gegebenenfalls Vorschläge für neue technologische Arbeitsansätze abzugeben.<sup>55</sup>

### 3.2.3 Mitarbeiter und Geschäftspartner

Führungskräfte müssen die Arbeitsabläufe genau kennen, die Lean-Philosophie vorleben und diese anderen vermitteln. Manager haben bei Toyota als Vorbild zu wirken und die Unternehmensphilosophie stärker als alle anderen zu verkörpern. Dazu gehört auch, dass man als Führungskraft die eigentlichen Arbeitsvorgänge auf Detailebene kennt, damit auch entsprechende Handlungen gesetzt werden können. Es ist wichtig, dass sich Mitarbeiter als Teil der Unternehmenskultur sehen. Jedes Individuum und jedes Team soll nach der Philosophie des Toyota Produktionssystems arbeiten. Im Grunde kann jedes Unternehmen Instrumente des Lean Manufacturing wie *Kanban* oder *Andon* einführen. Dies heißt jedoch nicht, dass sich ein Unternehmen als „schlank“ bezeichnen kann. Die Bedienung durch die Mitarbeiter und die Art und Weise des Einsatzes dieser Instrumente tragen maßgeblich dazu bei, ein erfolgreiches Toyota Produktionssystem umzusetzen. Dabei darf nicht vergessen werden, Mitarbeiter ausführlich über die Thematik zu informieren.<sup>56</sup> Das Management gilt daher als Führungs-, Innovations- und Strategiegeber, welches die umfassende Kommunikation innerhalb des Unternehmens anzustreben hat. Damit der Austausch von Informationen insbesondere von Problemen und Lösungsansätzen stattfinden kann, muss die Beziehung zwischen und innerhalb der Organisationsstrukturen auf Vertrauen beruhen.<sup>57</sup>

Ob Veränderungen in einem Unternehmen langfristig Bestand haben, hängt daher maßgeblich von der Einstellung und der Motivation der Mitarbeiter ab. Darum entwickelt sich Change Management zu einem wesentlichen Faktor bei Umstellung eines gewohnten Ablaufes. Sind Mitarbeiter von Veränderungen nicht überzeugt sondern fühlen sich eingeschränkt, überwacht oder fürchten um ihren Arbeitsplatz, kann das zu Widerständen führen. Wichtig ist es hierbei für das mittlere Management, die Werker und betroffenen Mitarbeiter zu coachen, sie zu unterstützen und für jeden Hinweis auf ein Problem dankbar zu sein. Allerdings wird keine Verhaltensänderung der Mitarbeiter erfolgen, wenn nicht die Führungskräfte einen Wandel vorleben. In diesem Zusammenhang ist es besonders wichtig, dass Manager regelmäßig vor Ort in der Fertigung zugegen sind. Dazu zählt auch, dass Mitarbeiter für zusätzliche Anstrengungen gewürdigt werden, die im Zuge von Veränderungen von ihnen abverlangt werden. Darüber hinaus darf man sich vor Diskussionen mit den Werkern nicht scheuen, da daraus häufig konstruktives Vorgehen und Lösungsansätze abgeleitet werden können.<sup>58</sup>

Geschäftspartner werden als verlängerter Arm des Unternehmens angesehen. Toyota nutzt seine Partner nicht aus, sondern unterstützt diese und fördert so eine Verbesse-

<sup>55</sup> Vgl. Liker, Meier (2008), S. 61 ff.

<sup>56</sup> Vgl. Liker (2008), S. 245 ff.

<sup>57</sup> Vgl. Haarmeier et al. (2008).

<sup>58</sup> Vgl. Drew et al. (2005), S. 42 f.

rung der Zusammenarbeit und der Ergebnisse.<sup>59</sup> Partner sowohl Lieferanten als auch Kunden, sollen über die Veränderungsprozesse, die durch Lean angestoßen werden, informiert und unter Umständen integriert werden. Des Weiteren sind Verbesserungen, die im Unternehmen erzielt wurden, an Geschäftspartner zu kommunizieren und diese gegebenenfalls auch Teil haben zu lassen. Somit sollen Vorteile aufgezeigt werden und für alle mitwirkenden Partner eine win-win-Situation entstehen.<sup>60</sup>

Darüber hinaus werden Mitarbeiter und Partner eines Unternehmens dazu motiviert sich weiterzuentwickeln. Das heißt nicht, dass man Mitarbeitern eine vollkommen stressfreie Umgebung bietet, sondern viel mehr, dass alle aufgefordert sind, versteckte Probleme zu erkennen und diese an die Oberfläche zu holen. Menschen sollen sich Gedanken machen, aus Fehlern lernen und Probleme lösen. Durch diese Anforderung wachsen Mitarbeiter und Partner eines Unternehmens, werden besser und ihr Selbstvertrauen wird gestärkt. Die gewonnenen Erkenntnisse gilt es im ganzen Unternehmen zu kommunizieren, damit die gesamte Organisation dazulernen kann.<sup>61</sup>

### 3.2.4 Problemlösung und kontinuierliche Verbesserung

Probleme aus der Ferne zu lösen ist nicht sinnvoll. Diejenigen, die mit der Problemlösung und Entscheidungsfindung betraut sind, müssen sich persönlich vor Ort einen Eindruck von der Situation verschaffen, um die Ursachen des Problems zu erkennen. Es ist die Situation am Ort des Geschehens zu beobachten und zu analysieren. In diesem Zusammenhang ist der Begriff „Shopfloormanagement“ zu erwähnen. Als Shopfloor wird der Bereich eines Unternehmens bezeichnet, an dem Wertschöpfung stattfindet. Das Geschehen soll sozusagen an der Basis – der Produktion - betrachtet sowie Probleme und Potentiale erkannt werden. Genchi Genbutsu bzw. Gemba sind die Begriffe, die das TPS für diese Denkhaltung verwendet. Sind in einem Unternehmen stabile Prozesse etabliert, kann eine kontinuierliche Verbesserung starten. Diese beinhaltet die 5W-Analyse und den PDCA-Zyklus um Problemursachen zu bestimmen. Stabile Prozesse sowie sichtbare Verschwendung und Ineffizienzen ermöglichen es ständig dazu zu lernen. Lernen können aber nur Menschen. Daher ist es wichtig eine stabile Belegschaft zu haben, um die betriebliche Wissensbasis zu schützen. Ein Lernprozess ist fortlaufend. Daher ist es wichtig, nicht bei jedem neuen Projekt bei Null anzufangen, sondern auf der Vergangenheit aufzubauen und sich fortzubewegen.<sup>62</sup>

Um das Gedankengut und die Vorgehensweisen des Toyota Produktionssystems in ein Unternehmen zu integrieren, wurden im Laufe der Zeit Methoden entwickelt, welche charakteristisch für Denkhaltung von Lean sind. Einige dieser Elemente und Methoden werden im nächsten Abschnitt erläutert.

## 3.3 Elemente des Toyota Produktionssystems

Die meisten Methoden, welche mit Lean in Zusammenhang gebracht werden, haben sich aus der Praxis heraus entwickelt und basieren auf der Denkhaltung des TPS. Die Prinzipien wurden bereits in den vorhergehenden Abschnitten erwähnt. Die nach An-

<sup>59</sup> Vgl. Liker (2008), S. 283 ff.

<sup>60</sup> Vgl. Womack (1994), S. 267 f.

<sup>61</sup> Vgl. Liker, Meier (2008), S. 31.

<sup>62</sup> Vgl. Liker (2008), S. 313 ff.

sicht der Verfasserin wichtigsten Elemente sollen im Folgenden näher erläutert werden.

### 3.3.1 Simulation

Mit Simulation kann man reale Abläufe wirklichkeitsnah nachbilden. Aus Kosten- und teils auch aus Sicherheitsgründen ist es sinnvoll, zielgerecht zu experimentieren. Die daraus gewonnenen Resultate werden auf die reale Problemstellung übertragen und Konsequenzen abgeleitet. Meist ist es sinnvoll realitätsnahe, verkleinerte Modelle zu erstellen und dabei auf alle möglichen Einflussgrößen Rücksicht zu nehmen. Dabei sind es meist einfache Methoden und Modelle, die angestrebte Ergebnisse liefern. Gabler unterscheidet verschiedene Arten der Simulation:<sup>63</sup>

- Physikalische oder abstrakte Modelle
- Modelle mit oder ohne menschliche Entscheidung
- Deterministische oder stochastische Modelle

Unter anderem zählt zur physischen Simulation das so genannte Cardboard Engineering oder Modelling.<sup>64</sup> Man bildet mittels Kartonagenschachteln Arbeitsplätze oder Teile davon nach, führt damit eine Simulation der Abläufe durch und analysiert daraufhin den Prozess. Dabei wird auf einfache Hilfsmittel zurückgegriffen. Es entstehen daher vorerst keine Kosten für zusätzliche Betriebsmittel und auch nach der Inbetriebnahme entfallen kostenintensive Modifikationen, da das System bereits zuvor ausreichend getestet wird.<sup>65</sup> Dies entspricht auch der Philosophie von Lean, einfache aber intelligente Methoden anzuwenden.

### 3.3.2 5S-Aktionen

Um Verschwendung zu erkennen und in weiterer Folge vermeiden oder reduzieren zu können, beginnt man häufig mit so genannten 5S-Aktionen oder zu Deutsch 5A-Aktionen. Es wird außerdem eine gute Ausgangsbasis für Kaizen geschaffen. Die Bezeichnung „5S“ leitet sich von den nachfolgend angeführten fünf japanischen Begriffen ab:<sup>66</sup>

- *Seiri* – Sortiere aus:  
Aussortieren von Gegenständen in den Müll, zum Recycling oder ins Archiv.
- *Seiso* – Sauber halten  
Arbeitsplätze sauber halten und nur Dinge einräumen, die benötigt werden.
- *Seiton* – Systematische Ordnung  
Ergonomische Anordnung der Arbeitsmittel und Arbeitsmittel nur da, wo sie benötigt werden.
- *Seiketsu* – Standardisierung  
Oben festgelegte Anordnung zum Standard machen (z.B. durch Markierungen)
- *Shitsuke* – Selbstdisziplin

<sup>63</sup> Vgl. Gabler (2011).

<sup>64</sup> Vgl. Bicheno et al. (2009), S. 100.

<sup>65</sup> Vgl. Staufen (2007), S. 90.

<sup>66</sup> Vgl. Bartholomay (2007), S. 20.



Standards regelmäßig überprüfen, alle Punkte einhalten und Verbesserungen diesbezüglich vorantreiben.

Im deutschsprachigen Raum ist auch der Begriff 5A-Aktionen bekannt, welche inhaltlich die gleichen Tätigkeiten wie oben beschrieben zusammenfassen. Meist werden Workshops durchgeführt, die „**A**ussortieren“, „**A**nordnen“, den „**A**rbeitsplatz reinigen“, „**A**rbeitsstandards setzen“ und „**A**lle Punkte einhalten“ beinhalten.<sup>67</sup> Der 5S-Kreislauf wird in nachfolgender Abbildung 6 dargestellt.

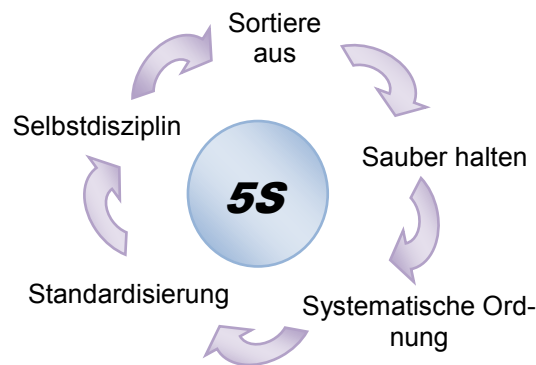


Abbildung 6: 5S-Kreislauf<sup>68</sup>

Die Definition von Standards ist grundlegend für das TPS. Elemente, die dabei berücksichtigt werden müssen, sind Arbeitskräfte, Maschinen und Materialien. Normen dürfen nicht vom Management erzwungen werden, sondern sollen von den Arbeitern selbst erstellt werden. Dabei gilt, das Unternehmen als Ganzes zu betrachten und somit alle Normen für alle Mitarbeiter in gleicher Weise geltend zu machen. Erst dann kann der Produktionsbereich fehlerfrei und flexibel nach Normen und Standards arbeiten. Daher ist es wichtig, möglichst alle Mitarbeiter von Beginn an in 5S-Aktionen einzubinden und den Nutzen für alle Beteiligten ersichtlich zu machen, um auch langfristige Verbesserungen durch 5S zu erzielen.<sup>69</sup>

### 3.3.3 5W-Methode

Die 5W-Methode besteht darin, beim Auftreten einer Störung oder eines Problems fünf Mal die Frage „**Warum**“ zu stellen. Man geht davon aus, dass durch dieses wiederholte Fragen das Grundproblem gefunden und beseitigt werden kann. Bei der Anwendung dieses Ansatzes geht es also vielmehr darum, die Ursache eines Problems zu erkennen und an dieser Stelle mit Lösungsansätzen zu beginnen als einzig die offensichtlichen Symptome zu eliminieren. Die Problemlösungsorientiertheit steht hierbei im Vordergrund.<sup>70</sup>

Damit sollen alle sichtbaren und unsichtbaren Ursachen eines Problems zum Vorschein gebracht werden. Es wird auf eine nachhaltige Ermittlung und Abstellung der Ursachen abgezielt. Eine der größten Verschwendungsarten in modernen Unterneh-

<sup>67</sup> Vgl. Kortmann (2010), S.51.

<sup>68</sup> Quelle: Vgl. TPS-MGT (2010).

<sup>69</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 127.

<sup>70</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 43f.

men ist das Retuschieren von Symptomen, wofür enorme Summen verwendet werden.<sup>71</sup>

Häufig ist dieser Prozess ressourcen- und zeitaufwändig, da viele Mitarbeiter eingebunden werden. Dadurch wird aber die Lösungssuche breiter angelegt und sobald eine Entscheidung getroffen wurde, kann eine Umsetzung rasch erfolgen.<sup>72</sup>

### 3.3.4 Andon

Andon ist eine Statusanzeige der Produktion entsprechend einer Verkehrsampel. Eine Anzeigentafel zeigt an, ob eine Maschine gestoppt werden soll. Bei Normalbetrieb leuchtet das Licht grün. Leuchtet gelbes Licht, liegt in der Regel eine Störung des optimalen Produktionsprozesses vor, woraufhin ein Arbeiter die Störung behebt oder gegebenenfalls Hilfe anfordert. Wenn das Licht rot leuchtet, steht die Maschine bereits. Hierfür kann es mehrere Gründe geben z.B. Störung oder auch fehlendes Material. In jedem Fall muss der Werker eingreifen. Dadurch wird eine visuelle Kontrolle der Fertigung ermöglicht. Der Werker übernimmt somit Verantwortung für die Produktion. Mitarbeiter dürfen sich nicht scheuen die Maschine anzuhalten, wenn Unregelmäßigkeiten auftreten und diese beseitigt werden müssen.<sup>73</sup> Der Grundgedanke besteht darin, dass der Werker am Ort des Geschehens am besten beurteilen kann, wie ein Problem zu lösen ist.<sup>74</sup>

### 3.3.5 Poka Yoke

Wesentliche Hürden für eine effiziente Produktion sind Störungen und Fehler von Prozessen. Nur wenige dieser Störungen werden auf den ersten Blick erkannt. Die meisten, kleineren sind vor allem verantwortlich dafür, dass hohe Lieferfähigkeit und Flexibilität sowie geringe Durchlaufzeiten und Lagerbestände nicht erreicht werden.<sup>75</sup>

Poka Yoke ist eine Maßnahme zur Qualitätssicherung, die unbeabsichtigte Fehlhandlungen vermeiden soll. Technische Vorkehrungen oder Einrichtungen sollen dazu dienen, Fehler zu vermeiden oder diese sofort aufzudecken. Da unabsichtliche, menschliche Fehler wie z.B. Vergessen, Auslassen oder Vertauschen nicht vollkommen verhindert werden können, werden durch Poka Yoke Prozessschritte so gestaltet, dass möglichst keine Fehler auftreten können. Zusätzliche Aufwendungen aufgrund von Störungen oder Fehlern sollen von Beginn an vermieden oder frühzeitig erkannt werden. Durch die Anwendung von Poka Yoke Methoden wird ein Prozess bei Störung gestoppt, ausgeregelt oder durch akustische oder optische Signale auf eine Störung aufmerksam gemacht. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Mechanismen von Poka Yoke.<sup>76</sup>

- **Auslöse- oder Initialisierungsmechanismen**

Wenn Fehler im Vorfeld nicht verhindert werden können oder dies nicht wirtschaftlich ist, wendet man in erster Linie Auslöse- oder Initialisierungsmecha-

<sup>71</sup> Vgl. Dickmann (2007), S. 70.

<sup>72</sup> Vgl. Liker (2008), S. 69ff.

<sup>73</sup> Vgl. Ohno (1993), S. 148; Dickmann (2007), S. 8.

<sup>74</sup> Vgl. Dickmann (2007), S. 8.

<sup>75</sup> Vgl. Dickmann (2007), S. 39 ff.

<sup>76</sup> Vgl. Bicheno et al. (2009), S. 179 ff.

nismen an. Fehler sollen schnell erkannt werden, um größere Schäden abzuwenden.

- **Regulierungsmechanismen**

Entweder wird ein Prozess sofort zum Stehen gebracht, sobald ein Fehler auftritt und es werden meist umgehend Korrekturmaßnahmen getroffen oder es wird beim Auftreten eines Fehlers sofort auf die Situation hingewiesen.

Gute Poka Yoke Mechanismen erkennt man daran, dass sie mit geringen Investitionskosten und einer einfachen und schnellen Umsetzung verbunden sind. Sie sollen, wenn möglich, den Durchsatz der Produktion erhöhen und vor allem eine positive Auswirkung auf die Qualität des Fertigproduktes haben. Zusätzlich werden durch frühzeitiges Eingreifen hohe Kosten für Nachbearbeitung gesenkt. Fehler sollen durch Poka Yoke unmöglich oder möglichst gering gehalten werden. Dies setzt eine 100%-Prüfung aller Artikel voraus. Diese Prüfung soll im besten Fall ohne die Beeinflussung der Durchlaufzeit oder mit geringem zusätzlichem Aufwand umgesetzt werden. Deshalb soll Poka Yoke so in die Fertigung integriert sein, dass kein zusätzlicher Prozessschritt notwendig ist und außerdem dadurch eine Endkontrolle ersetzt wird.<sup>77</sup>

### 3.3.6 *Kanban*

*Kanban* basiert auf der Philosophie von Just-In-Time und stellt eine der wesentlichsten Methoden des TPS dar. In diesem Abschnitt sollen nun Grundlagen zur dieser Thematik besprochen werden. Eine fundierte Auseinandersetzung mit *Kanban* folgt in Abschnitt 4.

*Kanban* stellt mittlerweile eine Konkurrenz zu den hochkomplexen Steuerungsverfahren auf Basis von klassischen Enterprise Resource Planning Systemen (ERP), die einen plangesteuerten Push-Ansatz verfolgen, dar. Es ist weltweit bereits weit verbreitet. Gründe hierfür sind unter Anderem die Reduzierung der Komplexität, die geringe Störanfälligkeit, die Dezentralisierung und die Einfachheit, die hohe Kundenorientierung, die Flexibilität sowie die Sicherstellung der Lieferfähigkeit und die Beruhigung des Produktionsprogramms durch visuelles Arbeiten. Bei richtigem Einsatz der Steuerung mittels *Kanban* kann ein geglätteter Produktionsfluss und Rhythmus innerhalb der Fertigungsschritte erzeugt werden. Trotz dieser positiven Eigenschaften ist *Kanban* eine wissenschaftlich bisher unterschätzte Alternative zu herkömmlichen Produktionssteuerungsverfahren. Des Weiteren reguliert sich *Kanban* selbst u. a. durch Kontrolle des Umlaufbestandes und durch Kapazitätskontrolle, wodurch sich der Aufwand zur Steuerung der Fertigung reduziert.<sup>78</sup>

### 3.3.7 *Kaizen*

*Kaizen* bedeutet „Veränderung zum Besseren“. Darin sollen Probleme als „Schätze“ angesehen werden. Niemand soll angeklagt oder bestraft werden, wenn Probleme auftreten oder verursacht werden. Das Entdecken und Beseitigen von Problemen birgt enorme Potentiale für Einsparungen. Wichtig dabei sind Schnelligkeit, Flexibilität und Qualitätssteigerung, um die Kundenzufriedenheit sicherzustellen. Außerdem werden durch diese Maßnahme auch die Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter verbessert. Es

<sup>77</sup> Vgl. Dickmann (2007), S. 39 ff.; Bicheno et al. (2009) S. 179 ff.; EBZ (2008).

<sup>78</sup> Vgl. Dickmann, E. et al. (2007); S. 162f.

soll die Eigeninitiative sowie die Kommunikation der Mitarbeiter gefördert werden. Weniger Stress und dadurch mehr Kreativität sind die Folge daraus. Um dies zu erreichen, müssen entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen auf allen Ebenen erfolgen. In Zusammenarbeit von Mitarbeitern und Management sollen Vorgehensweisen festgelegt werden Verschwendung zu vermeiden oder so gering wie möglich zu halten, um die optimale Umsetzung von Verbesserungen sicherzustellen. Verschwendung soll an Ort und Stelle des Geschehens erkannt und eliminiert werden. Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) setzt im Herstellungsprozess an, dort wo tatsächlich Wertschöpfung stattfindet. Die Idee von Kaizen sind Low-Cost Lösungen. Kreative Lösungen sollen mit geringen Aufwand und eigenen Ressourcen umgesetzt werden. Die unbürokratische Umsetzung führt zu Kostensenkung, Steigerung der Qualität und Verkürzung der Durchlaufzeiten. Natürlich heißt dies nicht zwingend, dass jede aus Kaizen resultierende Idee auch zu einer langfristigen Verbesserung führt. Nichtsdestotrotz kann man aus jedem Fehler lernen und Nutzen daraus ziehen.<sup>79</sup>

### 3.3.8 PDCA-Zyklus

Verbesserung und Weiterentwicklung sind Grundelemente des Lean-Gedankengutes. Alle Bereiche und Prozesse eines Unternehmens sind laufend zu überprüfen und zu verbessern. Der PDCA-Zyklus (Plan, Do, Check, Act) oder Deming-Kreislauf bietet eine Vorgehensweise zur Planung, Durchführung, Beurteilung und Anpassung von Prozessen und Projekten.

Dieser Problemlösungsprozess wurde von William E. Deming<sup>80</sup> entwickelt, weshalb dieser Kreislauf keine eigentliche Methode des TPS ist. Jedoch hat sich aufgrund von Kaizen bzw. dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess dieser Standardkreislauf etabliert, um Probleme zu erkennen, Lösungen zu finden, diese anzuwenden, zu beurteilen, gegebenenfalls anzupassen und aus dem abgeleiteten Ergebnis Standards zu setzen. Die einzelnen Schritte sind nachfolgend angeführt:<sup>81</sup>

**Plan – Planen:** In diesem ersten Schritt des Kreislaufes steht nicht allein das Planen im Vordergrund. Es gilt auch vor Ort die Gegebenheiten bzw. Probleme zu erkennen, zu diskutieren und zu analysieren. Aus den gewonnenen Erkenntnissen können in weiterer Folge Annahmen und Vorhersagen abgeleitet werden, woraufhin eine Planung erstellt werden kann. In Japan dauert die Planungsphase üblicherweise länger um daraufhin schneller und gleichmäßiger umsetzen zu können.

**Do – Umsetzen:** Meist wird in einem Testlauf das geplante Konzept umgesetzt. Je besser geplant wurde, desto reibungsloser verläuft diese Phase des Kreislaufes.

**Check – Überprüfen, Konsequenzen ableiten:** In diesem Teil des PDCA-Zyklus ist das Umgesetzte zu überprüfen. Verließ die Ausführung wie geplant? Sind Probleme aufgetreten? Wichtig ist, aus den ergebnissen zu lernen und Konsequenzen abzuleiten.

**Act – Anpassen und standardisieren:** Häufig sind Anpassungen an die ursprüngliche Planung vorzunehmen. Wenn dies der Fall ist, ist der gesamte PDCA-Zyklus erneut zu durchlaufen, um eine optimale Lösung zu erlangen. Sind alle Probleme aus dem Weg

<sup>79</sup> Vgl. Bartholomay (2007), S. 18ff.

<sup>80</sup> Vgl. Deming (2000).

<sup>81</sup> Vgl. Bicheno et al (2009), S.182 ff.

geräumt und ist somit keine Anpassung nach einer erneuten Überprüfung mehr notwendig, ist ein Standard einzuführen, um keinen Rückfall in den problembehafteten Prozess zu erlauben. Dabei ist darauf zu achten, dass alle Mitarbeiter darüber informiert und die Verbesserungen bzw. Veränderungen im Unternehmen kommuniziert werden.

Nach Beendigung eines Kreislaufes ist es wichtig sich nicht auf der errungenen Verbesserung auszuruhen, sondern den PDCA-Zyklus weiterzuführen und weiter nach Verbesserungsansätzen zu suchen.

### 3.4 Kritische Auseinandersetzung

Die Ansätze und Methoden des Toyota Produktionssystems und Lean Production haben viele positive Auswirkungen auf ein Unternehmen. Auf eine kritische Betrachtung dieses Systems darf jedoch nicht verzichtet werden.

Zum einen ist zu erwähnen, dass das Toyota Produktionssystem in einem Land entstanden ist, das einer anderen kulturellen Entwicklung folgt als westliche Industriestaaten. Der ausgeprägte Gemeinschaftssinn, gegenseitige Treue und Vertrauen sowie hohe Arbeitsmoral und Entscheidungsfindung, die auf kollektiven Konsens beruht, sind typisch für die japanische Kultur. Dies spiegelt sich zum Teil auch in den Ansätzen und Prinzipien des TPS wider. Daher ist es schwierig kulturspezifische Praktiken auf Unternehmen aus anderen Kulturkreisen zu übertragen.<sup>82</sup>

Zum anderen stellt der Faktor Mensch eine große Rolle bei der kritischen Auseinandersetzung mit TPS dar. Die für Lean Production notwendigen Anforderungen, Kompetenzentwicklungen und Qualifizierungserfordernisse können nicht von jedem Mitarbeiter erfüllt werden. Durch die geforderte Eigenverantwortung der Werker kann es zur Überforderung und Mutlosigkeit gegenüber den angestrebten Zielen kommen. Außerdem kann eine zu intensive Nutzung des Mitarbeiterpotentials, wie Überstunden, zu psychischer und physischer Überlastung führen. Daraus können Sicherheitsrisiken sowie chronische Erkrankungen die Folge sein. Eine weitere Problematik ist der hohe Prozessdruck aufgrund der anspruchsvollen Aufgaben in der Fertigung, welcher unter anderem durch die Just-in-Time Produktion entstehen kann. Des Weiteren kann der Rationalisierungsdruck durch den Ansporn zu ständig neuen Verbesserungen auf Basis der Kaizen-Methodik eine Grenze darstellen. Es ist daher wichtig, das System schrittweise, nachvollziehbar und in optimaler Kombination einzuführen. Daher ist die Einführung eines ganzheitlichen Informationssystems unabdingbar.<sup>83</sup>

Darüber hinaus sind die Mitarbeiter von Beginn an über alle Veränderungen zu informieren und in Lösungsprozesse mit einzubeziehen. Transparenz und Visualisierung des angestrebten Vorgehens sowie der erreichten Erneuerungen sind wesentliche Bestandteile bei der Umsetzung von Lean. Die Erkenntnisse aus den Ergebnissen, welche durch Veränderungen offensichtlich wurden, hilft den Mitarbeitern mitunter ihr traditionelles Denken abzulegen, Neuem offener gegenüber zu stehen und selbst nach Verbesserungen zu streben.<sup>84</sup>

---

<sup>82</sup> Vgl. Yazici (2005), S. 14.

<sup>83</sup> Vgl. Lyschik (1999); Yazici (2005), S. 14.

<sup>84</sup> Vgl. Womack et al. (1994), S. 268.

Ein schlankes System kann nicht unabhängig vom bestehenden Produktionssystem eingeführt werden. Dies kann zu Störungen im Tagesgeschäft führen.<sup>85</sup> Aufgrund der strengen Standardisierung der Produktion kann die Vielfalt an Produktvarianten einer Einschränkung gegenüber stehen. Diesen strikten Standardisierungsmaßnahmen ist deshalb eine hohe Flexibilität der Prozesse gegenüber zu stellen. Dies stellt große Herausforderungen dar, die Abläufe innerhalb einer Produktion Lean zu gestalten und unternehmensspezifisch individuelle Lösungen zu finden.<sup>86</sup>

Wie erwähnt gibt es Prinzipien und Methoden, die zur Umsetzung von schlanken Strukturen notwendig oder hilfreich sind. Dabei ist aber darauf zu achten, dass nicht jede Methodik zwangsläufig Ziel führend ist. Abhängig von der Branche, dem Unternehmen und den Produkten sind unterschiedliche Ansätze anzuwenden. Deshalb können diese Prinzipien nicht kompromisslos einfach angewandt werden, sondern müssen auf ihre Tauglichkeit im jeweiligen Unternehmensumfeld überprüft werden.<sup>87</sup> Ein weiteres Problem tritt auch bei der Korrektheit der Einführung von Lean auf. Häufig sind die Lean-Methoden in den Unternehmen bekannt, jedoch nicht richtig praktiziert. Das Management weiß die Methoden nicht zielgerecht einzusetzen, um diese auch nachhaltig zu verankern.<sup>88</sup> Die Methoden der schlanken Produktion werden selten ganzheitlich angewandt. Es werden häufig einzelne Methoden verwendet ohne dabei auf die Notwendigkeit zu achten, dass diese durch weitere Methoden unterstützt werden sollen. Dies soll nicht bedeuten, dass die Einführung von schlanken Prozessen nur allumfassend sein kann. Es bietet sich eine schrittweise Einführung der Methoden oder eine an das Unternehmen angepasste Kombination dieser an.<sup>89</sup> Andernfalls kann dies zu Resignation führen, Dinge zu lassen wie sie sind oder wieder in die alten Strukturen zu verfallen.

Die Firma Hilti ist bestrebt immer mehr Bereiche und Prozesse nach Lean-Grundsätzen auszurichten. In Abschnitt 5.1.1 wird näher auf Lean Initiativen der Firma Hilti eingegangen. Deshalb war es ihr ein Anliegen eine vorproduzierende Stufe der Diamantbohrkronenfertigung flexibler zu gestalten und dies mittels *Kanban* umzusetzen. Im nächsten Abschnitt wird auf die Methode *Kanban* eingegangen und die notwendigen Schritte für eine Einführung erläutert.

---

<sup>85</sup> Vgl. Kortmann (2010), S. 53.

<sup>86</sup> Vgl. Rinza et al. (2007), S. 62.

<sup>87</sup> Vgl. Wannewetsch (2010), S. 57.

<sup>88</sup> Vgl. Seebauer (2009), S. 12.

<sup>89</sup> Vgl. Augustin (2008/b), S. 71.

## 4 Fertigungssteuerung durch *Kanban*

Die Einführung einer Fertigungssteuerung mittels *Kanban* stellt das zentrale Element dieser Masterarbeit dar. In diesem Kapitel soll nun die theoretische Hinführung zur Umsetzung einer *Kanban*-Steuerung beschrieben werden. *Kanban* stellt ein wesentliches Element des Toyota Produktionssystems dar und kann in den verschiedensten Ausführungen und Varianten in einem Unternehmen eingesetzt werden. Grundsätzlich bedeutet *Kanban*, dass nur dann gefertigt wird, wenn tatsächlich Verbrauch stattgefunden hat. *Kanban* bedeutet aus dem japanischem Karte oder Schild, daher wird als Synonym für *Kanban*-Karte oder –Behälter auch *kanban* oder *kanbans* verwendet.<sup>90</sup>

### 4.1 *Kanban* Steuerung – Grundsätzlicher Ablauf

Die Steuerung einer Fertigung mittels *Kanban* erfolgt verbrauchsorientiert, dezentral und folgt dem Pull-Prinzip. Innerhalb eines definierten Regelkreises wird dadurch die Versorgung durch Teile oder Material sichergestellt. Wenn ein Verbrauch vorliegt, wird dies z. B. durch eine Karte oder einen leeren Behälter signalisiert. Dieses Signal wird an den Produzenten oder Versorger weitergeleitet. Dieser hat die Aufgabe die verbrauchte Menge wieder aufzufüllen oder nachzuproduzieren, woraufhin der befüllte Behälter wieder an den Ort des Verbrauchs gebracht wird.<sup>91</sup> Das bedeutet, dass der Materialfluss vorwärts (Produzent → Verbraucher), wohingegen der Informationsfluss rückwärts (Verbraucher → Produzent) gerichtet ist, wie in Abbildung 7 dargestellt. Dabei wird der Kreislauf einer reinen Selbststeuerung zwischen der Materialquelle und der Materialsenke überlassen.<sup>92</sup> Es übernimmt die vorgelagerte Wertschöpfungsstufe die Steuerung der Nachlieferung an den Verbraucher.<sup>93</sup>

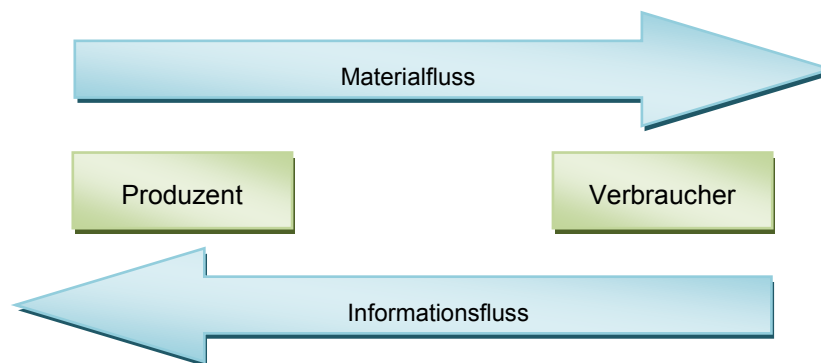


Abbildung 7: Informations- und Materialfluss in einer *Kanban*-Steuerung<sup>94</sup>

Häufig findet man auch die Bezeichnung Supermarkt-Prinzip für ein *kanban*-gesteuertes System, da die Versorgung der verbrauchenden Stelle dem Vorbild eines

<sup>90</sup> Als *Kanban* wird sowohl die Steuerung mittels eines selbststeuernden Regelkreises als auch die Informationsträger dieser Steuerung, wie Karten oder Behälter, bezeichnet. Zur Trennung dieser Begriffe wird in dieser Masterarbeit eine gesonderte Schreibweise (*Kanban* bzw. *kanban*) verwendet.

<sup>91</sup> Vgl. Becker (2008) S. 83 ff.

<sup>92</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 12 ff.

<sup>93</sup> Vgl. Jacobi et al. (2002), S. 48.

<sup>94</sup> Quelle: Vgl. Geiger et al. (2003), S. 13.

Supermarktes folgt. Ware wird von Kunden entnommen, in Folge dessen ein Signal zum Auffüllen des Regals erscheint und die Ware wird entsprechend nachgeliefert.<sup>95</sup> Wenn Optimierungen der Strukturen in einer Fertigung durch *Kanban* angestrebt werden, ist daher das Ziel eine flexible Produktion auf Basis des tatsächlichen Kundenbedarfs.<sup>96</sup>

Als wesentliche Merkmale einer Steuerung durch *Kanban* gelten:<sup>97</sup>

- Die Ausrichtung der Fertigung nach einem realen Bedarf.
- Die Steuerung erfolgt dezentral durch den Werker vor Ort.
- Durch *Kanban* soll die Vermeidung von Verschwendung wie Überproduktion erzielt werden.
- Eine kontinuierliche Verbesserung und Anpassung der Regelkreise ist anzustreben.

Die positiven Ergebnisse auf logistische Zielgrößen, die durch selbststeuernde Regelkreise erzielt werden sollen, sind unter anderem:<sup>98</sup>

- Niedrigere Bestände
- Kürzere Durchlaufzeiten
- Höhere Flexibilität und
- Höhere Lieferfähigkeit.

Die Vorteile eines selbststeuernden Regelkreises durch *Kanban* lassen erkennen, weshalb dieses System in Unternehmen immer häufiger zur Anwendung kommt. Um diese positiven Einflüsse zu erzielen, ist u. a. die Anzahl der *kanbans* zwischen Quelle und Senke und die *Losgröße* für die unterschiedlichen Teile zu bestimmen.<sup>99</sup> Diese Größen sind nach Untersuchung des Prozesses festzulegen, worauf im nächsten Abschnitt eingegangen wird.

## 4.2 Vorgehen bei der Einführung von *Kanban*

Für jede Prozesskette ist eine geeignete *Kanban*-Steuerung auszulegen. Es gibt für unterschiedliche betriebliche Situationen vielfältige Möglichkeiten zur Gestaltung eines *Kanban*. Des Weiteren gibt es verschiedene Arten von *Kanban*, wonach ein System ausgelegt werden kann. Für eine erfolgreiche Einführung von *Kanban* hat sich ein schrittweises Vorgehen bewährt. Folgender Leitfaden empfiehlt sich dafür:<sup>100</sup>

- Überprüfung der *Kanban*-Fähigkeit
- Regelkreise auswählen und festlegen
- *Kanban*-Größen berechnen

<sup>95</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 14.

<sup>96</sup> Vgl. Seebauer (2008), S. 30.

<sup>97</sup> Vgl. Záh (2007), S.185.

<sup>98</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 10.

<sup>99</sup> Vgl. Sarker et al. (1999), S. 284.

<sup>100</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 149 ff.; Geiger et al. (2003), S. 22.



- Hilfsmittel auswählen (Karten, Behälter, Lager, Bereitstellungsflächen etc.)
- Mitarbeiter qualifizieren
- Pilot durchführen
- Evaluierung des Testlaufes
- Roll-Out
- Optimierung

#### 4.2.1 Überprüfung der *Kanban*-Fähigkeit

*Kanban* eignet sich besonders für Teile mit hohem Wertanteil und guter Vorhersagegenauigkeit, mit geringen Schwankungen der Nachfrage und wenig Sonderanforderungen.

Zur Überprüfung der *Kanban*-Tauglichkeit sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:<sup>101</sup>

- **Verbrauchsverlauf:** Es bietet sich an, eine XYZ-Analyse durchzuführen um die zu betrachtenden Artikel nach ihrem Verbrauch zu klassifizieren. Auf Basis einer XYZ-Analyse kann man Aussagen über die Vorhersagegenauigkeit eines Artikels treffen:
  - X-Teile: konstanter Verbrauch, nur gelegentliche Schwankungen, hohe Vorhersagegenauigkeit
  - Y-Teile: trendmäßiger Verbrauch, saisonale Schwankungen, mittlere Vorhersagegenauigkeit
  - Z-Teile : unregelmäßiger Verbrauch, niedrige Vorhersagegenauigkeit
- **Produkteigenschaften:** Eine geringe Anzahl von Artikeln hat meist den größten Verbrauchswert. Die ABC-Analyse stellt eine Möglichkeit dar, diese Artikel z.B. nach folgender Einteilung zu klassifizieren:
  - A-Teile: ca. 20% der Artikel haben einen Wertanteil von ca. 80% der Artikel
  - B-Teile: ca. 30% der Artikel haben einen Wertanteil von ca. 15% der Artikel
  - C-Teile: ca. 50% der Artikel haben einen Wertanteil von ca. 5% der Artikel

Außerdem sollten weitere Eigenschaften eines Produktes berücksichtigt werden wie z.B. Entwicklungsstand, Größe, Form, Gewicht, Handling.

- **Fertigung:** Des Weiteren sind das Fertigungsverfahren, Durchlaufzeiten, Rüstzeiten, Auslastung, Kapazitäten und Personal zu betrachten.
- **Qualität:** Um so wenig Nacharbeit wie möglich durchführen zu müssen, sind alle Qualitätsanforderungen streng einzuhalten und gegebenenfalls Schwachstellen von Beginn an zu berücksichtigen und auszubessern.
- **Informationsfluss:** Je einfacher und schneller der Informationsfluss gestaltet ist, desto leichter kann eine Einführung von *Kanban* erfolgen.
- **Materialfluss:** Diesbezüglich sind unter anderem Lieferanten, Verbraucher, zurückgelegte Wege und die Dauer des Transports zu berücksichtigen.

<sup>101</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 22 ff.

Es ist nicht möglich einheitlich festzulegen, in welchem Bereich und welche *Kanban*-Variante am besten geeignet ist. Laut Klevers ist es empfehlenswert weitere Parameter bei der Auslegung eines *Kanban*-Systems mit einzubeziehen. Diese beeinflussen sich häufig auch gegenseitig, wobei jeder Einzelfall gesondert zu betrachten ist:<sup>102</sup>

- **Entnahme und Wiederauffüllung:** Parameter, wodurch Entnahme und Lieferprozesse quantitativ beschreibbar werden z.B. Mengen, Los- und Liefergröße, Häufigkeit, zeitliche Verteilung.
- **Beschaffenheit der Teile:** Größe, Geometrie, Gewicht, Handhabbarkeit, Beschaffenheit des Ladungsträgers.
- **Beschaffenheit des Transportkreislaufes:** Entfernung zwischen Abnehmer, *Kanban*-Lager und Zulieferer, Lagerung zentral oder am Arbeitsplatz, Organisation des Transports, Art des Weges.
- **Beschaffenheit der beteiligten Prozesse:** Verschmutzung des Prozesses, Wärmeeinfluss, notwendige Sauberkeit der Teile.

Alle Parameter sind für jeden Anwendungsfall separat zu betrachten. Erst wenn eine Überprüfung aller Teile erfolgt ist, kann man eine Variante auswählen. Dabei ist die gegenseitige Beeinflussung der Parameter zu berücksichtigen.<sup>103</sup>

Für viele Teile kann man nicht sofort zweifelsfrei sagen, ob sie *kanban*-tauglich sind. Erst nach eingehender Prüfung aller Parameter und unter Berücksichtigung der vorherrschenden Einschränkungen kann eine Entscheidung getroffen werden.

Des Weiteren ist der Zulieferprozess ein wichtiges Entscheidungskriterium. Teile sind immer in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität und genau zum benötigten Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen. Daher ist die Verlässlichkeit des Zulieferprozesses ein entscheidender Faktor.<sup>104</sup>

#### 4.2.2 Regelkreise auswählen und festlegen

Nachdem Teile ausgewählt wurden, die für *Kanban* geeignet sind, sind in weiterer Folge Regelkreise zu definieren. Dafür sind vor allem die Prozesse innerhalb der Fertigung oder des betroffenen Fertigungsbereiches zu analysieren und die Abläufe genau nachzuvollziehen. Die Vollständigkeit und Korrektheit des Prozesses sind zu überprüfen und, wenn notwendig, anzupassen und zu optimieren. Auf Basis dieser Auswahl sind Regelkreise zu definieren, die mittels *Kanban* gesteuert werden.<sup>105</sup>

---

<sup>102</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 59 ff.

<sup>103</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 60.

<sup>104</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 60ff.

<sup>105</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 32 f.

### 4.2.3 Kanban-Größen berechnen

Wesentlich für die Auslegung einer Kanban-Steuerung sind folgende Größen:<sup>106</sup>

- **Optimale Losgröße**

Zur Berechnung der optimalen Losgröße bietet sich die klassische Losgrößenformel nach Andler an. Zu Berücksichtigen ist dabei, dass es sich um einen Optimums-Wert handelt und diverse Gegebenheiten in einer Produktion nicht berücksichtigt werden. Diese sind anhand empirischer Untersuchungen mit einzu-beziehen. Zur Berechnung der optimalen Losgröße nach Andler wird folgende Formel verwendet:<sup>107</sup>

$$x_0 = \sqrt{\frac{2 * M * a}{p * Z}} \quad (\text{Formel 1})$$

$x_0$  ... optimale Bestellmenge

M...Bedarfsmenge pro Periode

p...Einstandspreis je Mengeneinheit

a...auftragsfixe Kosten

Z...Lagerkostensatz in %

- **Wiederbeschaffungszeit (WBZ)**

Unter der Wiederbeschaffungszeit versteht man den Zeitraum von der Auftragsauslösung bis zur tatsächlichen Verfügbarkeit eines Materials, Produktes oder Teils. Sie ist anhand von Zeitaufnahmen vor Ort oder durch einen Durchschnittswert von benötigten Zeiten über eine Periode zu bestimmen. Die Zeiten sollten als realistisch gelten.

- **Sicherheitsbestand (SB)**

Es ist eine Art Sicherheitsbestand einzuführen. Dieser Sicherheitsbestand soll einer definierten Losgröße pro Behälter bzw. Karte oder einem Vielfachen davon entsprechen. Dieser sollte zur Sicherheit immer am Lager liegen, damit nie ein Lagerstand von Null erreicht wird und so Schwankungen ausgeglichen werden können. Vom Sicherheitsbestand sollte erst entnommen werden, wenn eine Nachproduktion oder –beschaffung bereits gestartet ist. Dies ist durch den gezielten Einsatz von Regeln zu gewährleisten.

- **Maximale Bestandsmenge**

Als maximale Bestandsmenge gilt der Wert, der als maximaler Bestand in einem Kanban-Kreislauf vorhanden sein kann.

<sup>106</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 33.

<sup>107</sup> Vgl. Ehrmann (2005), S. 193 f.

- **Kanban-Standardmenge (SM)**

Im Optimalfall entspricht die *Kanban*-Standardmenge der Menge, die genau in einen Behälter passt und der optimalen Losgröße entspricht. Meist wird aber eine bestimmte Anzahl von *kanbans* gesammelt um die optimale Losgröße zu erreichen und dann erst ein Nachfüllen der benötigten Menge ausgelöst.

- **Anzahl der Kanbans**

Dieser Wert kann anhand einer Formel berechnet werden, die den durchschnittlichen Bedarf, die zuvor errechnete *Kanban*-Standardmenge, die Wiederbeschaffungszeit sowie einen Sicherheitsfaktor enthält. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:<sup>108</sup>

$$\text{Anzahl\_kanbans} = \frac{(SM + (TV * WBZ) + SB)}{SZ} \quad (\text{Formel 2})$$

SM...Losgröße, die die Nachproduktion auslöst = optimale Losgröße

TV...durchschnittlicher Verbrauch pro Tag (in Stück)

WBZ...Durchschnittliche Wiederbeschaffungszeit in Tagen

SB...Sicherheitszuschlag, -bestand

SZ...Stückzahl pro Behälter

Im Praxisteil und im Anhang 6 wird auf die Berechnung auf Basis dieser Formel weiter eingegangen.

#### 4.2.4 Hilfsmittel festlegen

Abhängig von der betrieblichen Situation sind entsprechende Hilfsmittel festzulegen. Meist lässt sich anhand der Auswahl der Hilfsmittel die Art bzw. Ausführung des *Kanbans* bestimmen. Die Gestaltungsmöglichkeiten und Ausprägungen von *Kanban* können auf unterschiedlichste Weise gestaltet werden. Folgende Möglichkeiten zur Gestaltung von *Kanban*-Systemen können laut Klevers unterschieden werden.<sup>109</sup>

##### **Signal-Kanban**

Ein Abnehmer entnimmt so lange Teile aus einem Lager für *Kanban*-Artikel bis ein Signal erscheint. Dieses Signal wie z. B. eine Lampe, wird für den Zulieferer sichtbar. Dieses Zeichen zeigt an, dass Teile nachgefüllt werden müssen. Diese Art eines selbststeuernden Regelkreises dient häufig als Steuerung für Hilfs- und Betriebsstoffe, deren Verbrauch schwankend ist.

##### **Karten-Kanban**

Eine Karte wird an der Verbrauchseinheit direkt oder am Behältnis selbst befestigt. Wenn Teile entnommen bzw. verbraucht werden, wird die Karte entfernt und an einem definierten Sammelplatz abgelegt. Nach einem festgelegten Ablauf werden die Karten zum Lieferanten gebracht. Dieser erhält dadurch die Informationen die Teile am Arbeitsplatz wieder aufzufüllen. Einen Ablauf konkret zu definieren, ist besonders wichtig.

<sup>108</sup> Vgl. Bite (2011).

<sup>109</sup> Vgl. Klevers (2009), S.43 ff.

Darin muss festgelegt sein, wo sich die Karten befinden, in welchem Rhythmus die Karten einzusammeln sind und wie sie vom Verbraucher zum Lieferanten kommen. Es wird nicht zwingend bei jeder Karte nachproduziert. Meist wird eine bestimmte Anzahl von Karten gesammelt, bis sich eine optimale Losgröße ergibt. Des Weiteren steht eine Karte nicht unbedingt für ein Teil, sondern es wird üblicherweise eine bestimmte Anzahl an Teilen pro Karte definiert. In vielen Fällen ist es nicht möglich, an jedem Teil eine Karte zu befestigen z. B. weil die Verbrauchsmenge zu groß ist und dadurch die Anzahl der Karten nicht mehr handhabbar wäre. Hierbei ist es besonders wichtig, richtige Parameter wie Losgröße oder Anzahl der Karten bereits vor der Einführung des *Kanban*-Systems festzulegen. Die Anzahl an Teilen, die für eine Karte steht, ist als konstante Losgröße anzusehen. Die Karte ist in dieser Auslegungsvariante von *Kanban* als zentraler Informationsträger zu betrachten. Neben dem Informationsgehalt der Karte ist auch die Gestaltung dieser wichtig. Abhängig davon in welcher Umgebung die Karte eingesetzt wird, sind Größe, Farbe, Form und Material der Karte auszuwählen.

Die Umsetzung eines selbststeuernden Regelkreises erfolgt häufig durch Karten, da es eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten gibt. Es ist von Beginn an wichtig, den Ablauf fehlerfrei zu gestalten, richtige Hilfsmittel zu verwenden, den Informationsgehalt und die Gestaltung der Karten korrekt zu bestimmen oder eine zeitliche und mengenmäßige Abgrenzung festzulegen.

### **Behälter-Kanban**

Eine weitere Gestaltungsmöglichkeit für *Kanban* stellt ein System mit Behältern dar. Hierbei ist das Zeichen zur Wiederauffüllung ein entleerter Behälter. Es erfolgt eine Entnahme von Teilen (z. B. Schrauben) bis der Behälter leer ist. Sobald dies der Fall ist, wird er auf einem definierten Platz gestellt. Von dort wird der Behälter geholt und muss nachgefüllt werden. Da jedoch, sobald der Behälter geleert wird, keine Teile mehr am Arbeitsplatz zur Verfügung stehen würden, wird ein Behälter-*Kanban* immer mit mindestens zwei Behältern ausgeführt. Es wird zunächst aus dem vorderen Behälter entnommen bis dieser leer ist. Danach steht immer noch ein zweiter Behälter zu Verfügung um Teile zu entnehmen, während der Lieferant den leeren Behälter wieder auffüllt. Die Anzahl der Teile in den Behältern muss so festgelegt sein, dass es während der Dauer der Wiederauffüllung nicht zu Engpässen kommt.

Weitere physische Hilfsmittel, die neben Karten oder Behälter benötigt werden, sind unter anderem ein *Kanban*-Briefkästen, ein *Kanban*-Board oder Bereitstellungsflächen. Ein *Kanban*-Briefkasten wird zur Sammlung der Karten genutzt. *Kanban*-Karten werden dort eingeworfen und nach der Entleerung des Kastens werden diese zum wieder-auffüllen gebracht. *Kanban*-Boards dienen zur Sammlung und Ordnung der *Kanban*-Karten am Arbeitsplatz des Zulieferers. Fix definierte und markierte Bereitstellungsflächen dienen zur systematischen Abarbeitung der *Kanban*-Aufträge, Verwechslung zu vermeiden und Ordnung zu halten.<sup>110</sup> Des Weiteren wird ein *kanban*-fähiges Regal benötigt, welches sicherstellt, dass nach dem Prinzip First-In-First-Out ein- und ausgelagert wird.

<sup>110</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 76; Geiger et al. (2003), S. 38 ff.

### **e-kanban – eine Alternative**

Eine weiterentwickelte Möglichkeit eine Fertigung mittels *Kanban* zu steuern, stellt das so genannte *e-kanban* oder elektronische *Kanban* dar. Wenn der Informationsaustausch mit physischen Hilfsmitteln nicht mehr möglich oder zu aufwändig ist, kann ein klassisches *Kanban* an seine Grenzen stoßen. Gründe dafür können unter anderem eine Vielzahl von unterschiedlichen Karten sein, die benötigt würden und deren Handhabung nicht mehr durchführbar wäre. Einen wesentlichen Vorteil bietet *e-kanban* auch, wenn sich der Lieferant nicht innerhalb des Werkes befindet und die Rückführung der Karten zu lange dauern würde. Durch *e-kanban* kann die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Mengen überprüft und auch später noch nachvollzogen werden.<sup>111</sup> Eine elektronische Ab- bzw. Nachbildung des Systems kann in diesen Fällen eine Lösung sein. Dies kann vollständig oder teilweise erfolgen. Ein Problem dabei stellt allerdings die Transparenz und Übersichtlichkeit des Informationsflusses sowie die Flexibilität für Änderungen dar, die dabei verloren gehen. Karten-Kanbans gelten den Transport und das Handling betreffend als unproblematisch. Wenn die Mitarbeiter ausreichend qualifiziert sind, stellt die Fertigungssteuerung durch ein physisches *Kanban* kaum Schwierigkeiten dar. Einzig der Verlust der Karte ist problembehaftet, wobei für solche Fälle vorübergehende Ersatzkarten zum Einsatz kommen können, während eine entsprechende Karte nachgedruckt wird. Änderungen und Anpassungen können problemlos erfolgen, da keine festen Strukturen geschaffen werden. Bei einem elektronischen *Kanban* hingegen, sind gegebenenfalls Leitungen zu verlegen oder zusätzlich Geräte zu installieren. Darüber hinaus steigt die Gefahr von Problemen in den EDV-Anwendungen, die benötigt werden. Wesentlich hierbei ist, dass es zum physischen Materialfluss keinen direkten Bezug gibt. Wenn Störungen auftreten, werden diese nur schwer und zeitversetzt erkannt. Das bedeutet, dass die Steuerung über ein *e-kanban* wesentlich anfälliger für Abweichungen und Störeinflüsse ist. Daher ist ein elektronisches *Kanban* meist mit einem höheren Sicherheitsbestand auszustatten. Es ist wichtig für die Entscheidung, welches *Kanban* für den Einzelfall geeignet ist, alle Vor- und Nachteile genau abzuwägen. Häufig zeigt sich, dass *e-kanban* wenige Vorteile gegenüber einem klassischen *Kanban* bietet. Als Nachteile sind vor allem die geringere Transparenz, die geringere Flexibilität und die höhere Störungsanfälligkeit zu beachten. Es gibt allerdings Fälle, für die ein elektronisches *Kanban* durchaus sinnvoll ist. Jedenfalls sollte jedoch der Start des Piloten mit einem klassischen *Kanban* erfolgen, damit für alle Beteiligten die Wirkungsweise von *Kanban* nachvollziehbar ist.<sup>112</sup>

Des Weiteren unterscheidet man grundsätzlich zwei Ausführungen von *Kanban*:<sup>113</sup>

#### **Ein - bzw. Zwei - Kreis *Kanban***

Bei den bereits erklärten Möglichkeiten zur Auslegung eines *Kanban*-Systems handelt es sich um Ein-Kreis-Systeme. Abnehmer und Lieferant stehen über einen einzigen Kreislauf in Beziehung zueinander. Dem Abnehmer stehen dabei die Teile direkt vor Ort am Arbeitsplatz oder in unmittelbarer Nähe in einem *Kanban*-Lager zur Verfügung. Wenn es sich um eine überschaubare Anzahl von Teilen handelt, können diese durch einen *Kanban*-Kreislauf wie oben beschrieben gesteuert werden. Für Gegebenheiten wie hohe Variantenvielfalt, mengenmäßige und zeitliche Schwankungen oder aufgrund

<sup>111</sup> Vgl. Junior et al. (2009), S. 19.

<sup>112</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 155 ff.

<sup>113</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 53 ff.

der Geometrie oder des Gewichtes der Teile kann ein Ein-Kreis-System weniger geeignet sein, da es zum Beispiel zu Platzproblemen kommen kann. Wenn es die räumlichen Gegebenheiten oder die Menge an Teilen nicht zulassen, diese direkt vor Ort oder in der Nähe zu lagern, bietet sich alternativ ein Zwei-Kreis-System zur *Kanban*-Steuerung an. Dabei signalisiert der Verbraucher einem so genannten Produktionsversorger, dass ein bestimmtes Teil benötigt wird. Teile werden daher nicht direkt entnommen, sondern das Signal, z. B. eine Karte, gibt an, wann und in welcher Menge ein Teil oder ein Material am Arbeitsplatz vorhanden sein muss. Dies dient dem Produktionsversorger als Information, Teile aus einem *Kanban*-Lager zu entnehmen und an den Ort des Verbrauches zu bringen. Durch die Entnahme aus dem Lager wird der zweite Kreislauf gestartet. In weiterer Folge wird erneut ein Signal ausgelöst, das einem Lieferanten anzeigt, dass das Lager wieder aufgefüllt werden muss.

Die Abläufe innerhalb eines Zwei-Kreis-Systems müssen aufwendiger organisiert werden als die eines Ein-Kreis-Systems. Wichtig ist den zeitlichen Ablauf zwischen Bedarfsmeldung und Lieferung klar zu regeln. Es muss sichergestellt sein, dass dem Verbraucher innerhalb einer definierten Zeit das Material am Arbeitsplatz zur Verfügung steht. Der Verbraucher muss seinerseits die Materialverfügbarkeit so überprüfen, dass er auch ohne zusätzliche Teile arbeiten kann, während der Zeit, die der Produktionsversorger zum Wiederauffüllen braucht. Die Steuerung der zwei Regelkreise kann auch durch *e-kanban* erfolgen.

Die beiden Kreise können auch als **Transport-** und **Produktions-Kanban** bezeichnet werden. Bei Ersterem löst eine Karte den Transport von Teilen aus und ist Informationsträger zwischen Verbraucher und Zwischenlager. Im zweiten Kreislauf wird eine Nachproduktion von entnommenen Teilen veranlasst. Ein *Transport-Kanban* muss aber nicht zwingend mit einem *Produktions-Kanban* verknüpft sein. Häufig wird die Versorgung eines Arbeitsplatzes mittels *Kanban* geregelt, aber das Wiederauffüllen des Lagers erfolgt dispositiv. Der umgekehrte Fall ist ebenfalls möglich. Die Auffüllung eines Lagers wird über ein *Produktions-Kanban* gesteuert jedoch erfolgt die Lieferung an den Verbraucher nach einer anderen Systematik, z.B. dispositiv.<sup>114</sup>

#### 4.2.5 Mitarbeiter qualifizieren

Neben der Auswahl der bereits erwähnten Einflussgrößen und der Hilfsmittel ist die Qualifikation der Mitarbeiter entscheidend. Eine zuverlässige Prozessbeherrschung ist ausschlaggebend für die *Kanban*-Tauglichkeit. Wenn es notwendig erscheint, sind Anpassungen von einzelnen Parametern wie die Beschaffenheit des Transportkreislaufes oder die Beschaffenheit der beteiligten Prozesse vorzunehmen, um Voraussetzungen für *Kanban* zu erfüllen, wobei gegebenenfalls auf eine Abhängigkeit von Parametern zu achten ist.<sup>115</sup>

In weiterer Folge ist es unerlässlich die Mitarbeiter und insbesondere die direkt Beteiligten für die Veränderungen zu sensibilisieren. Durch ein ganzheitliches Verständnis und eine abteilungsübergreifende Denkweise sind die Vorteile von *Kanban* aufzuzeigen. Den Mitarbeitern wird mehr Verantwortung übertragen. Deshalb ist es besonders wichtig zu wissen, warum die Regeln einzuhalten sind. Der Mensch steht im Mittel-

<sup>114</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 37.

<sup>115</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 60ff.

punkt dieses Systems, weshalb auch besonders auf die Schulung und Qualifizierung Rücksicht genommen werden muss. Es bietet sich an, zur Veranschaulichung des Ablaufes von *Kanban* Planspiele durchzuführen, welche entsprechend der vorherrschenden Situation ausgerichtet werden können. Des Weiteren erhält der Disponent neue bzw. veränderte Aufgaben. Ebenso verändert sich das Handlungsfeld des Werkers.<sup>116</sup>

#### 4.2.6 Pilot durchführen

Nachdem alle Rahmenbedingungen für die Einführung eines *Kanban*-Systems festgelegt sind, sollte zu Beginn ein Pilotbereich bestimmt werden, in dem das neue System eingeführt und in einem Testlauf erprobt wird. Es ist bereits in dieser ersten Einführungsstufe unumgänglich konkrete Regeln zu definieren. Damit ein *Kanban*-System funktioniert, sind diese unbedingt einzuhalten. Wesentliche *Kanban*-Regeln sind:<sup>117</sup>

- Es darf von der verbrauchenden Stelle nie mehr bestellt werden als notwendig ist und nie zu einem früheren Zeitpunkt.
- Es darf niemals mehr produziert werden als notwendig, nie bevor eine Bestellung eintrifft, nicht verzögernd und es muss immer in geforderter Qualität produziert werden.
- Der Transport darf nur in dafür vorgesehenen Behältern erfolgen ebenso die Lagerung auf definierten Plätzen.
- Es darf keine geheime Anhäufung von Material oder Beständen geben.
- Die Anzahl der *kanbans* darf nicht verändert werden. Eine planende Stelle ist zuständig für einen Ausgleich von Belastungen und Kapazitäten (mittel- und langfristig) und schleust dafür Karten in den Regelkreis ein oder aus.

Regeln sind notwendig um die Funktionsfähigkeit eines Systems wie *Kanban* sicherzustellen. Es ist wichtig, dass von allen Beteiligten die Notwendigkeit der Regeln erkannt wird und diese nicht als Schikane angesehen werden. Von Vorteil erweist sich, die Regeln zu visualisieren.<sup>118</sup>

Elementar ist, dass eine *Kanban*-Karte ein Dokument ist. Gleichzeitig stellt die Karte einen Materialschein sowie einen Fertigungsauftrag dar bzw. ist das Signal einen Auftrag auszulösen ist. Des Weiteren ist ein *Kanban*-Verantwortlicher festzulegen. Dieser hat die Erlaubnis, zusätzliche Karten in Umlauf zu bringen, abzuziehen oder den Druck von Ersatzkarten zu veranlassen. Die Anzahl der Karten ist ein Indikator für den Bestand und in weiterer Folge auch für Kosten. Daher ist das Einspeisen und Abziehen von Karten auch ein wesentlicher Bestandteil des Regelwerkes von *Kanban* und muss sorgfältig gehandhabt werden. Es müssen außerdem weitere Faktoren bei der Auslegung von *Kanban*-Regeln berücksichtigt werden wie z. B. die gewählten *Kanban*-Parameter, Hilfsmittel, eventuell Änderungen im Layout und Mitarbeiterschulung.

#### 4.2.7 Evaluierung

Die durch den Pilot erzielten Ergebnisse sind laufend zu evaluieren und es sind gegebenenfalls Korrekturen und Anpassungen der Prozesse durchzuführen. Dabei ist darauf zu achten, dass nicht zu viele Änderungen vorgenommen werden, damit der Pro-

<sup>116</sup> Vgl. Geiger et al. (2003), S. 50 ff.

<sup>117</sup> Vgl. Schönsleben (2002), S. 277; Geiger et al. (2003), S. 44.

<sup>118</sup> Vgl. Schönsleben (2002), S. 277; Geiger et al. (2003), S. 44.



zess nicht überlastet wird. Diese Veränderungen sind schrittweise, z. B. auf Basis des PDCA-Zyklus, vorzunehmen.<sup>119</sup>

#### 4.2.8 Roll-Out

Wenn auf Basis der Evaluierung Änderungen am Prozess vorgenommen worden sind, kann eine *Kanban*-Steuerung auch auf weitere Bereiche ausgedehnt werden. Voraussetzung dafür ist eine Stabilisierung und Standardisierung des Prozesses, um später Fehler zu vermeiden und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu unterstützen.<sup>120</sup>

#### 4.2.9 Optimierung

Trotz eines neu eingeführten Systems zur Produktionssteuerung ist es unumgänglich, permanent Optimierungen anzustreben und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess voranzutreiben. Optimierungsmöglichkeiten innerhalb eines *Kanban*-Systems sind unter anderem in Bezug auf Bestände, Handhabung und Ablauf möglich, z. B. durch eine Reduktion der Kartenanzahl. Des Weiteren kann eine Reduktion der Wiederbeschaffungszeit sowie eine Verringerung der *kanbans* angestrebt werden.<sup>121</sup>

#### 4.2.10 Zusammenfassung der Vorgehensweise zur Einführung von *Kanban*

Es bietet sich an, die Einführung einer *Kanban*-Steuerung nach dem PDCA-Zyklus zu gestalten. Im ersten Schritt ist die Eignung eines Systems für *Kanban* zu überprüfen. Wenn ein Prozess als geeignet erscheint, ist in der Planungsphase die Auslegung der Parameter, Größen, Regelkreise und Hilfsmittel zu bestimmen. Darüber hinaus ist die Art des *Kanban* festzulegen. Des Weiteren sind die Mitarbeiter mit der Neuerung vertraut zu machen und zu schulen. Die Umsetzung ist zunächst für einen ausgewählten Pilotbereich durchzuführen, wobei diese laufend zu beobachten und zu evaluieren ist. Auf Basis der Erfahrungen und der Evaluierungen des Piloten sind erste Verbesserungen anzustreben und umzusetzen, da für den Roll-Out die Stabilität eines Systems Voraussetzung ist. Da der PDCA-Zyklus einen Kreislauf darstellt, ist mit dem Roll-Out der Prozess nicht abgeschlossen. Es ist wichtig weitere Optimierungsmaßnahmen anzustreben und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess voranzutreiben.

### 4.3 Kritische Betrachtung von *Kanban*

*Kanban* ist besonders für Teile oder Systeme mit geringen Nachfrageschwankungen, hohem Wertanteil, häufiger Auftragswiederholung und guter Vorhersagegenauigkeit geeignet.<sup>122</sup> Systeme, die anderen Gegebenheiten, wie einer instabilen Bearbeitungszeit, nicht-standardisierten Prozessen, langen Rüstzeiten, einem variantenreichen Artikelspektrum, schwankender Nachfrage sowie Unsicherheiten in der Rohmaterialversorgung unterliegen, erscheinen für *Kanban* ungeeignet oder der Aufwand, ein geeignetes System auszulegen, erscheint nicht sinnvoll.<sup>123</sup>

<sup>119</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 150 f.

<sup>120</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 151.

<sup>121</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 151.

<sup>122</sup> Vgl. Schönsleben (2002), S. 275.

<sup>123</sup> Vgl. Junior et al. (2009), S. 13.

Da für jeden Anwendungsfall eine andere Auslegung vorzunehmen ist, ist der Aufwand für die Vorbereitungen vor der Einführung von *Kanban* nicht zu unterschätzen. Zum einen muss Personal bereitgestellt werden, um die Planung, Vorbereitung und Umsetzung durchzuführen. Es sind Schulungen durchzuführen, um alle Mitarbeiter entsprechend zu qualifizieren. Während der Pilotphase ist das System zu evaluieren und anschließend der Roll-Out durchzuführen. Auch nach der Einführung des Systems ist es laufend zu überwachen und anzupassen. Dies umfasst die Betreuung und Optimierung des Systems. Zum anderen sind Investitionen für die notwendigen Hilfsmittel zu tätigen. Dies beinhaltet unter anderem Karten, Behälter und ein *Kanban*-Board. Meist wird zusätzlich aber auch ein Regalsystem benötigt, das einen FIFO-gerechten Ablauf von *Kanban* sicherstellt.<sup>124</sup>

Es kommt vor, dass der Widerstand der Mitarbeiter zu einem Scheitern der *Kanban*-Steuerung führt. Wenn Regeln nicht eingehalten werden und beispielsweise produziert wird, obwohl kein auslösendes Signal vorhanden ist, hängt dies meist nicht mit mangelnder Disziplin der Mitarbeiter zusammen. Vielmehr wurden sie möglicherweise zu wenig geschult oder es wurde ihnen die Wichtigkeit der Regeln und die Vorteile dieser Steuerung nicht deutlich genug aufgezeigt.<sup>125</sup>

Wenn allerdings die Auswahl der Teile, die Auslegung der Parameter, das Festlegen der Regelkreise und die Schulung der Mitarbeiter korrekt durchgeführt wurden und KVP ein Bestandteil der laufenden Fertigungssteuerung darstellt, bringt *Kanban* viele Vorteile mit sich.<sup>126</sup>

#### 4.4 Vorteile selbststeuernder Regelkreise

Wie in den vorhergehenden Abschnitten bereits aufgezeigt, werden durch den Einsatz selbststeuernder Regelkreise (z. B. *Kanban*) Schwächen klassischer Planungsinstrumente (z. B. MRP II) ausgeglichen. Zusammenfassend sollen hier nochmals die Vorteile selbststeuernder Regelkreise zur Produktionssteuerung angeführt und dispositiven Systemen gegenübergestellt werden:<sup>127</sup>

- Durch die Regeln, die notwendigerweise festgelegt und die zwingend eingehalten werden müssen, werden Standards gesetzt. Diese werden durch die Visualisierung der Regeln von den Mitarbeitern leichter verinnerlicht.
- Im Gegensatz zu klassischen PPS-Systemen sind eine kontinuierliche Ermittlung des Bedarfs und eine Rückmeldung der Ressourcenverfügbarkeit nicht nötig.
- Durch die Steuerung erfolgen keine Eingriffe und die Festlegung von zu produzierenden Teilen wird eliminiert.
- Es wird nur nach tatsächlichem Verbrauch produziert.
- Konstante Losgrößen werden definiert, wodurch der Planungsaufwand geringer wird.
- In den laufenden Prozess wird nicht eingegriffen. Das System wird nur beobachtet und überwacht.

<sup>124</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 162f.

<sup>125</sup> Vgl. Becker (2008), S. 86.

<sup>126</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 161.

<sup>127</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 32 ff.

Um den Unterschied zwischen einem klassischen *Kanban*- und einem dispositiven Steuerungssystem ersichtlich zu machen, sollen diese nachfolgend in Tabelle 1 verglichen werden.

Tabelle 1: Vergleich dispositive und *Kanban*-Steuerung<sup>128</sup>

<b>Dispositive Steuerung</b>	<b><i>Kanban</i> Steuerung</b>
Bedarfe ermitteln: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aktuelle Aufträge</li> <li>○ Zukünftige Aufträge</li> </ul>	Einmalig, dann beobachten
Abgleich mit Lagerstand	Nicht notwendig
Abgleich mit in der Produktion befindlichen Aufträgen	Nicht notwendig
WBZ abgleichen	Einmalig festlegen, dann sicherstellen (Standard)
Ressourcenverfügbarkeit überprüfen (3M – Material, Maschine, Mensch)	Verfügbarkeit sicherstellen
Bestellvorschläge erstellen	Nicht notwendig
Produktionsplan erstellen	Nicht notwendig
Fertigungsaufträge erstellen	Einmalig → <i>Kanban</i> (karte)
Rückmeldungen generieren	Nicht notwendig
Planung aktualisieren	Nicht notwendig
	Einmalige Auslegung der Parameter

Häufig liefert die MRP II Logik für einen hohen Koordinationsaufwand der Fertigung keine ausreichenden Lösungen, da unter anderem die Flexibilität eingeschränkt ist. Durch dezentrale Regelkreise kann eine effizientere Wertschöpfung in der Fertigung erfolgen.<sup>129</sup> Durch den geringeren Aufwand ist ein selbststeuernder Regelkreis weitaus flexibler gegenüber Veränderungen als eine dispositive Steuerung. Planungsaufwand entsteht nur beim Aufbau und der Auslegung des Systems und nicht im laufenden Betrieb. Durch eine wohl durchdachte Planung vor der Einführung können Störungen von Beginn an vermieden werden und werden nicht wie bei klassischer Fertigungssteuerung erst gemeldet.<sup>130</sup>

<sup>128</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 36 ff.

<sup>129</sup> Vgl. De Schmidt (2004), S. 16.

<sup>130</sup> Vgl. Klevers (2009), S. 38 f.

Diese Vorteile einer *Kanban*-Steuerung führten bei der Firma Hilti auch zu Überlegungen einen Teil der Produktion auf einen selbststeuernden Regelkreis auszurichten. Die nachfolgenden Abschnitte erläutern die Analyse, die Auslegung und Umsetzung von *Kanban* in einer Vorproduktionsstufe der Firma Hilti.

## 5 Analyse der IST-Situation

Um einen Produktionsbereich umstrukturieren zu können, ist es zunächst notwendig den IST-Zustand des bisherigen Prozesses zu erheben. Die Ausgangssituation des festgelegten Pilotbereiches der Firma Hilti soll im folgenden Abschnitt dargestellt werden.

### 5.1 Einführung in das Unternehmen Hilti

Die Brüder Martin und Eugen Hilti gründeten im Jahre 1941 die Maschinenbaufirma Hilti in Schaan im Fürstentum Liechtenstein. Zu Beginn wurden im Lohnauftrag für schweizer Textilunternehmen und deutsche Automobilhersteller diverse Komponenten produziert. 1952 stellte die Firma Hilti ihr erstes Handschlaggerät zum Versetzen von Bolzen her und kurz darauf das erste Schussgerät zur Direktbefestigung. Befestigungstechnik für die Bauindustrie entwickelte sich zusehends zu einem profitablen Standbein und wurde zum Kerngeschäft der Firma Hilti.

Im Jahre 2008 beschäftigte die Hilti AG weltweit annähernd 20 000 Mitarbeiter in 120 Ländern. Obwohl auch Hilti die weltweite Finanzkrise der Jahre 2008/09 zu spüren bekommen hat, ist man heute wieder auf Erfolgskurs. Die Hilti AG ist ein börsennotiertes Unternehmen und im Besitz des Martin Hilti Family Trust.

Das Portfolio der Firma Hilti, welche auch heute noch ihren Hauptsitz in Schaan hat, erstreckt sich neben Direktbefestigungswerkzeugen über die Bereiche Bohr- und Abbruchtechnik, Diamantbohrtechnik, Säge- sowie Schleiftechnik, Werkzeuge und Geräte bis hin in das umfangreiche Sortiment der Befestigungsmaterialien und Montageelemente. Die Produkte der Firma Hilti liegen alle im Premium-Preissegment, da der Anspruch der Kunden an die Qualität sowie an Innovationen und Neuentwicklungen bei Hilti im Vordergrund steht.<sup>131</sup>

#### 5.1.1 Lean@Hilti

Aufgrund dieser hohen Anforderungen an Hilti von Seiten des Marktes ist es besonders wichtig, die Prozesse des Unternehmens so effizient und flexibel wie möglich zu gestalten. Deshalb werden Hilti-weit Initiativen vorangetrieben, das Lean-Gedankengut im Unternehmen zu verbreiten. Es wird großes Augenmerk auf die Verbesserung der Prozesse gelegt, unabhängig davon, ob diese direkt oder indirekt wertschöpfend sind. Jeder Mitarbeiter wird dazu angehalten so genannte KVP's vorzubringen und zu unterstützen. In Anlehnung an Kaizen und dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess, welcher als Methode des Toyota Produktionsprozesses gilt, werden Ideen und Vorschläge zur Optimierung von Prozessen oder von Prozessschritten als KVP's bezeichnet. Diese werden schriftlich festgehalten und für jeden ersichtlich veröffentlicht. Jeder dieser fixierten Ideen folgt eine Umsetzung und ist meist mit einer monetären Einsparung verbunden.

Eine weitere Methode, welche die Verbreitung von Lean im Unternehmen unterstützt, sind 5S-Aktionen. Diese werden sukzessive in jeder Abteilung durchgeführt, um die Mitarbeiter auf Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz aufmerksam zu machen. Dies

---

<sup>131</sup> Vgl. Hilti (2011).

beinhaltet unter anderem das Sortieren und Säubern der Werkzeuge, das Anbringen von Markierungen und den Standard des sauberen Bereiches festzuhalten, z. B. durch ein Foto. Dieses wird im Arbeitsbereich aufgehängt, um auch für bereichsfremde Personen den Standard ersichtlich zu machen.

Die genannten Lean-Initiativen der Firma Hilti seien als Beispiele angeführt. Alle Bestrebungen hinsichtlich Lean anzuführen ist nicht Bestandteil dieser Arbeit und würde den Rahmen dieser übersteigen. Es sei jedoch erwähnt, dass Potentiale auch innerhalb der Abteilung Diamantwerkzeugfertigung der Firma Hilti erkannt und ein Lean-Projekt gestartet wurde, um mit diversen Lean-Methoden wie 5S-Aktionen oder Rüstworkshops Verbesserungen zu erzielen. In weiterer Folge entwickelte sich die Idee auch im Bereich der Sinterei dieser Abteilung mit einem Lean-Ansatz mehr Fluss in die Produktion zu bringen. Im Rahmen der Förderung des Lean-Denkens wird die Einführung von *Kanban* in der Sinterei angestrebt, welche in dieser Arbeit zentrales Thema ist.

### 5.1.2 Verfahrensbeschreibung der Prozesse der Diamantwerkzeugfertigung

Die Abteilung, welche im Fokus der nachfolgenden Ausführungen steht, fertigt Diamantbohrkronen. Diese dienen zum Einbringen von Bohrungen im Durchmesserbereich von 8 mm bis 600 mm in Wände oder Böden. Diamantbohrkronen bestehen grundsätzlich aus einem Stahlrohr, welches einseitig mit einem aufgeschweißten Boden verschlossen und mit einer von verschiedenen Werkzeugaufnahmen versehen ist. Auf der offenen Seite des Rohres, welche zum Bohren verwendet wird, werden gleichmäßig über den Durchmesser verteilt Diamantschneidsegmente oder bei kleineren Durchmessern Diamantringe aufgeschweißt. Dieser Prozess wird als Konfektionierung bezeichnet. Diese Segmente bzw. Ringe werden in einer Vorproduktionsstufe, der Sinterei, aus einer Metall-Diamant-Legierung hergestellt. Ausgangsstoffe dafür sind Metallpulver und Industriediamanten. Verschiedene Metallpulver werden vermischt und in einem Granulationsprozess schüttbar gemacht. Je nach Spezifikation der Segmente bzw. Ringe werden in einem weiteren Schritt das granuliert Pulver und die Diamanten gemischt. Dieses Gemisch wird in weiterer Folge kaltgepresst, um die gewünschte Form zu erlangen. Das resultierende Halbfabrikat wird als Grünling bezeichnet. Anschließend werden die Grünlinge gesintert (heißgepresst) und sandgestrahlt.

## 5.2 Ausgangssituation und Ziele

In der Sinterei wird rein nach dem Push-Prinzip gefertigt. Es werden über ein ERP-System Fertigungsaufträge erstellt und an einer Plantafel in der Sinterei terminiert. Es gibt keine vorgegebene Reihenfolge zur Abarbeitung der Aufträge. Dies hat zur Folge, dass die Fertigung nicht flexibel agieren kann und es zu Verschwendung wie z. B. Überproduktion kommt. Daraus folgt, dass der Bestand der Halbfabrikate weder berechenbar noch geglättet ist. Des Weiteren werden diese Artikel in einer eher chaotischen Anordnung gelagert, was zu Verschwendung in Form von Suchen und Vertauschung führt.

Aufgabe ist es daher eine pull-orientierte Steuerung für einen Pilotbereich innerhalb der Sinterei einzuführen, damit nur nach Verbrauch produziert wird. Als Pilotbereich wird die **Ringlinie** festgelegt. Für diesen Bereich soll die Auslegung und Einführung einer

*Kanban*-Steuerung erfolgen. Ziel ist es, nach den vorherrschenden Gegebenheiten das System geeignet auszulegen und Größen, wie unter anderem Losgröße, die Anzahl der *kanbans* und Behälter, zu definieren. Des Weiteren ist für die Zukunft der neu gestaltete Prozess so zu definieren, dass das System auch nachhaltig erfolgreich zu steuern ist. Ein weiterer Punkt ist die Auslegung eines geeigneten *Kanban*-Lagers, welches dem FIFO-Prinzip zu folgen hat. Potentiale in der Einführung einer *Kanban*-Steuerung wurden vor allem in der Reduktion der Bestände, der Verkürzung der Durchlaufzeiten und der Verringerung des Dispositionsaufwandes gesehen. Wichtig war dabei, technische und qualitative Restriktionen zu beachten, die Produktverfügbarkeit und die Produktion nicht zu beeinflussen sowie die Herstellkosten nicht zu erhöhen. In Abbildung 8 ist der Projektplan zur Einführung einer *Kanban*-Steuerung in der Sinterei ersichtlich.

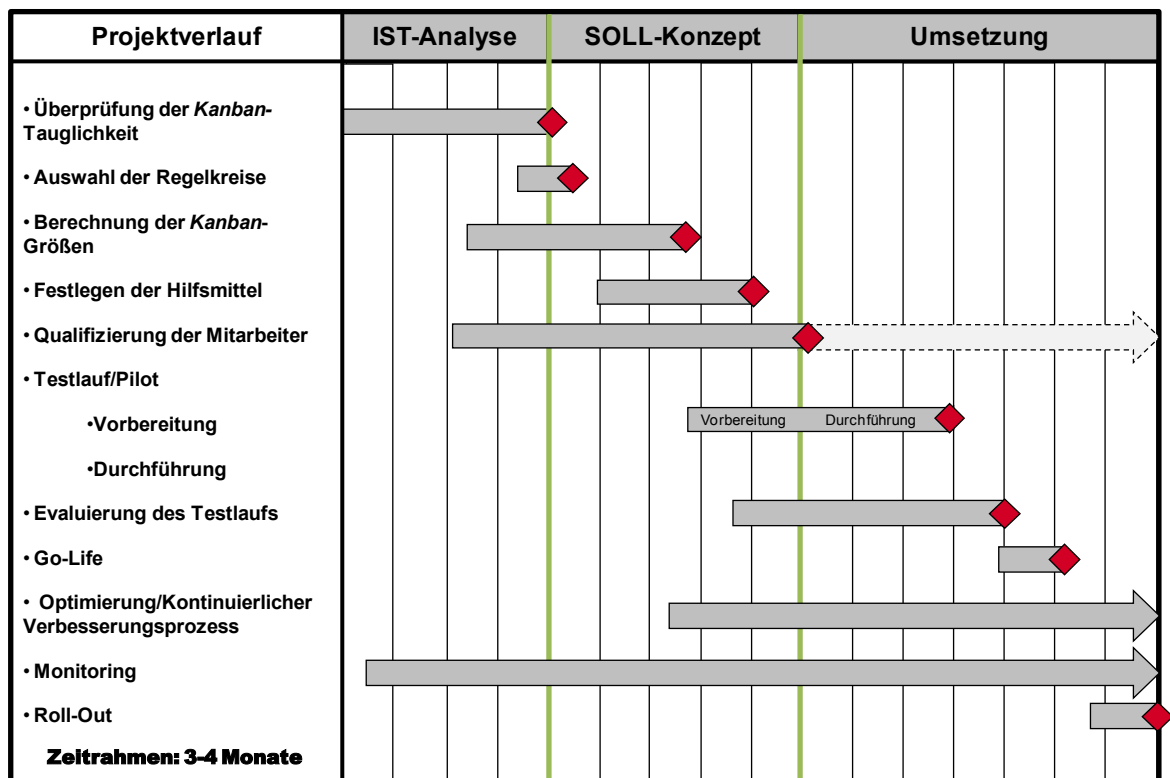


Abbildung 8: Projektplan zur Einführung einer *Kanban*-Steuerung

Als erster Schritt ist der IST-Zustand zu erheben. Hierbei hat anhand der gewonnenen Daten und Informationen eine Überprüfung der *Kanban*-Tauglichkeit zu erfolgen. Wurde festgestellt, dass eine Steuerung durch *Kanban* möglich ist, ist zunächst der *Kanban*-Regelkreis zu definieren. In weiterer Folge können entsprechende *Kanban*-Größen auf Basis der IST-Analyse berechnet werden. Abhängig von den Ergebnissen dieser Berechnungen können Hilfsmittel wie u. a. *Kanban*-Karten und –Behälter ausgewählt werden. Während des gesamten Projektverlaufes sind beteiligte Mitarbeiter zu informieren und zu schulen. Zu Beginn der Umsetzungsphase müssen alle Werker entsprechend ihrer Projektbeteiligung qualifiziert sein. Auf die Qualifizierung und die Disziplin der Mitarbeiter ist jedoch auch nach Projektabschluss zu achten. Nachdem ein SOLL-Konzept erstellt wurde, kann mit der Vorbereitung eines Testlaufes begonnen werden. Ein Testlauf sollte über mehrere Wochen durchgeführt werden, um feststellen zu können, ob die angestrebten Ziele erreichbar sind. Positive als auch negative Ver-

änderungen sind während und nach dem Testlauf zu evaluieren. Auf Basis dieser Evaluierung hat eine Entscheidung über ein Go-Life der *Kanban*-Steuerung zu erfolgen. Bereits im Laufe der SOLL-Konzeptentwicklung ist der ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess anzustreben, welcher auch nach Projektende fortgeführt werden muss. Ein Monitoring logistischer Einflussgrößen, wie z. B. den Bestandsverlauf, ist während des gesamten Projektes zu führen, um Veränderungen rasch zu erkennen und darauf reagieren zu können. Ist die Einführung der *Kanban*-Steuerung erfolgreich, kann ein Roll-Out gegebenenfalls durch Anpassung des Konzeptes auf weitere Bereiche durchgeführt werden. Für dieses Projekt wird ein Zeitrahmen von drei bis vier Monate vorgegeben. Der Projektauftrag, welcher auf Basis der Ausgangssituation und der Zielvorstellungen festgehalten wurde, wird im Anhang 1 angefügt. Das Projektteam bestand aus dem Coach der Sinterei, dem Coach der Logistik, einem Mitarbeiter der Sinterei und einem Disponenten. Die Verfasserin dieser Arbeit wurde als Projektleiterin eingesetzt.

### 5.3 Produktionsplanung und -steuerung bei der Hilti AG

Die Produktionsplanung und -steuerung erfolgt bei der Hilti AG nach dem Push-Prinzip. Es kommt ein ERP-System zum Einsatz. SAP R3 ist das ausführende System zur Steuerung der Fertigung. Für das Tagesgeschäft werden Kunden- und Fertigungsaufträge, Bestellungen und die Terminierung erstellt. Ein Modul des SAP SCM ist das so genannte APO (Advanced Planner and Optimizer). Dort erfolgt die Bedarfsplanung. APO erhält durch ein Core Interface Daten aus dem SAP R3. Es werden dadurch Live-Daten, wie Kundenaufträge, übertragen. Ein Mal pro Nacht erfolgt das Überspielen von Masterdaten. Bedarfe und Bestellanforderungen werden vom APO an das SAP R3 übergeben. Unterstützt werden diese durch ein Business Warehouse (BW) zur Datensammlung und -auswertung.

Die Planung bei Hilti wird durch nationale Marktorganisationen (MO) durchgeführt. Diese sind verantwortlich für den nationalen Vertrieb und für länderspezifische Marketing- und Verkaufsstrategien. In den MOs werden die Bedarfe der einzelnen Hilti-Center (Shops) konsolidiert. Es wird auf Basis von Historienwerten der Bedarfsmengen ein Forecast erstellt, der durch Berechnungen diverser Modelle wie einem linearem Modell oder einem saisonalem Modell unterstützt wird. Die Forecasts der einzelnen MOs treffen in den Werken aufeinander. Dieses Zusammenführen ist sehr komplex, da sich die Werke untereinander beliefern und Bestellungen tätigen. In den Werken werden Abrufelemente erzeugt. Abrufelemente benötigen wiederum ein Zugangselement. Diese werden für einen zukünftigen Termin generiert, der sich aus der Durchlaufzeit und dem Eröffnungshorizont zusammensetzt. Diese Daten stellen reine Plandaten dar und sind noch nicht für eine Ausführung gedacht. Für den Disponenten sind diese eine Meldung, dass zu einem späteren Zeitpunkt ein Auftrag ausgelöst werden muss. Täglich (1-mal pro Nacht) werden diese Daten aktualisiert, dabei wird der laufende Monat und drei weitere Monate in der Zukunft berücksichtigt. Der Disponent sieht, wann ein Bedarf benötigt wird. Er entscheidet, wann welcher Auftrag ausgelöst wird und terminiert diesen dementsprechend.

Diese Plansteuerung führt je nach Genauigkeit des Forecasts zu Über- oder Unterbeständen. Gründe dafür können ungenaue oder unzureichende Historienwerte sein oder die Berechnung durch ein gewähltes Modell ist unzulänglich. Es ist möglich, dass sich



im Durchschnitt nur geringe Schwankungen des Bestandes zeigen. Dies lässt sich aus der Vielzahl an Varianten ableiten, die Hilti produziert. Projektbedarfe stellen ein weiteres Problem dar. Dies ist ein Bedarf, der nur einmal in großer Menge benötigt wird. Wenn diese nach Abarbeitung nicht korrigiert werden, verbleiben sie in der Historie und werden für die neue Forecastberechnung herangezogen. Die Folge ist ein überzogener Forecast und daraus resultierende Überbestände. Die hohe Komplexität, die sich aus der Vielzahl der MOs und ihrer Disponenten ergibt, stellt eine weitere Schwierigkeit dar. Darüber hinaus sind die Fluktuation innerhalb der Disponenten und die damit verbundenen Know-How-Schwankungen hoch. Da die Werke untereinander stark vernetzt sind, werden häufig auch prozessbedingte Losgrößenanpassungen durchgeführt. Dies sind Einflussgrößen, welche den Bullwhip-Effekt fördern und den wesentlichsten Nachteil einer Push-Steuerung darstellen.

Für Hilti war es wichtig, die Sinterei von den durchgereichten Bedarfen der MOs abzukoppeln und die dadurch entstandenen Losgrößen sprünge zu regulieren. Somit sollte die Flexibilität der Sinterei besser ausgenutzt werden.

## 5.4 Prozessdarstellung des IST-Zustandes

Der Prozess, der im Zuge dieses Projektes optimiert werden soll, beinhaltet folgende Schritte: Mischen des Pulvers und der Diamanten – Kaltpressen – Einzelsintern – Sandstrahlen.

Auf die Darstellung, Zeiterhebung sowie Erläuterung der einzelnen Prozessschritte wird im Zuge der Wertstromanalyse näher eingegangen.

### 5.4.1 Wertstromanalyse

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den IST-Zustand eines Prozesses oder einer Fertigung zu erheben. Um vorhandene Gegebenheiten in Hinblick auf Lean aufzuzeigen, wird häufig eine Wertstromanalyse zur Erhebung des IST-Zustandes eingesetzt. Daher wurde auch hier als erster Schritt eine Wertstromanalyse zur Klärung der IST-Situation durchgeführt.

Der Begriff Wertstrom bezeichnet alle Aktivitäten, sowohl wertschöpfend als auch nicht wertschöpfend, welche für ein Produkt notwendig und entscheidend sind, diesem Wert zuzufügen. Hierbei darf nicht vergessen werden, dass der Material- und der Informationsfluss wesentliche Bestandteile einer Fertigung sind. Es sind beide zu verstehen und darzustellen.<sup>132</sup>

Einige Punkte, die zur Durchführung einer Wertstromanalyse hilfreich sind, lauten wie folgt:<sup>133</sup>

- Die Aufnahme der Informationen entlang des Material- und Informationsflusses sollte durch den Verantwortlichen selbst und vor Ort erfolgen.
- Es sollte innerhalb des Prozesses flussaufwärts vorgegangen werden.
- Alle Zeiten sind am besten persönlich mit der Stoppuhr aufzunehmen. Man sollte sich nicht auf Informationen anderer verlassen.

<sup>132</sup> Vgl. Rother et al. (2000), S. 3 ff.

<sup>133</sup> Vgl. Rother et al. (2000), S. 14.

- Der gesamte Wertstrom ist zu skizzieren. Die Skizze sollte ebenfalls selbst und am besten mit Bleistift erfolgen.

Es gibt keine konkret vorgegebenen Symbole zur Darstellung eines Wertstromes. Es haben sich im Laufe der Zeit jedoch Darstellungen ergeben, die in ähnlicher Weise häufig zu finden sind. Des Weiteren sind Prozessgrößen zu definieren, welche entlang des Prozesses aufzuzeichnen und zu vergleichen sind. Für den untersuchten Bereich in der Sinterei bei der Hilti AG wurden folgende Prozessgrößen als ausschlaggebend definiert:<sup>134</sup>

- *Prozesszeit (PZ)* gibt an, wie lange ein Teil oder ein Produkt sich in einem Produktionsprozess befindet = Durchlaufzeit eines einzelnen Produktionsprozesses.
- *Bearbeitungszeit (BZ)* gibt an, wie lange ein Teil oder ein Produkt in einem Produktionsprozess bearbeitet wird = stückbezogene Dauer einer Bearbeitung.
- *Rüstzeit (RZ)* umfasst die Vorbereitungszeit eines Auftrages.
- *Prozessmenge (PM)* sind Bestände sämtlicher Varianten.

#### **Wertstromanalyse des Pilotbereiches und Prozessbeschreibung**

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse der Wertstromanalyse in der Sinterei der Diamantbohrkronenfertigung. Konkret wird der Wertstrom des Pilotbereiches der Ringlinie analysiert. Die ursprüngliche Darstellung des Wertstromes anhand einer Bleistiftzeichnung wird im Anhang 2 angefügt.

---

<sup>134</sup> Vgl. Erlach (2009), S. 13.

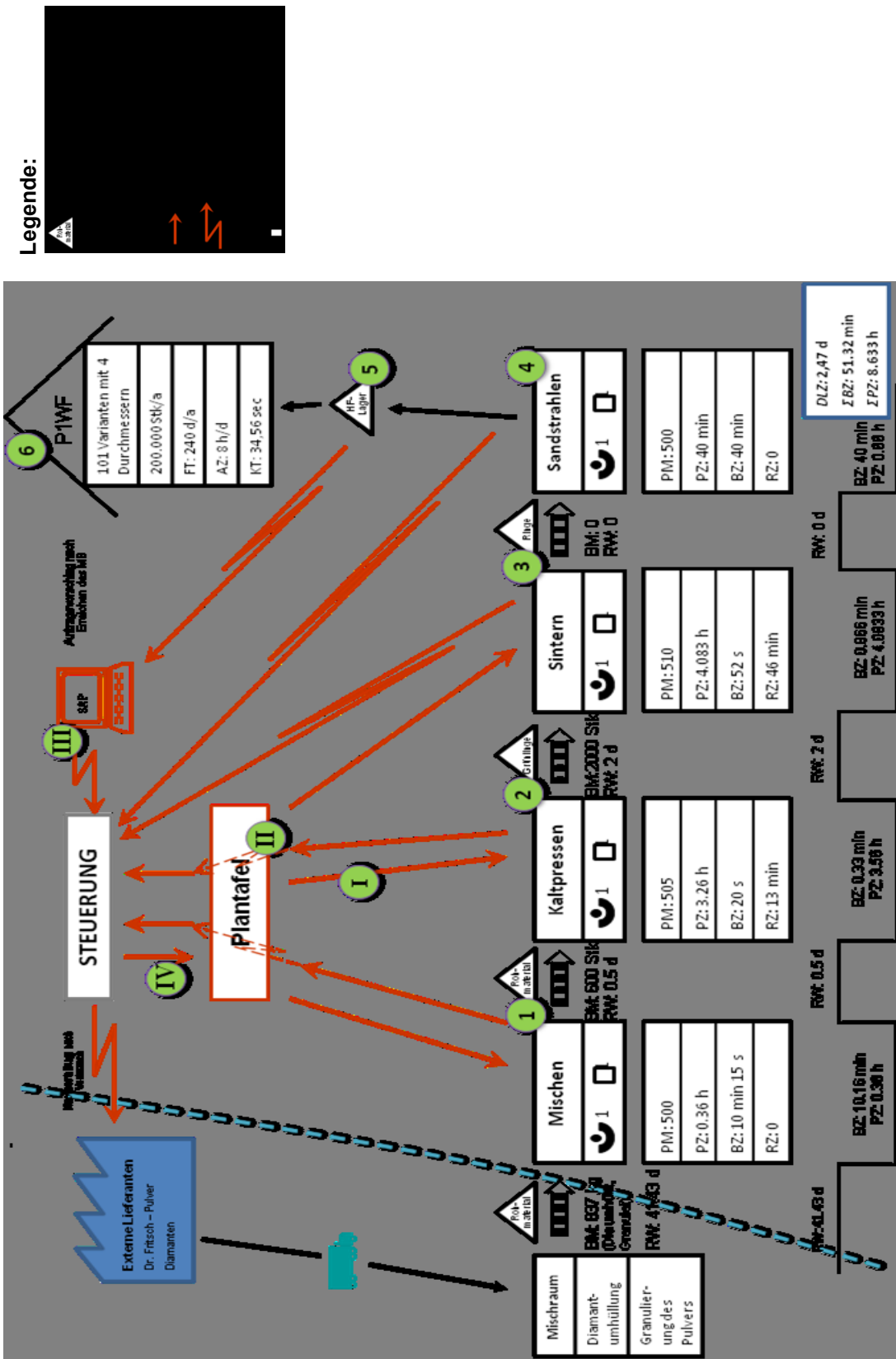


Abbildung 9: Wertstromanalyse der Ringlinie in der Sintererei<sup>135</sup>

<sup>135</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Die Zeiten und Mengenangaben in Abbildung 9 sind Werte der Analyse vom 30. September 2010 und stellen eine Momentaufnahme dar. Durch arabische Zahlen wird der Materialfluss dargestellt. Der Informationsfluss wird durch römische Zahlen gekennzeichnet.

### **Materialfluss:**

**1** Der erste Prozessschritt umfasst das „Mischen“. Es werden entsprechend der Spezifikation der Ringe Pulver und Diamanten vermischt. Es ist dazu ein Mitarbeiter notwendig und es wird einschichtig gearbeitet.

Die Prozesszeit betrug bei der Aufnahme 21 min (= 0.36 h), wobei sich dies aus dem Abwiegen und Zusammenleeren der Komponenten durch den Mitarbeiter und dem Mischen durch einen Mischer zusammensetzt.

Im Puffer zwischen den Prozessen „Mischen“ und „Kaltpressen“ liegt die Mischsubstanz. Dieses Zwischenlager beinhaltete zum Aufnahmezeitpunkt ungefähr eine Menge für 600 Stück Ringe und reicht circa für eine halbe Schicht, d. h. vier Stunden.

**2** Als zweiter Prozess wird das „Kaltpressen“ durchgeführt. Dabei wird das Mischgut mit Hilfe von Presswerkzeugen unter zugeführten Druck in die Form eines Ringes gebracht und es entstehen die so genannten „Grünlinge“. Jeder Ring wird dabei einzeln gepresst. In diesem Prozessschritt ist besonders auf die Qualität der Ringe im Bezug auf die Verteilung der Diamanten zu achten, weshalb es am Beginn jeder Charge zu Ausschuss kommt.

Die Prozesszeit des gesamten beobachteten Auftrages betrug 3 h 21 min. Zum Pressen eines einzelnen Ringes wurden 20 s benötigt. Zum Rüsten der Maschinen benötigte der Werker 13 min.

Nach dem Kaltpressen wurden 2000 Stück Grünlinge gepuffert, was in etwa eine Menge von zwei Arbeitstagen beträgt.

**3** Der Prozessschritt „(Einzel-)Sintern“ oder Heißpressen ist mit dem größten Aufwand verbunden. Die Einzelsinteranlage besteht aus zwei Stationen, welche je einen Ring pressen können. Die Zuführung der Ringe erfolgt über ein Förderband mit einer Spur. Darauf sind die Grünlinge händisch einzulegen. Die Steuerung der zwei Stationen erfolgt jedoch gemeinsam, weshalb auf beiden Stationen gleichzeitig nur die gleiche Spezifikation gesintert werden kann. Grund dafür sind die unterschiedlichen Temperaturen und Drücke, die die verschiedenen Durchmesser jeder Spezifikation ausgesetzt werden müssen. Die Temperaturen zum Einzelsintern betragen zwischen 750 °C und 835 °C.

Der Prozessschritt „Sintern“ ist am zeitaufwändigsten. Für 510 Stück Grünlinge brauchte die Anlage circa eine halbe Schicht (4 h 5 min). Für einen Ring benötigte die Maschine 52 s. Das Rüsten dauerte 46 min. Dies entspricht dem größten Rüstaufwand im gesamten Prozess und ist mit bedeutenden Restriktionen bezüglich der Auslegung eines neuen Systems verbunden. Es sei erwähnt, dass der Verschleiß der formgebenden Matrize durch die hohen Temperaturen großen Einfluss auf die Losgröße der Aufträge hat.

Zwischen „Sintern“ und „Sandstrahlen“ befindet sich kein Puffer, da die heißgepressten Ringe im Anschluss sofort Sand gestrahlt werden.

**4** Im Prozessschritt „Sandstrahlen“ wird die Oberfläche der Ringe von Verunreinigungen, welche durch das Heißpressen entstehen, befreit. Es muss nicht gerüstet werden und es werden alle Ringe gemeinsam bearbeitet. Daher sind die Bearbeitungszeit und die Prozesszeit identisch. Dies ist der letzte Prozessschritt. Danach werden die fertigen Ringe in die dafür vorgesehenen Behälter gefüllt und in das Ringlager (Halbfabrikat-Lager) gebracht.

Die Prozessschritte „Mischen“, „Kaltpressen“, „Sintern“ und „Sandstrahlen“ werden alle von einem Werker ausgeführt.

Darüber hinaus zeigt die Darstellung der Pfeile zwischen den Prozessen, dass es sich um eine reine Push-Steuerung handelt.

**5** Im Halbfabrikatlager (HF-Lager) werden die fertigen Ringe aus der Sinterei zwischengelagert. Es stellt die Versorgung der Konfektionierung der Ringbohrkronenfertigung dar.

**6** Hierbei handelt es sich um die Produktionslinie von Ringbohrkronen. Es werden 101 verschiedene Varianten an Ringen verschweißt, wobei es vier unterschiedliche Spezifikationen an Ringen gibt.

#### **Informationsfluss:**

**I** Nach jedem Prozessschritt wird der so genannte „Auftragszettel“, welcher die wichtigsten Informationen des Auftrages zusammenfasst und durch Magneten an der Plantafel befestigt ist, entsprechend dem Prozessfortschritt an der Plantafel weiter geschoben, um zu sehen, an welcher Stelle des Prozesses sich der Auftrag befindet und wie viel Arbeitsvorrat an welchem Prozessschritt vorhanden ist.

**II** Darüber hinaus wird durch Einscannen eines Barcodes auf dem Fertigungsauftrag eine Rückmeldung nach jedem Prozessschritt abgegeben, um auch im System nachvollziehen zu können, an welcher Stelle des Prozesses sich der Auftrag im Moment befindet.

**III** Nach Erreichen des Mindestbestandes (MB) im HF-Lager werden Aufträge zur Produktion von jeweiligen Ringen durch SAP R3 eröffnet. Der Disponent entscheidet nach Überprüfung der Materialverfügbarkeit, ob und wann der Auftrag ausgelöst wird. Dadurch erfolgt die Steuerung der Fertigung in der Sinterei.

**IV** Gedruckte Fertigungsaufträge werden durch den Disponenten an die Plantafel in die Sinterei gebracht. Zusätzlich wird ein „Auftragszettel“ geschrieben, der direkt auf der Plantafel angebracht und verschoben werden kann, abhängig davon, an welchem Tag gefertigt werden soll.

In der Zeitleiste unter den Prozess- und Datenkästen sind alle Prozess- und Bearbeitungszeiten sowie die Reichweiten der Puffer zusammengefasst. Daraus ist die Durchlaufzeit der einzelnen Prozesse sowie die Gesamtdurchlaufzeit abzulesen. Es handelt sich hierbei um eine Momentaufnahme des Prozesses. Die Zeiten werden summiert. Die Summe der BZ ergibt 51 min 19 s. Dies bedeutet, dass, wenn ein Ring alleine den Prozess durchlaufen würde und kein Rüsten nötig wäre, er nach gut einer Stunde fertig ist. Die PZ wiederum gibt an, wie lange ein gesamter Auftrag braucht, um durch jeden Prozessschritt bearbeitet worden zu sein. Dies dauerte zu diesem Moment 8 h 38 min. Diese Zeit enthält ebenfalls keine Rüstzeiten. Die Summe der Reichweiten wiederum

ergibt die gesamte Durchlaufzeit des Prozesses. Es werden die Mengen der Puffer addiert und durch die Menge geteilt, die pro Schicht bearbeitet werden kann.

Die tatsächliche Durchlaufzeit beträgt zu diesem Moment 2 d 11 h 30 min, was ebenfalls einer Momentaufnahme entspricht.

Der durch die gestrichelte Linie abgetrennte Bereich soll symbolisieren, dass eine Nachbestellung von Pulver und Granulat ebenfalls über SAP und die Anlieferung durch externe Lieferanten erfolgt. Da es sich hierbei um einen losgelösten Prozess handelt, soll nicht näher auf diese Fertigungsstufe eingegangen werden.

#### 5.4.2 Mitarbeiterinterviews

Da im Zuge der Wertstromanalyse Werte und Vorgehen vor Ort in Erfahrung gebracht werden müssen, wurden in diesem Zusammenhang Gespräche und freie Interviews mit den Mitarbeitern geführt. Die wichtigsten Erkenntnisse seien an dieser Stelle zusammengefasst.

- Die Losgrößen wurden bisher unter anderem darauf ausgelegt, dass die Qualität des Gemisches und somit die notwendige Diamantverteilung in den Ringen erreicht wird.
- Der Prozess richtet sich vor allem nach der Auslastung der Einzelsinteranlage und den Einschränkungen, die sich daraus ergeben. Dies bedeutet, dass meist Losgrößen zwischen 500 und 1000 Stück produziert werden, wodurch die Anlage entsprechend lang belegt ist und kein Fluss entstehen kann.
- Die Mitarbeiter nehmen selbst Zusammenlegungen von Aufträgen über die Plantafel vor, um größere Lose zu erzeugen und weniger rüsten zu müssen. Im Rahmen der vorherrschenden Gegebenheiten versuchen die Mitarbeiter aus ihrer Sicht den Prozess zu optimieren.
- Es wurde ersichtlich, dass Losgrößen von 500 Stück nur bei häufig nachgefragten, so genannten Rennerartikeln sinnvoll sind. Es kommt jedoch aufgrund von unplanmäßiger Nachfrage von Bohrkronen vor, dass sich trotz der Produktion von großen Losgrößen Rückstände ergeben, da zuvor das „Falsche“ produziert wurde. Bei Artikeln, welche weniger oder sehr selten benötigt werden, ist eine Produktion von 500 Stück insofern unproduktiv, da die überproduzierten Ringe teilweise über lange Zeit auf Lager liegen. Dies hat zur Folge, dass Kapital gebunden und Lagerfläche besetzt wird.
- Des Weiteren werden die Aufträge willkürlich ausgewählt, um gefertigt zu werden, weshalb eine konstante Durchlaufzeit nicht möglich ist. Die Aufträge befinden sich unterschiedlich lange an der Plantafel bis eine Abarbeitung erfolgt.
- Die Mitarbeiter stehen Veränderungen eher skeptisch gegenüber. Das bestehende System und das bekannte Vorgehen wurden zunächst als gute Lösung zur Steuerung der Produktion angesehen.

Um ein Konzept zu erstellen, sind sowohl die Erhebung des bestehenden Prozesses sowie Gespräche mit Mitarbeitern und Beteiligten notwendig, jedoch ist eine Analyse vorhandener und Erhebung neuer Daten unumgänglich.

## 5.5 Datenerhebung und -analyse

Die Analyse der Informationen aus laufenden Datenaufzeichnungen sowie das Zusammenführen neuer Erkenntnisse wurden nach der empfohlenen Vorgehensweise des Theorieteils und der Literatur durchgeführt. Diese Betrachtung umfasste den momentanen Lagerstand sowie die Lagerbestandsentwicklung eines definierten Zeitraums. Ebenso wurde der Verbrauch jedes Artikels dieses Zeitraums zusammengetragen. Darüber hinaus war es wichtig, eine sinnvolle Definition und Erhebung der Durchlaufzeiten zu finden. Die Durchlaufzeiten sollten vor und nach der Systemänderung vergleichbar sein. Auf Basis dieser Erhebungen wurden Berechnungen durchgeführt, die für die Auslegung von *Kanban* notwendig sind.

### 5.5.1 Überprüfung der *Kanban*-Tauglichkeit

Wie im Abschnitt 4 angeführt, gibt es diverse Möglichkeiten Produkte und Prozesse auf ihre *Kanban*-Tauglichkeit zu überprüfen. Nachfolgend seien die Erhebungen für den zu betrachtenden Bereich angeführt.

#### XYZ-Analyse

Um die *Kanban*-Fähigkeit der Artikel festzustellen, wurde zunächst eine XYZ-Analyse durchgeführt. XYZ-Analysen werden häufig durch subjektive Einschätzungen vorgenommen und so die Artikelzuordnung festgelegt. Dies setzt voraus, dass man sich über einen längeren Zeitraum mit den Artikeln auseinandersetzt. Da dies aus zeitlichen Gründen nicht möglich war, musste eine zwar ebenfalls subjektive Berechnungsmethode angewandt werden, welche mit Hilfe eines Variationskoeffizienten Ergebnisse bildet. Die relative Streuung eines Artikels um den mittleren Verbrauch ist der Variationskoeffizient. Dies wird als Vorhersagegenauigkeit bezeichnet. Zunächst ist der monatliche Verbrauch jedes Artikels festzustellen. Der Variationskoeffizient ( $V_x$ ) berechnet sich aus der Division von Standardabweichung ( $S_x$ ) und arithmetischem Mittel ( $\tilde{x}$ ).<sup>136</sup>

$$V_x = \frac{S_x}{\tilde{x}} \quad (\text{Formel 3})$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2} \quad (\text{Formel 4})$$

n...Anzahl der Werte

$x_i$ ...i-ter Wert

Die Ergebnisse sind nach ansteigenden Variationskoeffizienten zu sortieren. Danach ist festzulegen wie die Artikel in Gruppen zusammengefasst werden können.

Üblicherweise erfolgt eine Orientierung der Artikeleinteilung nach folgendem Vorbild:

**X:** 0% < Variationskoeffizient < 20%

**Y:** 20% < Variationskoeffizient < 50%

**Z:** 50% < Variationskoeffizient < 100%

<sup>136</sup> Vgl. Fml (2011).

Folgende Aussagen konnten durch das Ergebnis der XYZ-Analyse der Ringe getroffen werden:

- Eine Einteilung der Artikel der Ringlinie kann nicht nach dem Vorbild einer 80/20-Verteilung getroffen werden.
- Kein Artikel hat einen Variationskoeffizienten unter 20%.
- Nur circa 10% der Artikel haben einen Variationskoeffizienten unter 50%.
- Allgemein ist zu sagen, dass der größte Teil der Artikel einer ungenauen Vorhersagegenauigkeit unterliegt.

Die Ergebnisstabelle ist im Anhang 3 ersichtlich.

### ABC-Analyse

Des Weiteren wurde eine ABC-Analyse durchgeführt, um festzustellen, welche Materialarten den höchsten Anteil am Gesamtjahresverbrauch haben. Zunächst sind die Artikel entsprechend ihrem Gesamtjahresverbrauch absteigend zu sortieren. Danach sind die kumulierten Anteile jedes Artikels an allen Materialarten, die kumulierten Gesamtjahresverbräuche sowie die kumulierten Anteile am Gesamtjahresverbrauch, jeweils in Prozent, zu ermitteln. Danach erfolgt eine grafische Darstellung der Anzahl der Materialarten kumuliert in Prozent und der Gesamtjahresverbräuche kumuliert in Prozent.<sup>137</sup>

Die grafische Darstellung der Berechnungen (siehe Anhang 4) angewandt auf den Pilotbereich ist in Abbildung 10 ersichtlich. Es ist zu erkennen, dass die ABC-Analyse annähernd einer 80/20-Verteilung folgt.

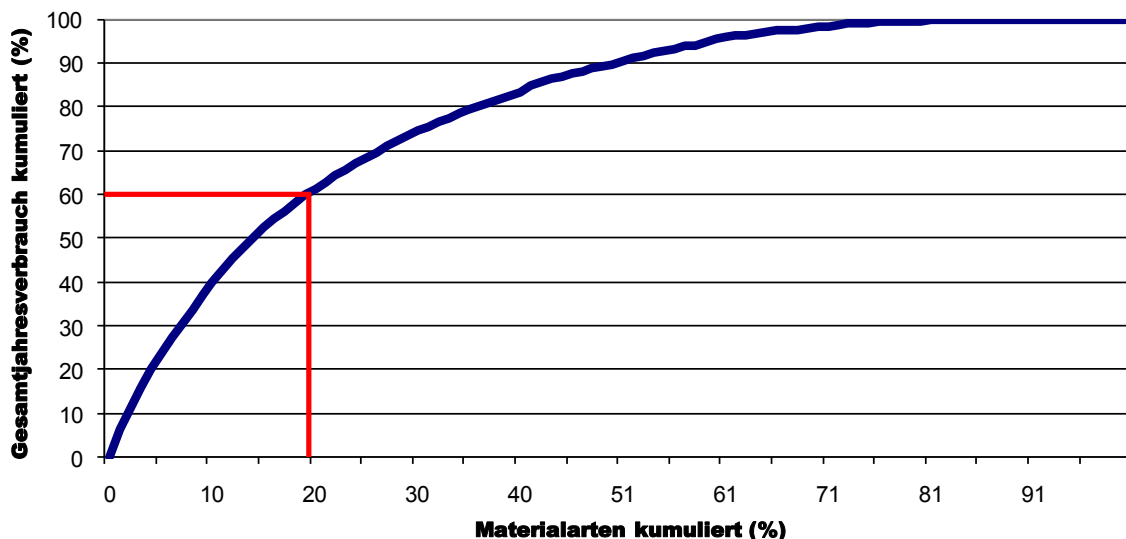


Abbildung 10: ABC- Analyse der Artikel des Pilotbereichs<sup>138</sup>

Die Analyse der Ringe hat ergeben, dass circa 20% der Materialarten 60% des Jahresverbrauchswertes verursachen. Diese werden als A-Artikel bezeichnet. Weitere 30% der Materialarten sind für 30% des Jahresverbrauchswertes verantwortlich (B-Artikel). Die verbleibenden 50% der Artikel verursachen nur mehr 10% des Jahresverbrauchswertes (C-Artikel).

<sup>137</sup> Vgl. WU-Wien (2011).

<sup>138</sup> Quelle: Eigene Darstellung.



### Zusammenfassung der XYZ- und ABC-Analyse

Durch die XYZ-Analyse konnten keine genauen Werte für die Vorhersagegenauigkeit der zu betrachtenden Artikel getroffen werden. Allerdings wurde im Laufe der Untersuchungen durch Gespräche mit dem Disponenten klar, dass tatsächlich nur wenige Artikel regelmäßig produziert werden müssen. Der Großteil der Ringe unterliegt einer nicht konstanten Nachfrage. Anhand der ABC-Analyse ist abzulesen, dass sich nur ein geringer Teil an Materialarten am größten Teil des Gesamtjahresverbrauchs beteiligt. Daher ist zu sagen, dass der Bedarf der Artikel schwankt. Dies entsprach auch den Erwartungen und wurde durch diese Analysen bestätigt. Die Zielvorgabe war es jedoch, alle Artikel durch *Kanban* zu steuern, weshalb weitere Parameter miteinbezogen werden mussten.

### Berücksichtigung weiterer Parameter

Es ist das Fertigungsverfahren und der Prozess zu betrachten. Dies beinhaltet sowohl den Material- als auch den Informationsfluss. Diese Einflussgrößen wurden bereits im Zuge der Wertstromanalyse beschrieben. Des Weiteren ist die Qualität der Artikel und des Prozesses bei den Betrachtungen zu berücksichtigen. Die Qualität der Ringe wird im Laufe des Produktionsprozesses für jede Charge mehrere Male überprüft. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass diese gewährleistet ist. Es gab bisher keine festgelegte Zuteilung der Mitarbeiter für die Entnahme und Auffüllung des Materials. Jeder konnte auf das Lager zugreifen. Die Beschaffenheit der Teile im Bezug auf Größe, Gewicht, Beschaffenheit der Ladungsträger usw. hatte unter anderem Einfluss auf die Auswahl neuer Ladungsträger, Losgrößen und Regaldimensionierung. Des Weiteren beeinflusst die Beschaffenheit des Transportkreislaufes die Fähigkeit eines Prozesses durch *Kanban* gesteuert zu werden. Da es sich in diesem Fall um *Kanban* innerhalb einer Unit handelt, sind die Entfernungen zwischen Quelle und Senke zu vernachlässigen. Jedoch mussten die Verantwortlichkeiten für den Transport neu definiert und das Lager neu organisiert werden. Im Bezug auf die Beschaffenheit des Prozesses wie Verschmutzung ist es wichtig die entsprechenden Hilfsmittel auszuwählen.

Wie bereits im Theorieteil angeführt, ist die Überprüfung der *Kanban*-Tauglichkeit der Artikel nicht allein ausschlaggebend um eine Entscheidung bezüglich einer Einführung zu treffen. Es sind alle Restriktionen zu erheben. Diese müssen in die Berechnungen und Entscheidungen mit einfließen, da diese sonst Auswirkungen auf den Erfolg des Systems haben könnten.

Einschränkungen, welche sich im hier betrachteten Prozess ergeben haben, werden im nächsten Abschnitt näher betrachtet, da sie die Auslegung des Systems wesentlich beeinflusst haben.

#### 5.5.2 Wesentliche zu beachtende Restriktionen im Prozessverlauf

Als Voraussetzungen für klassisches *Kanban* werden in der Literatur meist geringe Variantenvielfalt und Nachfrageschwankungen sowie gute Vorhersagegenauigkeit angegeben. Wie bereits die durchgeführten Analysen zeigen, gibt es nur wenige Artikel, die geringen Nachfrageschwankungen und einer genauen Vorhersage des Bedarfes unterliegen. Dies stellt bereits die erste Schwierigkeit dar, *Kanban* einzuführen.

Des Weiteren stellt die Vielzahl an unterschiedlichen Ringen eine große Herausforderung dar. Die Variantenvielfalt ergibt sich aus der Zusammensetzung der Mischung,

der Höhe der Ringe und den unterschiedlichen Durchmessern, die im Artikelspektrum definiert sind. Die Spezifikation der Ringe ergibt sich aus dem Mischverhältnis der Diamanten zum Granulat und der Ringhöhe. Der Durchmesser der Ringe liegt zwischen 8 mm und 35 mm.

Eine weitere Einschränkung ergab sich aus der Qualität des Gemisches, welches zum Pressen angefertigt wird. Es stellte sich heraus, dass je größer das Los ist desto besser verteilen sich die Diamanten in der Mischung. Dies führt zu qualitativ hochwertigeren Produkten und beeinflusst darüber hinaus die Bohreigenschaften der Diamantbohrkrone. Aus Qualitätssicht ist es daher nicht möglich, Lose unter 100 Stück zu produzieren.

Es ist des Weiteren davon auszugehen, dass die ersten Ringe jedes Auftrages Ausschuss sind. Die Kaltpressanlage muss für jede Charge neu justiert werden. Dies hat zur Folge, dass die tatsächlich produzierte Menge an Ringen nie genau dem Auftragslos entspricht.

Den größten Einfluss auf die Systemauslegung hat jedoch die Einzelsinteranlage. Hierbei sind mehrere Faktoren zu beachten:

- Das Rüsten der Einzelsinteranlage ist mit dem größten zeitlichen und technischen Aufwand verbunden. Es gibt für jeden Durchmesser eine eigene formgebende Matrize, deren Rüsten sich sehr aufwändig gestaltet. Da die Anlage ständig hohen Temperaturen ausgesetzt ist, muss beim Rüsten dementsprechend vorsichtig vorgegangen und gegebenenfalls müssen Wartezeiten eingehalten werden. Des Weiteren sind der Ober- und der Unterstempel für jeden Auftrag auszutauschen. Diese sind für die Ausübung des Druckes von oben und von unten auf den Grünling verantwortlich, wodurch sich die Höhe der Ringe ergibt. Die Stempel werden nach jeder Verwendung sandgestrahlt, um Ablagerungen zu entfernen und können wieder verwendet werden.
- Die Matrize kann circa 500 Stück an Ringen produzieren. Danach muss sie ausgetauscht werden, da der Verschleiß aufgrund des ständigen Druckes und der hohen Temperatur die geforderte Qualität beeinflusst.
- Die Matrize kann, wenn sie einmal erwärmt wurde, nicht noch einmal verwendet werden, was einen wesentlichen Einfluss auf die Werkzeugkosten hat. Der Erwärm- und Abkühlprozess hat negative Auswirkungen auf die Eigenschaften der Matrize. Daher ist es wichtig, die Lebensdauer der Matrize bestmöglich auszunutzen. Wie bereits erwähnt, kann eine Matrize für rund 500 Stück genutzt werden, bevor der Verschleiß zu hoch ist. Diese Menge sollte daher auf einer Matrize hergestellt werden.
- Die Anlage sollte nicht zum Stillstand kommen, da dies eine Abkühlung der Werkzeuge zur Folge hat. Ein erneutes Erwärmen dauert sehr lange und beeinflusst die Dauer des Gesamtprozesses.
- Die Einzelsinteranlage verfügt über zwei Stationen jedoch nur über eine Steuerung. Jede Station ist separat zu rüsten. Die wichtigsten Komponenten jeder Station sind dabei die Matrize und die Stempel. Da die jeweiligen Parameter, wie Druck und Temperatur, über die Steuerung auf beide Stationen übertragen werden, ist es daher nicht möglich zwei unterschiedliche Ringtypen gleichzeitig

zu sintern. Dies hat zur Folge, dass bei einem Auftrag über 500 Stück meist nur eine Station läuft, um die Matrize optimal auszunutzen. Wenn beide Stationen zum Einsatz kommen und beide Matrizen bestmöglich ausgelastet werden sollen, sollte ein Auftrag über mindestens 1000 Stück vorhanden sein.

Für die Mitarbeiter ist es besonders wichtig eine hohe Anlagenausnutzung und geringe Werkzeugkosten zu erzielen. Dies erklärt auch, warum die Losgrößen bisher hoch angesetzt sind. Diese Einschränkungen stellten große Herausforderungen bezüglich der Festlegung neuer Losgrößen dar. Zwar durften die qualitativen und technischen Restriktionen nicht außer Acht gelassen werden, jedoch ist eine Fixierung auf z. B. ausschließlich Werkzeugkosten nicht ratsam. Unter diesen Gegebenheiten musste jedoch die bestmögliche Lösung gefunden werden.

Es wurde trotz dieser Einschränkungen entschieden, dass eine Steuerung durch *Kanban* möglich ist. Eine Auslegung musste jedoch alle Restriktionen berücksichtigen. Daher war es notwendig, sich nicht auf die klassischen Varianten von *Kanban* zu beschränken, sondern neue Sichtweisen und Möglichkeiten mit einzubeziehen.

## 5.6 Regallager im IST-Zustand

Das Ringlager bestand bisher aus einem Regal, welches von vorne und von hinten mit unterschiedlichen Artikeln befüllt wurde (siehe Abbildung 11). Es gab zwar definierte Lagerplätze für jede Materialart, jedoch erfolgte die Einlagerung nicht immer nach dieser Vorgabe. Daher wurde die Lagerhaltung beinahe chaotisch geführt. Dies hatte häufige Vertauschungen und langes Suchen zur Folge. Darüber hinaus erfolgte keine chronologische Einlagerung. Die Folge daraus waren Chargenvertauschungen oder die Verschweißung einer neuen Charge bevor eine alte Charge aufgebraucht wurde. Diese Gegebenheiten stellen wesentliche Merkmale von Verschwendung dar.



Abbildung 11: Lagerhaltung im IST-Zustand

Für die Einführung einer *Kanban*-Steuerung ist die Ein- und Auslagerung durch FIFO zu gewährleisten. Dies wäre durch das vorhandene Regal nicht möglich gewesen. Es fiel daher der Entschluss zusätzlich ein neues Regalsystem einzuführen. Dieses musste dimensioniert werden und einem FIFO-gerechten Ansatz verfolgen.

## 5.7 Schlussfolgerung des IST-Zustandes

Es war von Beginn an klar, dass die Gegebenheiten innerhalb dieser Produktionsstufe keine optimalen Voraussetzungen für *Kanban* darstellten. Das Potential des Prozesses hinsichtlich der Einführung eines *Kanban*-Systems wurde dennoch als durchführbar eingeschätzt. Die Erhebungen des IST-Zustandes haben darüber hinaus aufgezeigt, dass gravierende Einschränkungen zu berücksichtigen sind und nicht alle Artikel die Eigenschaften für eine klassische *Kanban*-Steuerung besitzen. Dies zeigte sich darin, dass das variantenreiche Artikelspektrum der Ringe enormen Nachfrageschwankungen unterliegt und daher der Verbrauch dementsprechend instabil ist. Des Weiteren sind besonders die Gegebenheiten an der Einzelsinteranlage zu berücksichtigen, welche großen Einfluss auf die Auslegung des Systems haben. Es war jedoch die Aufgabenstellung, welche auch im Projektauftrag festgehalten wurde, dass für die Artikel des gesamten Pilotbereichs eine *Kanban*-Steuerung einzuführen ist. Die Herausforderung bestand daher darin, sich nicht nur nach den üblichen Vorgaben und Möglichkeiten für *Kanban* zu richten, sondern eine Lösung zu finden, die auch Artikel mit einschließt, die zunächst nicht als *kanban*-fähig erschienen. Des Weiteren musste ein geeignetes Lagerkonzept dimensioniert und umgesetzt werden, um die sinnvolle Einführung von *Kanban* zu gewährleisten.

## 6 Erarbeitung eines SOLL-Konzeptes auf Basis von Clusterung

Nachdem entschieden wurde, dass trotz aller Restriktionen und Gegebenheiten der Artikel versucht werden soll, *Kanban* in der Sinterei zu implementieren, musste die Auslegung des Regelkreises, die Berechnung der Größen und die Festlegung der Hilfsmittel erfolgen.

### 6.1 Clusterung – Berücksichtigung der wesentlichsten Restriktionen

Bevor jedoch die oben genannten Punkte abgearbeitet werden konnten, musste die hohe Variantenvielfalt berücksichtigt werden und eine geeigneter, einfacher Umgang mit diesem Umstand erfolgen. Es gibt 101 verschiedene Artikel zu berücksichtigen, die sich in Durchmesser, Zusammensetzung und Höhe unterscheiden. Es wurde entschieden die Restriktionen der Einzelsinteranlage als maßgebend anzusehen, um das System auszulegen, ohne jedoch weitere Einschränkungen zu vernachlässigen und somit die Werkzeugkosten und die Dauer des Rüstens besonders zu beachten.

Es ist möglich, eine Matrize der Einzelsinteranlage, welche sich nach dem Durchmesser richtet, für Ringe unterschiedlicher Spezifikation jedoch gleichen Durchmessers zu verwenden. Daher kann der Rüstaufwand enorm reduziert werden, da nur mehr der Wechsel der Stempel erfolgen muss. Darüber hinaus wird dadurch eine Verringerung der Losgrößen möglich, da die Matrize für mehrere Ringe unterschiedlicher Spezifikation, jedoch gleichen Durchmessers eingesetzt werden kann.

Es kann eine durchmesserspezifische Ausrichtung der *Kanban*-Steuerung erfolgen. Dadurch werden Artikel gleichen Durchmessers aber unterschiedlicher Spezifikation zu Gruppen zusammengefasst. Obwohl dadurch dennoch alle 101 Artikel durch *Kanban* gesteuert werden können, reduziert sich der Aufwand durch die Steuerung auf lediglich 22 Durchmessergruppen. Die Aufträge gleichen Durchmessers werden zu einem Auftragsbündel zusammengefasst, wobei für jeden Artikel, dessen *Kanban*-Karte am Board hängt, ein Auftrag ausgelöst wird. Pro Durchmesser werden die Aufträge gebündelt und rüstoptimal abgearbeitet.

Dies hatte unter anderem Einfluss auf die Festlegung der Losgrößen. Die Losgrößen konnten um mindestens die Hälfte reduziert werden, da sich ein Zusammenfassen der Aufträge positiv auf die Auslastung der Anlage und der Matrize auswirkt. Trotz geringerer Lose der einzelnen Artikel wird eine höhere Stückzahl durch die durchmesserspezifische Ausrichtung erzeugt und somit eine gute Anlagenauslastung sichergestellt. In weiterer Folge hat dies Einfluss auf die Wahl der Behälter, die Lagerdimensionierung und die Gestaltung des *Kanban*-Boards.

Die Vorteile, welche sich aus dieser Clusterung ergeben, sind folgende:

- Bündelung einzelner Artikel abhängig vom Durchmesser
- Geringere Losgrößen
- Kleinere Behälter

- Geordnete Gestaltung des *Kanban*-Boards
- Übersichtlichkeit der abzuarbeitenden Aufträge
- Ausnutzung des Werkzeuges und der Anlage.

Die Clusterung der Artikel abhängig vom Durchmesser ist der wesentlichste Schritt zur Umsetzung einer *Kanban*-Steuerung im Pilotbereich, da dadurch die Komplexität durch die große Variantenanzahl umgangen werden kann.

## 6.2 Auswahl und Festlegen der Regelkreise

Üblicherweise sind Regelkreise zu definieren, für die *Kanban* zur Anwendung kommen soll. Für dieses Projekt war der Bereich und somit der Regelkreis bereits festgelegt. Dieser entspricht dem in der Wertstromanalyse vorgestellten Prozess. Es handelt sich um einen Regelkreis, der beim Mischen in der Sinterei beginnt und bei der Entnahme der Ringe zum Schweißen endet, um wieder von neuem zu beginnen.

## 6.3 Berechnung der *Kanban*-Größen

Die Berechnung folgender Größen wurde auf Basis der Literatur durchgeführt, welche im Theorieteil angeführt ist. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden zur Orientierung herangezogen. Diese richten sich nicht nach der tatsächlichen betrieblichen Situation. Aus diesem Grund war es besonders wichtig, die Ergebnisse nicht 1:1 für die Auslegung des *Kanban*-Systems zu übernehmen, sondern diese an die vorherrschenden Gegebenheiten anzupassen. Da zur Berechnung Werte eines längeren Zeitraumes herangezogen werden mussten, wurde der Zeitraum von August 2009 bis Juli 2010 definiert.

Die Berechnung der **optimalen Losgröße** wurde nach der klassischen Formel nach Andler<sup>139</sup> durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnung sind im Anhang 5 nachzuschlagen. Es ist zu erkennen, dass es eine Schwankung der errechneten optimalen Losgröße zwischen 490 Stück und 0 Stück gibt. Dies ist abhängig vom Verbrauch im betrachteten Zeitraum. Als optimale Losgröße wird im Zusammenhang mit *Kanban* die Menge definiert, welche das Auslösen eines Fertigungsauftrages bewirkt.

Um auf die Gegebenheiten an der Einzelsinteranlage sowie auf die qualitativen Einschränkungen Rücksicht zu nehmen, konnten die Losgrößen nicht beliebig niedrig angesetzt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass nur wenige verschiedene Werte festgesetzt werden, um Standards definieren zu können. Standardisierung ist Bestandteil des Lean-Gedankengutes, da es unter anderem zur Vermeidung von Verschwendung und zu mehr Fluss der Prozesse beiträgt. Aufgrund der optimalen Ausnutzung der Matrize sowie unter Berücksichtigung der Diamantenverteilung wurde für Rennerartikel eine ***Kanban*-Standardmenge** von 250 Stück definiert. Abhängig vom Jahresverlauf des Verbrauches wurde die Anzahl der *kanbans* auf drei bzw. vier festgelegt, wobei je ein *kanban* als **Sicherheitsbestand** anzusehen ist. Dies bedeutet, dass sich das *Kanban* weniger an die optimale Losgröße jedes Artikels anpasst als an die Gegebenheiten des betrieblichen Umfeldes. Dennoch ist im Anhang 6 die Berechnung der Anzahl der *kanbans* nach Formel 2 angefügt. Um ein ganzheitliches Bild der Berech-

---

<sup>139</sup> Vgl. Abschnitt 4.2.3

nung der Größen zu geben, wurden die **optimalen Losgrößen** zwischen 300 und 1000 festgelegt. Diese ergeben sich daraus, dass das Zweifache von 250 500 ergibt, wodurch eine Matrize gut ausgelastet werden kann. 1000 Stück ergeben sich bei vier Kanbans zu 250 Stück und ermöglichen eine Ausnutzung von zwei Matrizen an beiden Stationen. Diese Stückzahl ergibt sich häufig durch das Bündeln von Aufträgen unterschiedlicher Artikel gleichen Durchmessers. Für Artikel mit geringem Verbrauch wurde eine Losgröße von 100 Stück definiert. Dies entspricht dem Mindestwert, um die Verteilung der Diamanten im Grünling zu gewährleisten. Darüber hinaus betrifft dies nur wenige Artikel, weshalb diese meist einfach zu einem Auftragsbündel hinzugefügt werden können.

Die **Wiederbeschaffungszeit** wurde bereits durch die Momentaufnahme der Wertstromanalyse besprochen. Es wurden darüber hinaus auch Daten aus dem SAP R3 herangezogen, um weitere Vergleichswerte für die durchschnittliche Durchlaufzeit eines Auftrages zu erlangen. Dabei wurde festgestellt, dass es enorme Unterschiede bei den Durchlaufzeiten gibt, abhängig davon, welche Operation den Beginn der Durchlaufzeit definiert. Zunächst wurde der Zeitraum zwischen Auftragsauslösung, also Druck des Auftrages durch den Disponenten, und Rückmeldung des Auftrages nach Fertigstellung der Ringe in der Sinterei betrachtet. In einem zweiten Schritt wurde der Zeitraum zwischen dem ersten Prozessschritt Mischen und der Rückmeldung nach dem Sandstrahlen herangezogen. Es stellte sich heraus, dass vom Auftragsdruck bis zur Rückmeldung durchschnittlich 11 d 2 h 24 min vergehen. Jedoch brauchte der Auftrag vom Mischen bis zur Rückmeldung lediglich 7 d 19 h. Dies bedeutet, dass ein Auftrag bis zu 4 Tage an der Plantafel hängt bevor er tatsächlich bearbeitet wird. Die Erklärung ergibt sich daraus, dass die Mitarbeiter willkürlich entscheiden können, wann welcher Auftrag an der Plantafel tatsächlich gestartet wird. Aufträge werden daher nicht nach einer zeitlichen Reihenfolge abgearbeitet. Es konnte daher nur ein Mittelwert zur Berechnung der Anzahl der Kanbans herangezogen werden.

Die Durchlaufzeit wurde über den gesamten Projektzeitraum hinweg wöchentlich aufgezeichnet. Ein Vergleich der Zeiten vor und nach der Systemeinführung folgt am Ende dieser Arbeit.

Die Einführung eines **Sicherheitsbestandes** ist für eine *Kanban*-Steuerung notwendig, jedoch wurde dieser nicht berechnet sondern aufgrund empirischer Untersuchungen und der jeweiligen Losgröße festgelegt. Es wurde festgelegt, dass für jeden Artikel mindestens ein Behälter immer vorrätig sein muss. Das bedeutet eine *Kanban*-Karte, unabhängig von der Losgröße, hat im Lager zu sein. Dies wurde aus Gründen der Standardisierung und Einfachheit festgelegt. In weiterer Folge bedeutet dies, dass eine Nachproduktion gestartet werden muss, sobald zwei *Kanban*-Karten eines Artikels am *Kanban*-Board sind. Dieses Vorgehen wird aber anhand der Regeln in Abschnitt 7.2 noch erläutert.

Die **maximale Bestandsmenge** ergibt sich aus der definierten *Kanban*-Standardmenge und der Anzahl der Kanbans. Die maximale Bestandsmenge sei hier mit 58 000 Stück angegeben.

## 6.4 Festlegung und Auswahl der Hilfsmittel

Im vorliegenden Fall standen ein Behälter- oder ein Karten-*Kanban* zur Auswahl. Die Entscheidung fiel unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort und der Praktikabilität auf ein Karten-*Kanban*. Zum einen sind die Platzverhältnisse in der Sinterei nicht für ein Behälter-*Kanban* geeignet, da die Behälter inklusive der Informationen, die sich darauf befinden, entsprechend dem Prozess mit wandern müssen. Darüber hinaus fällt eine Handhabung von Karten innerhalb der Sinterei leichter, da diese an einem *Kanban*-Board erfolgen kann. Des Weiteren war es dem Verantwortlichen der Sinterei wichtig, eine Übersicht über die „Ware in Arbeit“ zu haben und an welchem Prozessschritt sie sich befindet. Dies ist eine Hilfestellung, um den Fortschritt der „Ware in Arbeit“ zu verfolgen und hat Einfluss auf die Schichteinteilung. Dies konnte ebenfalls durch ein Karten-*Kanban* und eine entsprechende Berücksichtigung am *Kanban*-Board erfolgen.

**Kanban-Karten** dienen als zentraler Informationsträger. Der Informationsgehalt ist ausschlaggebend für einen reibungslosen Ablauf des Systems, da dadurch die Steuerung erfolgt. Die Informationen müssen schnell lesbar und aufnehmbar sein. Eine zuverlässige Nutzung muss über einen längeren Zeitraum möglich sein. Daher ist eine Verwechslung und Beschädigung durch die Gestaltung der Karte auszuschließen. Wichtige Informationen, die eine Karte beinhalten sollte, sind unter anderem die Produkt- oder Teilebezeichnung, die Materialnummer, die Losgröße und gegebenenfalls Barcodes. Beispiele für *Kanban*-Karten, welche für die Ringlinie entworfen wurden, seien in Abbildung 12 und Abbildung 13 dargestellt.

Die Karten sind beidseitig bedruckt. Vorder- und Rückseite unterscheiden sich insofern, dass der obere Sichtabschnitt der Karte, welcher am *Kanban*-Board zu sehen ist, unterschiedlich gefärbt ist. So kann eine Unterscheidung zwischen gesteckten, d. h. diese Karten befinden sich am Board es erfolgt aber noch keine Abarbeitung, und bereits eröffneten *Kanban*-Aufträgen erfolgen. Dies bedeutet, wenn eine Karte zur Bearbeitung in die Sinterei kommt, wird diese zuerst mit der einfarbigen Seite nach vorne ins *Kanban*-Board gesteckt. Sobald der Auftrag gedruckt, also eröffnet wurde, dreht der Mitarbeiter diese um und der rote Sichtabschnitt ist sichtbar. Dies zeigt unter anderem dem Verantwortlichen der Sinterei, welche *kanbans* schon in Bearbeitung sind.



Abbildung 12: *Kanban*-Karte einfarbige Seite





Abbildung 13: Kanban-Karte mit rotem Sichtabschnitt

Darüber hinaus gibt es gelbe, blaue und graue Karten, wodurch eine Unterscheidung der Spezifikationen sichergestellt ist. Der hintere Sichtabschnitt wurde aber für alle standardmäßig rot gestaltet. Ein Verloren gehen der Karten gestaltet sich durch eine beidseitige Bedruckung schwieriger. Egal welche Seite nach oben liegt, es ist ersichtlich, dass es sich um eine *Kanban*-Karte handelt und wird nicht aus Versehen weggeworfen.

Aufgrund der hohen Staubbelastung in der Sinterei, war es wichtig, dass das Material der Karten möglichst Schmutz unempfindlich ist. Eine Lösung wurde dahingehend gefunden, dass die Karten auf abwaschbarem, plastifiziertem Papier gedruckt wurden. Diese kann die Hausdruckerei der Firma Hilti herstellen und jederzeit nachproduzieren.

Die Auslegung und Dimensionierung des **Kanban-Boards** erfolgte auf Basis der durchmesserspezifischen Clustering des Systems. Daher erfolgte die Anschaffung eines Boards mit ausreichend Steckfeldern für alle Karten und Trennmöglichkeiten für die Unterscheidung der Durchmesser. Des Weiteren war es wichtig, die Einstecktiefe der Steckfelder zu berücksichtigen, um den Sichtabschnitt der Karten nicht zu verdecken. Das *Kanban*-Board umfasst auch Steckfelder, die die einzelnen Prozessschritte darstellen und das Weiterstecken der Karten und so eine Verfolgung der Aufträge ermöglichen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren muss ein *Kanban*-Board jedoch dennoch übersichtlich sein.

Darüber hinaus wurden aufgrund der neu definierten Losgrößen andere, kleinere **Behälter** notwendig. Wichtig dabei war, für alle Artikel die gleichen Behälter zu verwenden, wobei auf das unterschiedliche Volumen der Ringe abhängig vom Durchmesser geachtet werden musste. Die Behälter müssen leicht in der Handhabung und stapelbar sein. Daher fiel die Wahl auf die Behälter wie in Abbildung 14 dargestellt.



Abbildung 14: Ausgewählte Behälter

Um eine *Kanban*-Steuerung erfolgreich einführen zu können, muss ein Regalsystem mit FIFO-gerechter Lagerung zur Verfügung stehen. Da ein FIFO-Regal nicht vorhanden war, musste ein neues Lager dimensioniert werden. Das Regal musste an die neuen Behälter und an die Anzahl der Behälter angepasst sein. Im Abschnitt 7.4 wird auf die Dimensionierung der neuen Regale näher eingegangen.

Ein weiteres Hilfsmittel, welches notwendig ist, stellt eine Bereitstellungsfläche dar. Auf dieser Fläche befinden sich ein *Kanban*-Briefkasten sowie ein Abstellplatz für entleerte Behälter. Die Bereitstellungsfläche für den Testlauf ist auf Abbildung 15 zu sehen.



Abbildung 15: Bereitstellungsfläche

Wichtig dabei ist eine eindeutige Beschriftung der Kästen und Flächen auf der Bereitstellungsfläche, um eine chaotische Handhabung zu vermeiden. Es ist darauf zu ach-

ten, dass die Bereitstellungsfläche ordentlich und sauber gehalten wird, damit z. B. ein Verschwinden von *Kanban*-Karten nicht erfolgen kann.

Ohne einen definierten Prozess und die Zuordnung von Verantwortlichkeiten kann die Steuerung einer Fertigung nicht funktionieren, besonders, wenn ein Ablauf neu festgelegt wird.

## 6.5 Erläuterung des neu konzipierten Prozesses

Um die Konzeptauslegung fertig zustellen, musste ein neuer **Prozess** festgelegt werden, der den Idealzustand beschreibt. Es handelt sich hierbei um einen Prozess, der ein Ein-Kreis-*Kanban* darstellt.

Ringe dürfen nur von ausgewählten Mitarbeitern wie dem Schweißer oder dem Logistiker entnommen werden. Da an der Konfektionierung immer nur eine bestimmte Anzahl an Ringen entnommen wird und nie das gesamte Los, müssen die Behälter meist wieder zurück eingelagert werden. Es muss dennoch eine Sicherstellung der FIFO-Regel erfolgen, weshalb diese Rückeinlagerung an der Entnahmeseite geschehen muss. Deshalb darf dies auch nur durch eingewiesene Mitarbeiter erfolgen. Wenn ein Behälter leer wird, muss der Mitarbeiter der Schweißanlage den entleerten Behälter auf dem dafür definierten Platz auf der Bereitstellungsfläche abstellen und die *Kanban*-Karte in den *Kanban*-Briefkasten legen. Der Logistiker wurde als Verantwortlicher festgelegt, den Briefkasten zu leeren und die Karten und die Behälter gemeinsam in die Sinterei zu bringen. Die Karten sind an das *Kanban*-Board zu stecken und die Behälter im entsprechenden Lager abzustellen. Es wurden keine genauen Zeiten festgelegt, wann die Karten in die Sinterei gebracht werden müssen. Der Logistiker wird beauftragt, jedes Mal beim Passieren der Bereitstellungsfläche darauf zu achten, ob Karten im Briefkasten liegen und gegebenenfalls eine oder mehrere Karten in die Sinterei zu bringen und an das *Kanban*-Board einzustecken. Die Karten werden am *Kanban*-Board entsprechend ihrem Durchmesser gesammelt. Sobald die Regeln<sup>140</sup>, die für die Steuerung der Ringlinie festgelegt wurden, das Auslösen der Aufträge erlauben, kann der Mitarbeiter an der Linie ein Auftragsbündel ausdrucken. Der Werker an der Linie ist nun selbst dafür verantwortlich, welches Auftragsbündel wann gestartet wird. Der Werker übernimmt somit Verantwortung vom Disponenten. Der Disponent hingegen ist für Überwachung und Kontrolle des *Kanbans* zuständig wie das Ein- und Ausschleusen von Karten. Es kann somit Verschwendung durch Reduzieren der Gehwege des Disponenten vermieden werden. Nach Ausdruck der Aufträge können die entsprechenden Karten umgedreht werden, wodurch der rote Sichtabschnitt erkennbar wird. Innerhalb der Sinterei sind die Auftragsbündel FIFO-gerecht abzarbeiten. Die Aufträge des Bündels können wiederum so bearbeitet werden, dass die Maschinenausnutzung optimiert wird. Als erster Prozessschritt sind alle Aufträge zu mischen und in unterschiedlichen Behältern bereitzustellen. Es muss jedoch ersichtlich bleiben, welche Aufträge zusammen gehören. Danach erfolgt das Kaltpressen, dann das Einzelsintern. Am *Kanban*-Board sind die Karten entsprechend ihrer Abarbeitung in die Prozesssteckfelder zu stecken. Als letzter Schritt werden die Ringe sandgestrahlt und abhängig von der Losgröße in die Behälter gefüllt. Dies erfolgt, sobald ein Auftrag fertig ist. Es ist nicht auf die Fertigstellung des gesamten Bündels zu achten. Wichtig dabei ist, dass die richtige *Kanban*-

---

<sup>140</sup> Vgl. Abschnitt 7.2.

Karte dem richtigen und befüllten Behältern hinzugefügt wird. Die Einlagerung erfolgt durch den Logistiker FIFO-gerecht in das Regal. In Abbildung 16 ist der neu festgelegte Prozess grafisch dargestellt, wobei Informations- und Materialfluss getrennt ersichtlich sind.

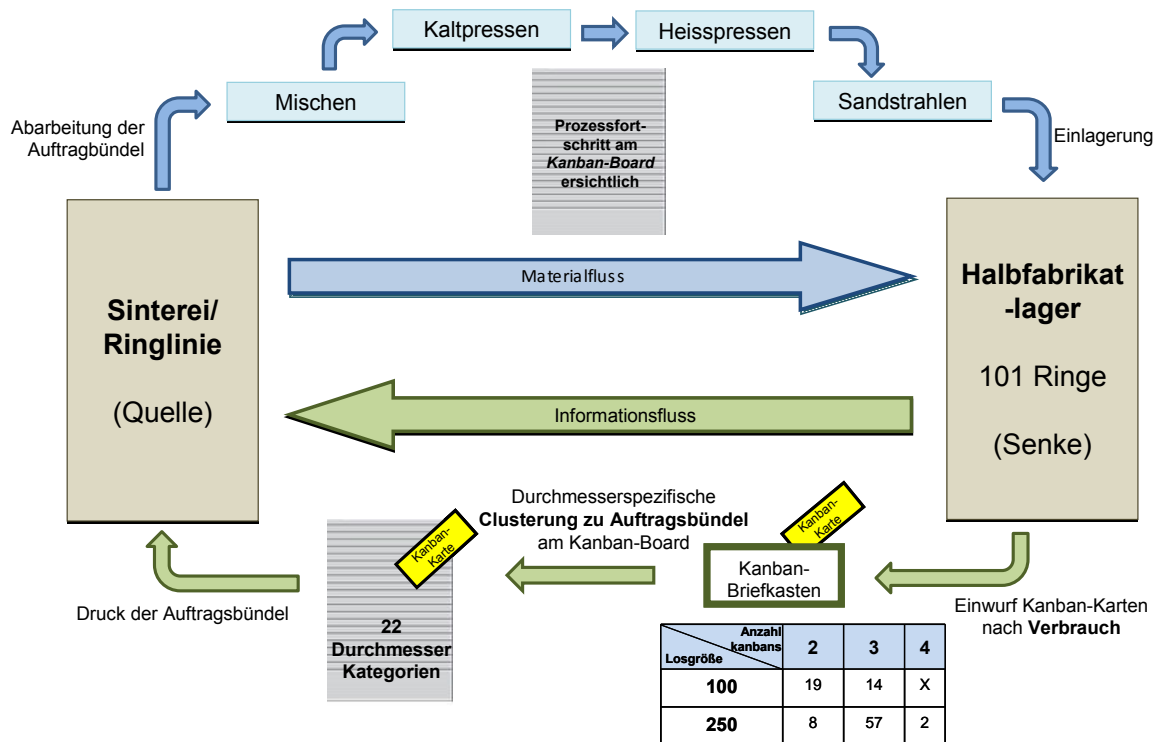


Abbildung 16: Informations- und Materialfluss des neu definierten Prozesses<sup>141</sup>

Nachdem ein Prozess entsprechend einer Steuerung mittels *Kanban* definiert wurde, konnte dieser anhand einer Simulation nachgestellt werden. Anschließend erfolgte die Umsetzung im Pilotbereich durch einen Testlauf. Nach Evaluierung dieser Testphase und daraus abgeleiteten Anpassungen des Prozesses, konnte der Roll-Out der *Kanban*-Steuerung erfolgen. Die einzelnen Schritte dieses Vorgehens werden im nächsten Abschnitt erläutert.

<sup>141</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

## 7 Umsetzung des SOLL-Konzeptes

Die nächsten Schritte, die für die Einführung einer *Kanban*-Steuerung notwendig sind, wurden bei der Umsetzung dieses Projektes im Rahmen einer Simulation durchgeführt. Durch diese Simulation wurden das oben beschriebene Konzept und die Prozessschritte abgebildet.

### 7.1 Simulation einer *Kanban*-Steuerung

Hintergrund der Durchführung folgender Simulation war es, Regeln für das *Kanban* festzulegen, die Mitarbeiter zu schulen und für den neuen Prozess zu sensibilisieren sowie gegebenenfalls bereits Schwächen des „Idealprozesses“ zu erkennen und auszubessern.

Die *Kanban*-Karten wurden durch Klebehaftnotizen, die Behälter durch kleine Kartons und die Ringe durch Papierkugeln simuliert. In Abbildung 17 wird dies ersichtlich.



Abbildung 17: Simulation des Prozesses

Es wurden Stationen gebildet, wobei jede einem Prozessschritt entsprach. An jeder Station saß ein Mitglied des Projektteams und war verantwortlich für die Weitergabe der Informationen. Um ein möglichst realistisches Szenario zu simulieren, wurden aus dem SAP-System reale Vergangenheitswerte herangezogen und so der Prozess in Gang gesetzt bzw. am Laufen gehalten.

Wichtig war dabei, dass die Mitarbeiter die wesentlichen Merkmale von *Kanban* erkennen und verstehen lernen. Ein Auftrag darf nur ausgelöst werden, wenn tatsächlich ein Verbrauch stattgefunden hat und eine Karte an das *Kanban*-Board kommt. Im Zuge dessen wurden die wichtigsten Regeln definiert und festgehalten. Diese werden am *Kanban*-Board befestigt und sind für die Mitarbeiter jederzeit ersichtlich und nachzulesen. Eine Schwachstelle wurde im Informationsfluss erkannt, um Verzögerungen in der

Fertigung zu vermeiden. Es ist daher besonders auf die regelmäßige Beförderung der *Kanban*-Karten in die Sinterei zu achten und im Vorfeld die zuständigen Mitarbeiter darauf hinzuweisen. Darüber hinaus wurden vom Werker der Sinterei Bedenken aufgrund der geringen Losgrößen bezüglich der Anlagenausnutzung und der Matrize geäußert. Da der Prozess jedoch bis dahin noch nicht in der Realität getestet wurde, wurde entschieden, einen Testlauf durchzuführen und die tatsächlichen Auswirkungen abzuwarten, um gegebenenfalls später Anpassungen durchzuführen.

## 7.2 *Kanban*-Regeln für den Testlauf

Regeln, die sich aus der Simulation ergeben haben und die für einen reibungslosen Ablauf beitragen sollen, wurden sowohl für die Ringlinie als auch für das Lager definiert. Die Regeln, wie sie in der Fertigung aushängen, sind im Anhang 7 angefügt.

Die Regeln an der Linie beinhalten vor allem die Erfordernisse, Aufträge auszulösen und wurden zwischen Kann- und Muss-Kriterien unterschieden. Diese lauten wie folgt:

- Ein Auftrag **muss** gedruckt werden, wenn zwei Karten, das heißt 500 Stück des gleichen Artikels am *Kanban*-Board sind.

Wenn diese Regel nicht eingehalten wird, besteht die Gefahr, dass der Sicherheitsbestand angegriffen oder sogar der gesamte Bestand verbraucht wird, da für Rennerartikel meist drei *Kanban*-Karten gibt.

- Ein Bündel an Aufträgen **muss** ebenfalls gedruckt werden, wenn sich vier verschiedene *Kanban*-Karten des gleichen Durchmessers (=1000 Stück) am Board befinden.
- Ein Auftragsbündel **kann** gedruckt werden, sobald drei unterschiedliche *Kanban*-Karten des gleichen Durchmessers vorhanden sind.
- Die Verantwortlichkeit für das Drucken der Aufträge liegt bei den Mitarbeitern der Ringlinie.
- Auftragsbündel sind in FIFO-Reihenfolge zu Recht zu legen und zwingend danach abzuarbeiten.
- Auftragsbündel dürfen nicht getrennt werden.
- Auftragsabschnitte und *Kanban*-Karten sind in die Behälter zu legen.
- *Kanban*-Karten sind entsprechend dem Durchmesser zu sortieren.
- *Kanban*-Karten sind von oben nach unten einzustecken.
- Auftragsbündel sind für die Auftragsverfolgung in die entsprechende Fächer zu stecken.

Für die Ein- und Auslagerung wurden folgende Regeln festgelegt:

- Behälter sind immer von VORNE zu entnehmen – BEHÄLTER NIE NACH VORN ZIEHEN.
- *Kanban*-Karten müssen in den befüllten Behältern bleiben.

- *Kanban*-Karten leerer Behälter sind in die *Kanban*-Box (= *Kanban*-Briefkasten) einzuwerfen.
- Leere Behälter müssen auf die dafür definierte Bereitstellungsfläche gestellt werden.
- Eine Kennzeichnung im Regal für entnommene Behälter muss durch Kärtchen erfolgen.
- *Kanban*-Karten sind zeitnah durch Logistiker ans *Kanban*-Board zu bringen.

Wichtig dabei war die Festlegung, dass eine Markierung kennzeichnen muss, wenn ein Behälter entnommen wurde. Da auch Rücklagerungen nicht vollständig entleerter Behälter erfolgen, muss der Lagerplatz eines zeitweise entnommenen Behälters gekennzeichnet werden. Dies geschieht durch ein Kärtchen, welches mit der Aufschrift „Gerüstet“ versehen ist und am vorderen Ende des jeweiligen Lagerplatzes gesteckt wird (siehe Abbildung 18).

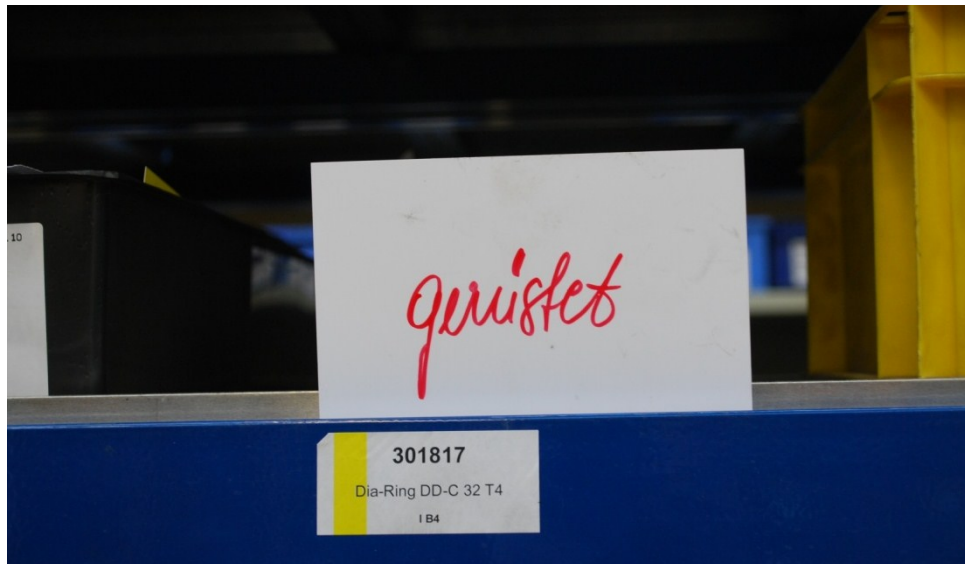


Abbildung 18: Rüstkarte

Es soll damit verhindert werden, dass unbeabsichtigt Behälter nach vorn gezogen werden und ein halbleerer Behälter hinten eingelagert wird. Dadurch können Chargenver-tauschungen und das Angreifen des Sicherheitsbestandes verhindert werden.

Die Ergebnisse der Simulation und die Festlegung der Regeln waren wesentliche Bestandteile für den Start des Testlaufes. Dieser sollte zeigen, ob der festgelegte Prozess durch *Kanban* gesteuert werden kann.

### 7.3 Durchführung eines Testlauf

Da in der Testphase große Investitionen vermieden werden sollen, wurden zur Durchführung des Testlaufes zunächst provisorische Hilfsmittel verwendet. Es sollte überprüft werden, ob das erstellte Konzept in der Realität durchführbar ist. Das *Kanban*-Board wurde aus Karton hergestellt, in das Öffnungen entsprechend der Größe der *Kanban*-Karten geschnitten wurden (siehe Abbildung 19). In diese Öffnungen können die *Kanban*-Karten gesteckt werden. Dieses Vorgehen entspricht einer Art Simulation,

dem Cardboard Engineering, wodurch die Durchführbarkeit des Konzeptes ohne monetären Einsatz überprüft werden kann.

Am *Kanban-Board* ist die Clusterung am deutlichsten erkennbar. Die Spalten entsprechen den 22 Durchmesser-Gruppen, in die die 101 Artikel eingeteilt werden. Anhand dieser Gruppierung sind die *Kanban-Karten* einzustecken und entsprechend der Regeln abzuarbeiten.

Bei einer klassischen *Kanban-Steuerung* und geringer Variantenanzahl wird meist jedem Artikel eine Spalte am *Kanban-Board* zugeteilt. Für 101 verschiedene Artikel würde dies das Ausmaß eines *Kanban-Boards* übersteigt, weshalb die Komplexität durch die Clusterung reduziert wurde.

Am linken Rand des Boards ist die Auflistung der *Kanban-Regeln* erkennbar. Der mittlere Teil besteht aus den Spalten und Schlitzen zum Einstecken der *Kanban-Karten*. In die zusätzlichen zwei Spalten an der rechten Seite werden die Karten entsprechend dem Prozessfortschritt (Mischen, Kaltpressen, Grünlinge, Heißpressen) gesteckt.

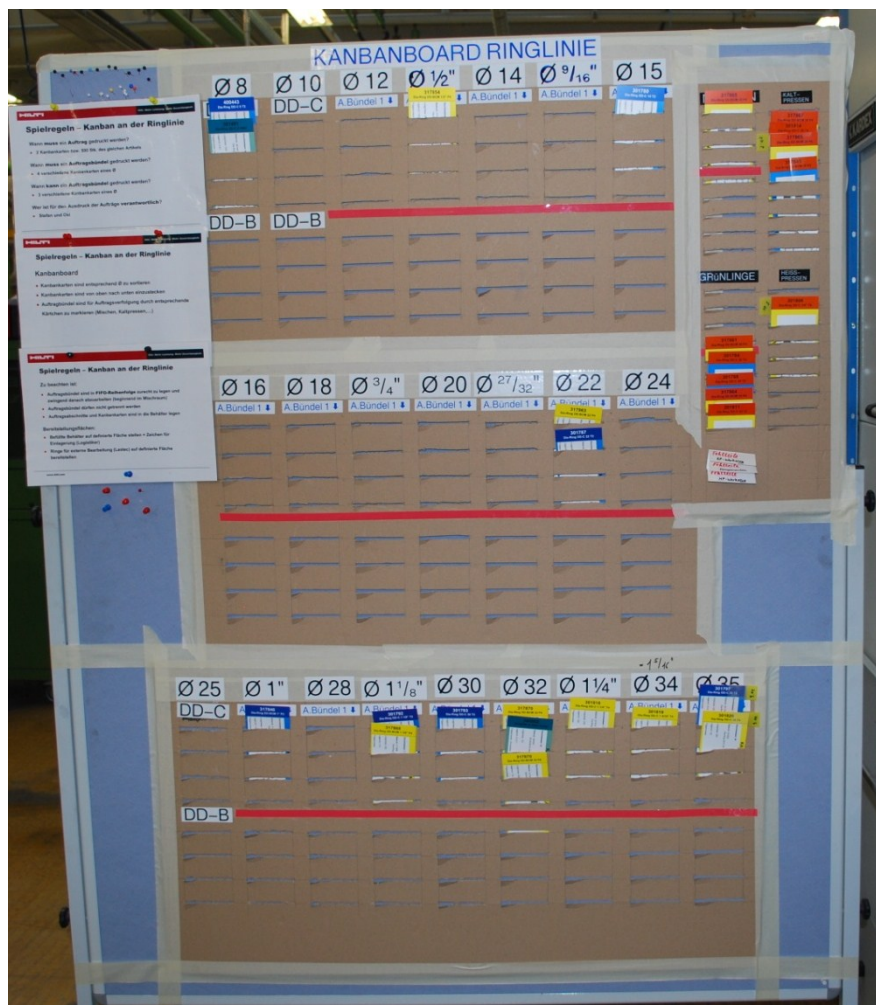


Abbildung 19: Provisorisches *Kanban-Board*

Des Weiteren konnte eine vorübergehende Lösung für das FIFO-Regal und für kleinere Behälter gefunden werden. Ein Regal und Behälter wurden zur Verfügung gestellt, die vorübergehend nicht in Verwendung waren. Das Regal stellte eine FIFO-gerechte Lagerung sicher und die Behälter konnten für alle Spezifikationen eine Losgröße 250 fas-



sen. Diese provisorische Lösung hatte Einfluss auf die Entscheidung, ob und welche Hilfsmittel zur Verwendung kommen. In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind ein Behälter sowie das Regal des Provisoriums abgebildet.



Abbildung 20: Provisorischer Behälter



Abbildung 21: Provisorisches Regal

Als nächster Schritt erfolgte die **Umlagerung** der Ringe vom alten Regal in das provisorische Testregal. Es musste aus Behältern, welche bis zu 1000 Stück an Ringen fassten, auf Behälter mit einer Füllmenge von 250 umgefüllt werden. Um annähernd die richtige Menge in jeden Behälter zu füllen, mussten alle Artikel abgewogen werden.

Dabei war besonders darauf zu achten, dass keine Chargenvermischung erfolgt. Außerdem wurde jedem Behälter bereits eine *Kanban*-Karte hinzugefügt. Wenn eine zu geringe Menge an Ringen eines Artikels zu der Zeit am Lager lag, wurde diese bereits ans provisorische *Kanban*-Board gesteckt. Es wurde ersichtlich, dass zunächst eine Auffüllung des neuen Lagers erfolgen musste.

Einen wesentlichen Schritt der Umlagerung stellte die Gestaltung des Regals dar. Die Einlagerung der Artikel entsprach annähernd der Reihenfolge wie sie im alten Ringregal erfolgen sollte. Dies geschah nach Art der Spezifikation dem Durchmesser entsprechend. Es musste des Weiteren eine übersichtliche Beschriftung des Regals angebracht werden, die sowohl für die Ein- als auch für die Auslagerung hilfreich ist. In Anlehnung, an die bisher verwendeten farblichen Behälter wurden die Etiketten für die Regalbeschriftung in den Farben gelb, blau und grau gestaltet, um eine Unterscheidung der Spezifikationen zu erleichtern und somit Vertauschungen zu vermeiden.

Die Mitarbeiter, welche im Projektteam beteiligt waren, wurden im Laufe der Projektarbeit un durch die Simulation mit dem Vorgehen und den Regeln von *Kanban* vertraut gemacht. Es mussten jedoch auch alle anderen betroffenen Mitarbeiter informiert und eingeschult werden. Dies war insofern wichtig, da es mehrere Werker gibt, welche Auslagern und dann vorne wieder einlagern müssen.

Ferner wurden die Verantwortlichkeiten des Disponenten und des Mitarbeiters an der Ringlinie neu definiert. Der Disponent ist nicht mehr dafür zuständig Aufträge auszulösen, diese zu drucken und an die Plantafel in der Sinterei zu bringen. Nun ist es seine Aufgabe den *Kanban*-Kreislauf zu überwachen und gegebenenfalls einzugreifen. Dies kann unter anderem dadurch erfolgen, dass zusätzlich Karten eingespeist oder auch abgezogen werden müssen.

Der Werker in der Sinterei hat als neue Aufgabe zu entscheiden, wann welches Auftragsbündel gedruckt wird und diese Aufträge ausgelöst werden. Es hat dadurch mehr Verantwortung und ist flexibler in seinen Entscheidungen. Ein wesentlicher Vorteil der neuen Rollenaufteilung ist, dass viele Wege zwischen Disponent und Sinterei nicht mehr notwendig sind und somit Verschwendung vermieden wird.

Nachdem diese Vorbereitungen getroffen wurden, konnte der Testlauf starten. Es wurden besonders in der ersten Zeit des Testlaufes regelmäßige Teammeetings angesetzt, um sich über den Verlauf des Testlaufes auszutauschen. Dabei wurde bald festgestellt, dass Karten nicht oft genug ans *Kanban*-Board gebracht werden. Dies hat zur Folge, dass der Mitarbeiter an der Ringlinie ein Auftragsbündel eines Durchmessers druckt und den Prozess startet, im *Kanban*-Briefkasten jedoch eine weitere Karte desselben Durchmessers liegt. Daher wurde beschlossen, dass auch die Mitarbeiter der Sinterei die Karten ans *Kanban*-Board bringen können um eine bessere Abarbeitung der Aufträge und gegebenenfalls eine bessere Auslastung der Anlage zu gewährleisten.

Da die provisorischen Lösungen nicht für ein dauerhaftes System geeignet waren, mussten eine Änderung des Layouts und die Dimensionierung neuer FIFO-fähiger Regale erfolgen.

## 7.4 Lagerdimensionierung und Änderung des Lagerlayouts

Wie bereits in der IST-Analyse angeführt, folgte die bisherige Lagerung der Ringe keinem geordneten System. Um Voraussetzungen zu schaffen, damit *Kanban* eingeführt werden kann, wurde bereits während der Testphase ein provisorisches Regal aufgestellt. Für *Kanban* ist es notwendig, eine durchgängige FIFO-Lagerung sicherzustellen.

Nachdem der Testlauf einige Wochen erfolgreich lief, konnten Angebote für FIFO-fähige Regalsysteme eingeholt werden, da auch bereits die Anzahl der Artikel, die Anzahl der Behälter sowie die Behältergröße bekannt waren. Mit Zustimmung der Werkleitung wurde ein neues Rollendurchschubregal mit 6 Feldern á 15 Gassen bestellt. Jedes Feld muss eine Traglast von bis zu 900 kg Stand halten. Darüber hinaus musste zuvor abklärt werden, dass die Behälter nicht von alleine durch die Rollen bei Entnahme des ersten Behälters nach vorn rutschen. Dies kann durch die geringe Neigung der Regalfelder gewährleistet werden. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass die Rollen sowie die Trennleisten zwischen den einzelnen Gassen flexibel sind. Diese Steckelemente lassen sich einfach entfernen und je nach Bedarf enger oder breiter einsetzen.

Obwohl für die Erarbeitung dieser *Kanban*-Steuerung nur das Artikelspektrum der Ringe herangezogen wurde, empfahl es sich die Auslegung eines neuen Regalsystems auf weitere Halbfabrikate der Sinterei auszulegen. Die Lagerung der übrigen Artikel der Sinterei erfolgte ebenfalls nach einer beinahe chaotischen Anordnung.

Die Artikel der Sinterei werden jedoch nicht am Produktionsort gelagert sondern am Ort des Verbrauches, dem Konfektionieren. Da die neuen Regale tiefer als die Alten sind, musste ein neuer Standort innerhalb des Konfektionierens für diese gefunden werden. Ein Bereich der Unit der bisher nur als Abstellfläche bzw. Fläche für diverse Projekte genutzt wurde, bot sich als neuer Standplatz für die neuen Regale an. In Abbildung 22 sind sowohl die alten als auch die neuen Standorte der Regale eingezeichnet. Die Flächen, welche rot gekennzeichnet sind, stellen die bisherigen Lagerorte dar. Es ist zu erkennen, dass es keine Konzentration der Lagerflächen gibt und daher weite Wege zurückgelegt werden müssen.

Die violetten Flächen kennzeichnen die neuen Regale. Es ist zu erkennen, dass sich diese in unmittelbarer Nähe zueinander befinden. Die Vorteile, die sich aus der neuen Regalanordnung ergeben sind folgende:

- Kurze Wege aus der Sinterei zum Einlagern der Artikel
- Kein unnötiges Suchen von Artikeln
- Lagerung erfolgt an einem Ort
- Kürzere Wege der Schweißer zum Auslagern der Artikel
- Frei werden von Flächen zwischen den Anlagen des Konfektionierens, die für andere Tätigkeiten oder Pufferflächen genutzt werden können.

Das Regal, welches für den Testlauf benutzt wurde, wird durch den blauen Balken dargestellt. Dies war nur eine Übergangslösung, da zu Beginn des Testlaufes der Erfolg der *Kanban*-Steuerung noch nicht absehbar und daher die Idealfäche noch nicht frei war.

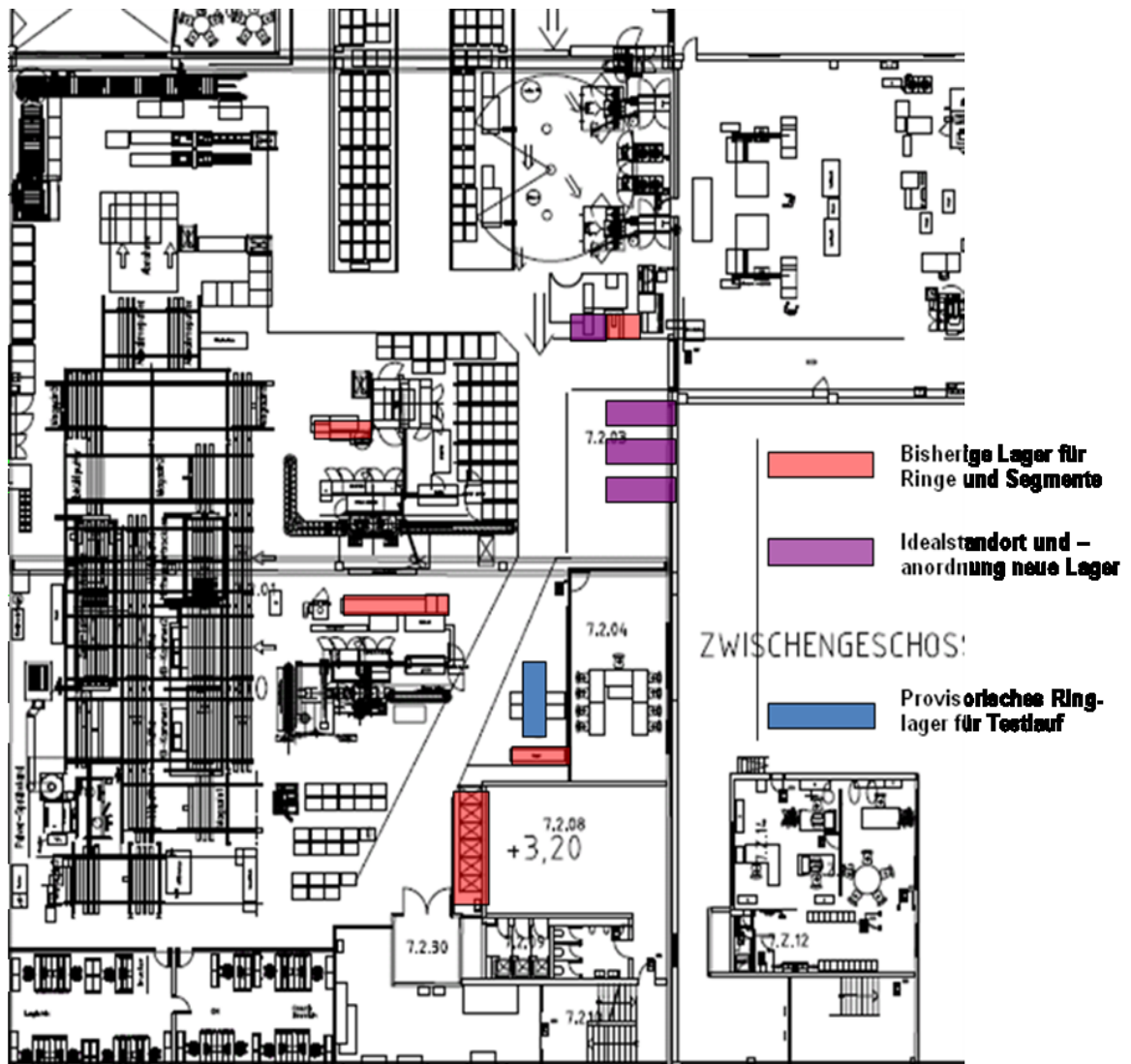
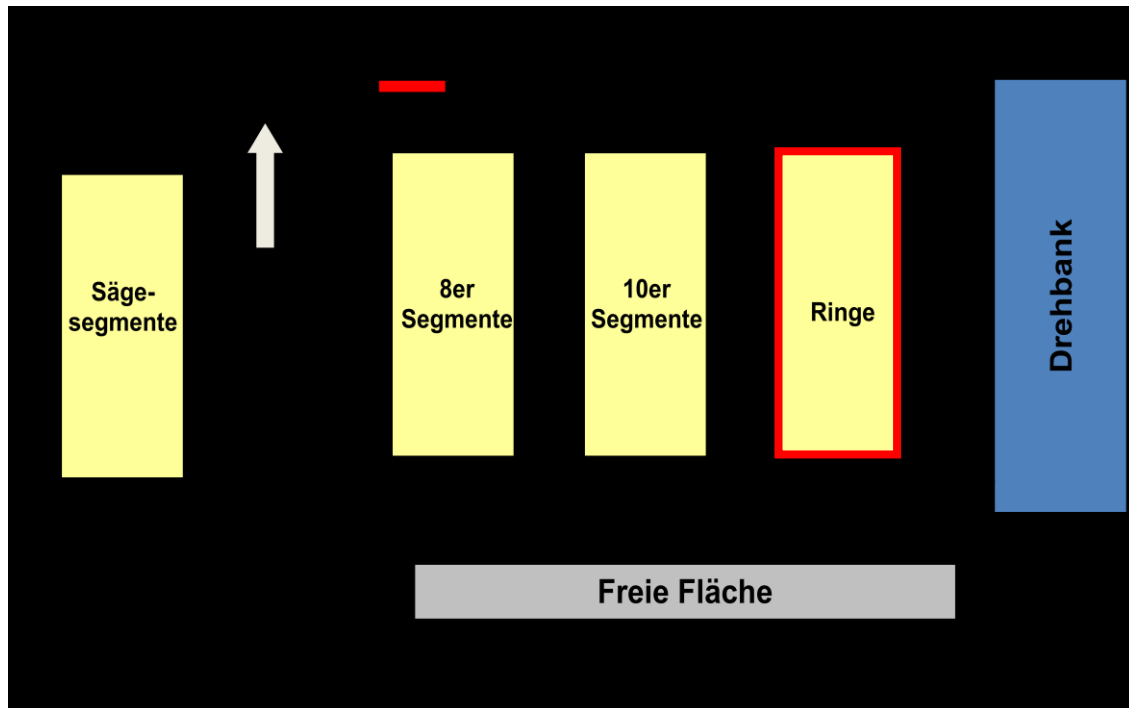


Abbildung 22: Layout Konfektionieren mit alten und neuen Lagerflächen<sup>142</sup>

Um einen genaueren Eindruck des idealen Standortes der Regale zu bekommen, ist in Abbildung 23 eine Detaildarstellung der neuen Regalanordnung zu sehen. Das rot umrandete Feld stellt das Regal für die Einlagerung der Ringe dar. Es musste für diese Anordnung der Regale eine Drehbank verschoben werden.

<sup>142</sup> Quelle: Vgl. Hilti Aktiengesellschaft (2011).

Abbildung 23: Anordnung der Regale am Idealstandort<sup>143</sup>

Auf Basis dieser Layoutplanung erfolgte die Zustimmung der Unitleitung für die neuen Lagerorte.

Im Zuge dessen wurden auch die neuen einheitlich blauen Behälter für die Ringe, die anhand eines Musters auf ihre Tauglichkeit überprüft wurden (siehe Abbildung 14), angefordert.

Die Festlegung und anschließende Umsetzung eines neuen Prozessablaufes sowie die Umstrukturierung des Layouts kann aber nur erfolgreich durchgeführt werden, wenn alle Mitarbeiter von den Veränderungen überzeugt sind und danach handeln. Deshalb stellt der „Faktor“ Mensch eine wesentliche Rolle dar, sobald es um die erfolgreiche Implementierung von Prozessänderungen geht.

## 7.5 „Faktor“ Mensch

Das Entwickeln und Einführen neuer Prozessschritte und Arbeitsabläufe, bringt beachtliche Fortschritte und Vorteile für Unternehmen als auch für Mitarbeiter mit sich. Dennoch geht damit meist ein Abwehrverhalten der Beteiligten einher. Sie halten an traditionellen Strukturen und Organisationsformen fest und investieren viel Phantasie, um zu beweisen, warum Veränderungen nicht möglich sind. Abhängig vom jeweiligen Individuum und dessen Umfeld variieren die Akzeptanz und das Verlangen nach Herausforderungen und somit nach Veränderungen stark.<sup>144</sup>

Um alle Beteiligten somit von der Notwendigkeit und den Vorteilen der Veränderungen zu überzeugen und zu gewinnen, ist ein Prozess kontinuierlicher Gestaltung von Kommunikation und flexiblen Organisationsstrukturen notwendig. Eigenverantwortliches Handeln und die Identifikation jedes Mitarbeiters mit den Unternehmenszielen ist

<sup>143</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>144</sup> Vgl. Ulich (2005), S. 451f.

zu fördern. Ein Veränderungsprozess wird dadurch zwar durch die Führung des Unternehmens initiiert, jedoch sind die Strukturen offen zu gestalten. Die Gestaltung und Umsetzung der Veränderungen erfolgt durch die Betroffenen, die damit zu Beteiligten werden, selbst. Die Kommunikation zwischen allen Beteiligten, Initiatoren, Projektteam und Mitarbeitern, darf zu keiner Zeit unterbrochen sein. Regelmäßige Informationen über den Verlauf des Projektes, Ergebnisse und Entscheidungen wirken motivierend und sollen zu aktiven Reaktionen führen. Ebenso ist die Aufnahme von Feedback und die Konfrontation mit Widerständen und Konflikten wesentlicher Bestandteil eines Veränderungsprozesses.<sup>145</sup>

Bereits zu Beginn des Projektes zur Einführung einer *Kanban*-Steuerung zeigte sich, dass nicht alle Beteiligten von den Vorteilen einer Änderung überzeugt waren. Der „alte“ Prozessablauf schien bewährt und bedürfe keiner Veränderung. Die Mitglieder des Projektteams zeigten sich zunächst teils skeptisch gegenüber den Veränderungsvorschlägen. Dieser anfängliche Widerstand der Beteiligten zeigte sich in der Form von „Warum brauchen wir etwas Neues, das Alte ist doch gut“. Durch die Aufnahme der IST-Situation vor Ort in der Sinterei wurde jedoch eine gute Kommunikationsbasis geschaffen und gegenseitiges Vertrauen aufgebaut. In regelmäßigen 14-tägigen Teambesprechungen wurden Vorschläge und Ergebnisse präsentiert und diskutiert. Ebenso wurde wechselseitiges Feedback eingefordert, welches wichtiger Bestandteil der Meetings war und auch zu konstruktiven Lösungen führte. Die Teammitglieder konnten durch das Aufzeigen der Vorteile des entwickelten *Kanban*-Konzeptes überzeugt werden, etwas „Neues“ auszuprobieren. Der Testlauf konnte daher mit Unterstützung aller Beteiligten gestartet werden. Dafür mussten weitere Mitarbeiter miteinbezogen und geschult werden, um unter anderem die FIFO-Lagerung im Regal sicherzustellen. Obwohl die Regeln zu Beginn zuverlässig eingehalten wurden, konnte festgestellt werden, dass die Disziplin der Mitarbeiter nachließ. Ein Hinweisen auf die Notwendigkeit der Regeln wurde und ist wiederholt notwendig, um den Ablauf der *Kanban*-Steuerung nicht zu gefährden.

Im Laufe der Umsetzungsphase erkannten die Mitarbeiter der Ringlinie, dass sie durch die neue Rollenverteilung mehr Entscheidungsbefugnis über die Auftragsabarbeitung haben. Das Auslösen der Aufträge vor Ort überträgt dem Werker mehr Verantwortung, wodurch sie mehr gefordert werden und gewissenhafter sein müssen. Darüber hinaus wurde ihnen bewusst, dass sich die geringeren Losgrößen positiv auf die Flexibilität ihrer Arbeitsabläufe auswirken. Obwohl ihnen durch die Veränderung mehr Verantwortung zugetragen wurde, sind nun die Vorteile offensichtlich, wonach sie flexibler und selbstverantwortlicher entscheiden können. Des Weiteren ist laut Werker und Coach eine bessere Übersicht über den Arbeitsvorrat durch das *Kanban*-Board gegeben als zuvor.

Im Sinne des Toyota Produktionssystems sollen Mitarbeiter selbstverantwortlich entscheiden, handeln und sich ständig weiterentwickeln. Der neu gestaltete Prozess hilft allen Beteiligten sich Gedanken zu machen und weitere Verbesserungen anzustreben. Ohne die Anpassung des vorhandenen ERP-Systems war jedoch die Umsetzung von *Kanban* nicht möglich.

---

<sup>145</sup> Vgl. Kostka et al. (2009), S. 21f.

## 7.6 Anpassung der Produktionssteuerung

Das SAP-System wurde zur Planung und Steuerung der Ringe nicht verändert. Es werden weiterhin Aufträge erstellt, die aber nicht eröffnet werden, da die Steuerung durch das *Kanban* erfolgt. Die Aufträge werden nur bei vorliegenden *Kanban*-Karten durch die Mitarbeiter in der Sinterei gedruckt.

Eine Kontrolle des Bedarfs erfolgt dennoch über APO. Es ist möglich, dass sich hohe Projektbedarfe ergeben, die frühzeitig erkannt werden müssen, um zusätzliche Karten einzuspeisen. Das Erkennen übermäßiger Bedarfe liegt in der Verantwortung des Disponenten.

Zu Beginn des Testlaufes wurde der Sicherheitsbestand aller Ringe im System auf Null gesetzt, da eine Steuerung über SAP nicht mehr erfolgte und unabhängig davon durchgeführt wurde. Obwohl für die *Kanban*-Steuerung ein Sicherheitsbestand festgelegt wurde, reguliert sich dieses System selbst und ist für das SAP-System nicht notwendig. Für die Fertigung der Ringe selbst stellte diese Anpassung im ERP-System nicht unmittelbar ein Problem dar. Jedoch hatte dies Einfluss auf die vorgelagerte Produktionsstufe, das Kompaktieren. In diesem Prozess wird Pulver zu schüttbaren Granulat verfestigt. Es wird nur nach tatsächlichem Verbrauch gefertigt und ein Bestand von Null wird im Idealfall nie erreicht. Im System ist jedoch festgelegt, dass bei Erreichen des Sicherheitsbestandes ein Planauftrag eröffnet wird. Es werden daher keine Planaufträge automatisch generiert. Planaufträge lösen aber in weiterer Folge Nachbestellungen für Komponenten der vorgelagerten Prozessstufe aus, da Bedarf signalisiert wird. Das Problem bestand daher darin, dass die Steuerung der Ringlinie funktionierte, die Umstellung im SAP-System jedoch Auswirkung auf die Nachversorgung der Vorproduktionsstufe hatte.

Daher musste ein fixer Sicherheitsbestand im SAP-System eingeführt werden, damit Planaufträge generiert und Nachbestellungen getätigt werden. Der Sicherheitsbestand des SAP-Systems muss jedoch höher sein als der tatsächlich definierte Sicherheitsbestand, da dieser idealerweise nicht erreicht werden darf und somit erneut keine Planaufträge erstellt werden würden.

Nachdem dieses Problem erkannt und behoben wurde, konnte der Go-Life der *Kanban*-Steuerung an der Ringlinie erfolgen. Dafür wurden die provisorischen Lösungen durch professionelle Hilfsmittel ersetzt. Im folgenden Abschnitt wird dies erläutert.

## 7.7 Go-Life

Nachdem sich der Testlauf als erfolgreich erwiesen hatte, konnte die Bestellung der Regale und der Behälter erfolgen. Da sich die Anlieferung dieser Bestandteile des Konzeptes etwas verzögerte, konnte der endgültige Go-Life der Ringe erst Anfang Jänner 2011 umgesetzt werden. Dafür mussten alle Artikel wieder in neue Behälter umgefüllt werden und eine neue Regalbeschriftung war ebenfalls notwendig. Um die Lagerorte und um die Befüll- und Entnahmeseite eindeutig zu kennzeichnen, wurden entsprechende Schilder angefertigt. Das neue und befüllte Regal ist in Abbildung 24 zu sehen.



Abbildung 24: Neues Regalkonzept

Das Konzept, welches als Basis für den Testlauf galt, musste nur geringfügigen Änderungen unterzogen werden.

Die wesentlichste Änderung bestand darin, die *Kanban*-Karten nicht bloß in die Behälter zu legen sondern ersichtlich an der Außenseite des Behälters zu befestigen. In Abbildung 25 ist dies erkennbar.

Abbildung 25: Behälter mit *Kanban*-Karten Halterung

Darüber hinaus wurde ein professionelles *Kanban*-Board konzipiert, welches die provisorische Kartonlösung ersetzt hat. Dieses wurde nach dem Vorbild des *Kanban*-Boards für den Testlauf zusammengebaut und ausgelegt. In Abbildung 26 ist das neue *Kan*-



ban-Board zu sehen. Die Gestaltung wurde vom provisorischen *Kanban*-Board übernommen. Es erfolgt die Einteilung der Spalten nach der durchmesserspezifischen Clusterung.



Abbildung 26: Endgültige Lösung für das *Kanban*-Board

Die Umstellung der Testphase auf die endgültige Lösung erfolgte ohne Störung des betrieblichen Ablaufes. Zu Beginn des Testlaufes wurden alle betroffenen Mitarbeiter eingewiesen sich an die *Kanban*-Regeln zu halten. Es war zu erkennen, dass im Laufe der Testphase die Disziplin mancher Mitarbeiter diese zu befolgen nachließ. Daher war im Zuge des Go-Life der Ringe eine erneute Hinweisung auf die Notwendigkeit der Regeln wichtig.

Im Allgemeinen ist zu sagen, dass es keine groben Fehlplanungen im ursprünglichen Konzept gab. Es mussten keine Losgrößen angepasst werden und der Bestand der Ringe war nie zu gering, um die Produktion von Ringbohrkronen zu gewährleisten. Es wurde lediglich entschieden, weniger *Kanban*-Karten in das System einzuschleusen als zu Beginn festgelegt wurde.

Um einen Überblick über die Entwicklung diverser Kenngrößen vor, während und nach dem Testlauf zu erhalten, wurden Monitoring-Charts erstellt.

## 7.8 Einfluss und Ergebnisse logistischer Zielgrößen

Ein Monitoring über wesentliche *Kanban*-Einflussgrößen wurde bereits während der IST-Analyse gestartet. Wichtig dabei war, dass die Größen bereits vor der Einführung der neuen Steuerung aufgezeichnet wurden, um diese auch vergleichen zu können.

Zum einen wurde der Bestand aller Ringe täglich abgefragt. Dies erfolgte durch SAP R3 und der Verlauf ist in Abbildung 27 ersichtlich.

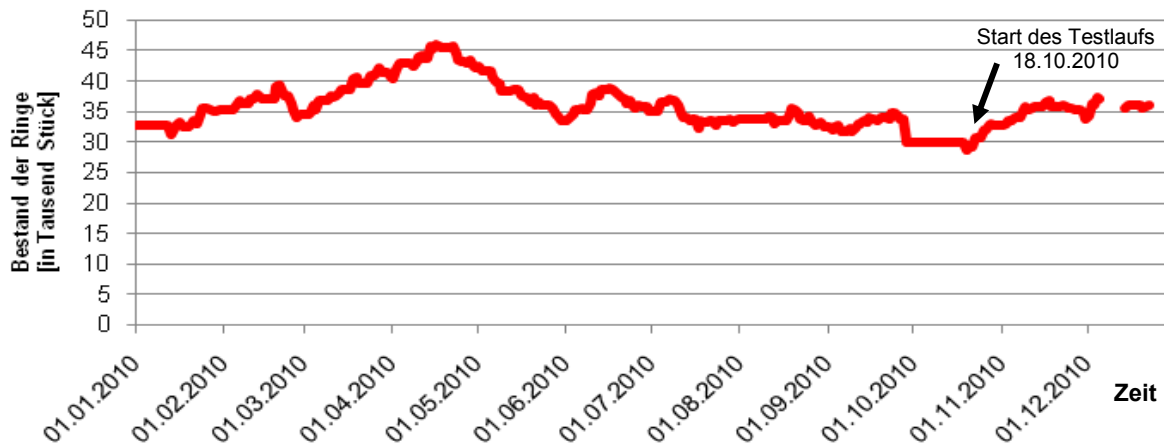


Abbildung 27: Bestandsmonitoring aller Ringe

Es ist zu sehen, dass der Bestand der Ringe im Verlauf des Jahres 2010 enormen Schwankungen unterlag. Zu Beginn des Testlaufs war der Bestand an Ringen am Tiefststand des Jahres. Daher musste davon ausgegangen werden, dass der Bestand zunimmt. Es ist ersichtlich, dass das sich das Lager gefüllt hat. Der Lagerbestand blieb jedoch unter den erwarteten Werten. Wie in Abbildung 27 zu erkennen ist, wurde der bisher schwankende Verlauf des Bestandes deutlich geglättet. Der Lagerbestand der Ringe liegt nun annähernd konstant bei 34 000 Stück.

Es konnte zwar keine Verringerung des Lagerstandes um 20% erfolgen, da der Lagerstand zu Beginn des Testlaufes sehr gering war. Eine Verringerung des Lagerstandes um durchschnittlich 5% wurde dennoch erzielt. Es ist eindeutig erkennbar, dass durch *Kanban* Schwankungen des Bestandes reduziert werden können und somit eine Glättung des Bestandes möglich ist. Des Weiteren kann mehr Fluss in die Prozesse gebracht werden.

Weitere Kenngrößen, welche wöchentlich beobachtet wurden, sind die Auftrags-Durchlaufzeiten. Diese sind in Abbildung 28 und Abbildung 29 dargestellt.

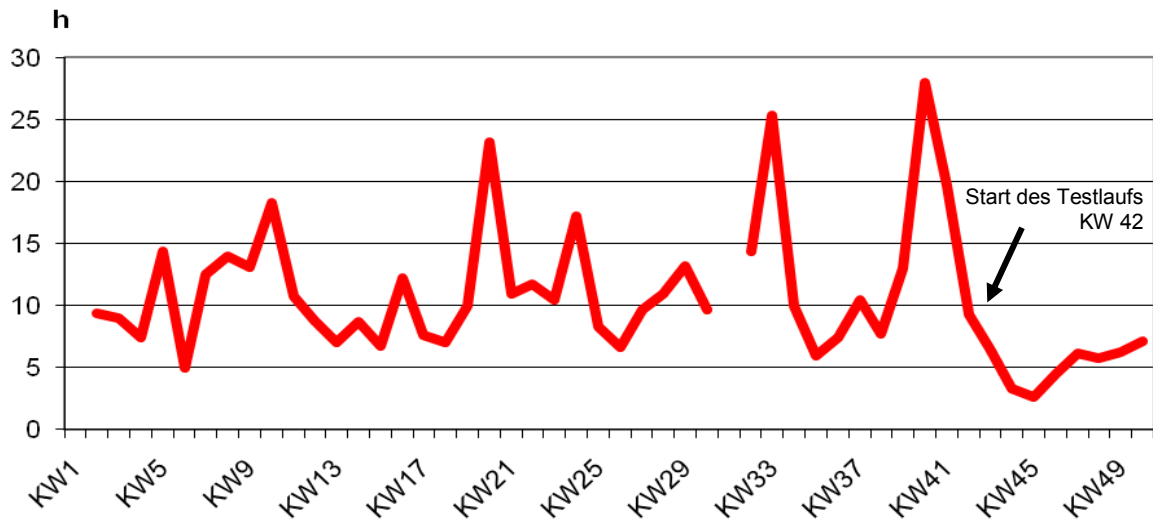


Abbildung 28: Durchlaufzeit: erste Operation Auftragsdruck – letzte Operation Sandstrahlen

Abbildung 28 zeigt den Verlauf der Durchlaufzeit vom Auslösen des Auftrages durch das Drucken bis zur letzten Rückmeldung über das System nach dem Sandstrahlen. Diese Durchlaufzeit konnte durchschnittlich um 51 % reduziert werden und pendelt sich um einen Wert von 5 d 42 min (= 5,7 Tage) ein.

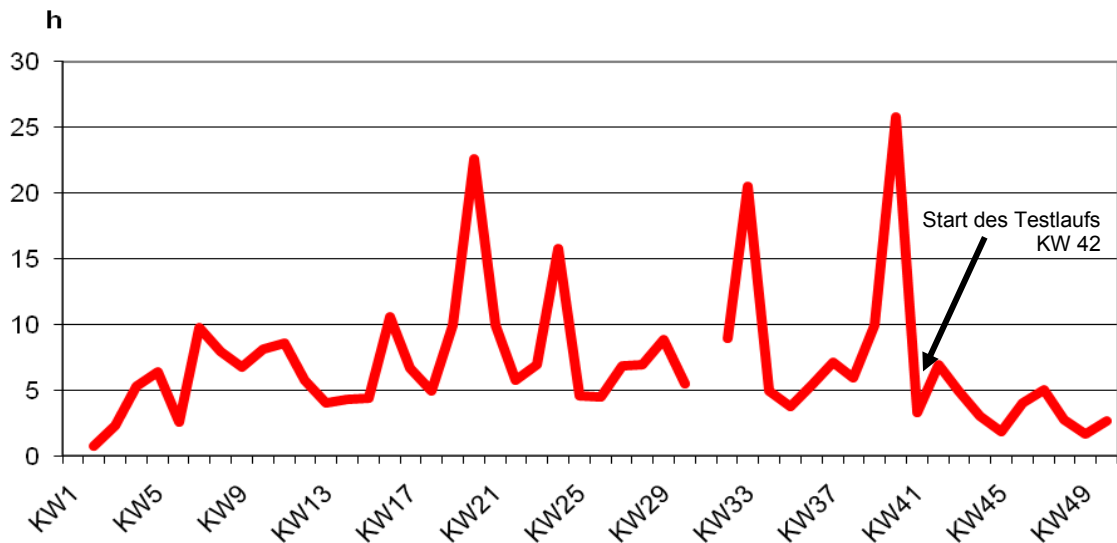


Abbildung 29: Durchlaufzeit: erste Operation Mischen – letzte Operation Sandstrahlen

In Abbildung 29 ist die Durchlaufzeit vom Beginn der ersten Operation, dem Mischen, bis zum Rückmelden nach dem Sandstrahlen dargestellt. Hier konnte eine Verringerung um durchschnittlich 53% erzielt werden.

Beide Messungen haben ergeben, dass die Neuverteilung der Verantwortungen und Dezentralisierung der Auftragsabarbeitung enormes Potential bieten. Diesbezüglich wurden Anforderungen aus dem Projektauftrag deutlich übertroffen.

Als weiteres Diagramm, welches zur Überprüfung des Projektverlaufes dient, wurde die Abbildung 30 für die Produktverfügbarkeit der Ringbohrkronen erstellt.<sup>146</sup>

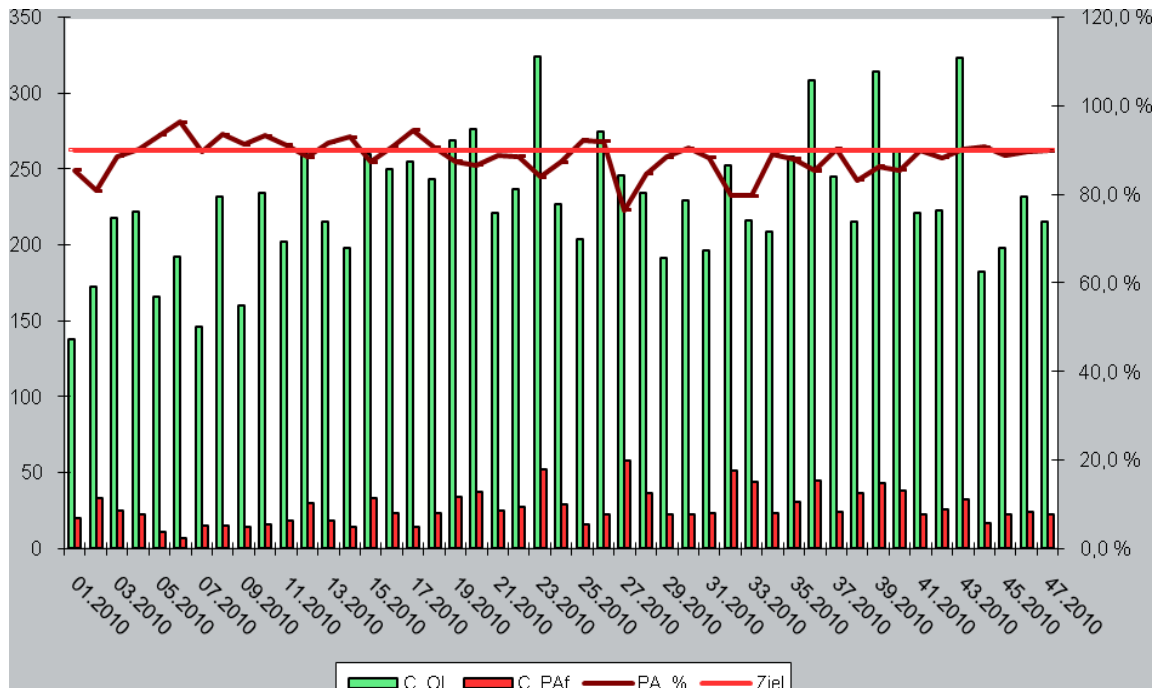


Abbildung 30: Diagramm der Produktverfügbarkeit der Ringbohrkronen

Diese Abbildung stellt eine bei Hilti übliche Darstellungsweise der „product availability“ dar. Die grünen Balken geben an, wie viele Aufträge an Ringbohrkronen zu fertigen waren. Die roten Balken zeigen die Aufträge, welche nicht rechtzeitig fertig gestellt wurden. Das Verhältnis dieser Werte zueinander wird als Produktverfügbarkeit bezeichnet und solle nie unter eine 90%-Grenze fallen. Dieser Wert wird durch die hellrote Linie dargestellt. Diese Werte wurden in Zusammenhang mit der *Kanban*-Einführung überprüft, um sicherzustellen, dass es keine negativen Einflüsse auf die Verfügbarkeit der Produkte gibt. Es ist zu erkennen, dass sich die dunkelrote Linie nach Start des Testlaufes immer um die 90% befindet und *Kanban* daher keinen negativen Einfluss darauf hat.

Durch die Überwachung des Prozesses sollte von Beginn an sichergestellt werden, dass unmittelbare negative Einflüsse auf die Produktion erkannt werden. Da die Einführung der *Kanban*-Steuerung allerdings erfolgreich verlief, zeigen die Diagramme, welche positiven Auswirkungen und Vorteile *Kanban* mit sich bringt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das auf der IST-Analyse basierendes SOLL-Konzept erfolgreich umgesetzt werden konnte. Die Umsetzung der *Kanban*-Steuerung mittels Clusterung des Artikelspektrums erfolgte zunächst durch einen Testlauf. Alle benötigten Hilfsmittel konnten zunächst durch provisorische Lösungen bereitgestellt werden, damit zu Beginn keine Investitionen getätigt werden mussten. Dieser Testlauf wurde über mehrere Wochen durchgeführt und überwacht. Ein vom Start der IST-Analyse an laufendes Monitoring zeigte bald, dass die gewünschten Verbesserungen eintrafen. Es konnten daher die provisorischen Hilfsmittel durch professionelle Lösungen wie neue Behälter, ein *Kanban*-Board und ein FIFO-fähiges Regal ersetzt werden.

<sup>146</sup> Die Produktverfügbarkeit entpricht der Liefertreue.

Es wurde unter anderem die Durchlaufzeit der Aufträge um über 50% reduziert. Ein Grund dafür ist die zeitnahe Auftragseröffnung durch die Mitarbeiter der Sinterei, die nun selbst entscheiden in welcher Reihenfolge die *Kanban*-Karten abgearbeitet werden. Diese muss nicht mehr durch den Disponenten erfolgen. Es konnte des Weiteren eine Glättung des Bestandsverlaufes erzielt werden, der sich durch die Fertigung nach Verbrauch ableiten lässt. Aufgrund der geringeren Losgrößen kann der Pilotbereich nun flexibler auf Änderungen wie z. B. auf Projektbedarfe reagieren. Diese Verbesserungen konnten durch *Kanban* nur dadurch hervorgerufen werden, da das große Artikelspektrum zu kleineren Gruppen zusammengeführt werden konnte und so eine Clustering erfolgte.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

IT-gestützte ERP-Systeme planen und steuern eine Fertigung auf Basis von Historienwerten, Modellen und Prognosen. Oftmals sind diese Werte und Daten ungenau, was sich auf die Exaktheit der Planmengen auswirkt. Planzahlen und tatsächlich benötigte Abgänge unterscheiden sich deshalb häufig, was auf der einen Seite zur Produktion von Überbeständen, andererseits auch zu Rückständen führen kann. Diese Art der Produktionsplanung und –steuerung folgt dem Push-Prinzip, da der geplante Bedarf in die Fertigung gedrückt wird. Auf die Einteilung von PPS-Systemen und gängige Verfahren wurde in Abschnitt 2 eingegangen.

Das Toyota Produktionssystem bietet einen ganzheitlichen Ansatz Produkte in der richtigen Menge, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, in der richtigen Qualität und zu den richtigen Kosten herzustellen. In Abschnitt 3 wurden Prinzipien und Elemente des Toyota Produktionssystems vorgestellt.

*Kanban* stellt eine Methode des TPS dar. Es wird dabei nur nach Verbrauch produziert. Die Nachproduktion von Artikeln wird durch ein *Kanban* (japanisch Karte) ausgelöst, wobei sich diese Karte in einem selbststeuernden Kreislauf befindet. In Abschnitt 4 wurde auf verschiedene Arten und Gestaltungsmöglichkeiten einer *Kanban*-Steuerung eingegangen.

Auch die Firma Hilti hat bereits mehrere Initiativen in Hinblick auf das Toyota Produktionssystem gestartet. Im Rahmen dieser Masterarbeit sollte die Push-Steuerung einer Vorproduktionsstufe einer Abteilung durch eine pull- und verbrauchsorientierte *Kanban*-Steuerung ersetzt werden. Ziel war es, die Fertigung flexibler und Fluss orientierter zu gestalten. Als Ergebnis daraus, sollte der Lagerbestand geglättet sowie die Durchlaufzeit reduziert werden. Es wurde ein Pilotbereich definiert, um einen Testlauf mit einer *Kanban*-Steuerung zu starten. In Abschnitt 5 wurde eine Übersicht über den IST-Zustand gegeben, der durch eine Wertstromanalyse, durch Interviews mit Mitarbeitern sowie durch Datenauswertungen ermittelt wurde. Es wurde ersichtlich, dass die zu betrachtenden Halbfabrikate nicht als optimale Teile zur Steuerung durch *Kanban* anzusehen sind. Es gelten besonders Teile mit konstantem Verbrauch, geringen Nachfrageschwankungen und wenig Variantenvielfalt als *kanban*-geeignet. Die Anwendung dieser Steuerung kann jedoch unter Berücksichtigung aller Restriktionen und Anpassung der richtigen Parameter auch auf komplexere Prozesse angewandt werden, welche auf den ersten Blick als ungeeignet erscheinen. Das Artikelspektrum umfasste über 100 verschiedene Halbfabrikate, wobei die meisten Artikel einer eher schwankenden Nachfrage unterlagen. Darüber hinaus stellten die Anlagenausnutzung und die hohen Werkzeugkosten große Herausforderungen dar. Auf Basis dieser Erkenntnisse konnte in Abschnitt 6 ein SOLL-Konzept erstellt werden, welches alle Gegebenheiten berücksichtigte. Dabei wurden die 101 Artikel zu kleinen Gruppen geclustert, welche sich durch eine form- und größenabhängige Eigenschaft ergab. Durch die Clusterung und die Festlegung neuer Losgrößen wurde die ökonomische Auslastung der Anlage berücksichtigt. Auf Basis dieses Konzeptes konnte eine *Kanban*-Steuerung, ein Behälterkonzept und in weiterer Folge auch ein neues FIFO-gerechtes Regalsystem ausgelegt werden. In Abschnitt 7 wurde das Vorgehen in der Umsetzungsphase aufgezeigt.

Zunächst wurde ein Testlauf gestartet, welcher durchgehend evaluiert wurde. Nach geringfügigen Anpassungen konnte der Go-Life der *Kanban*-Steuerung erfolgen.

Die Einführung einer *Kanban*-Steuerung nach dem Vorbild des Toyota Produktionssystems kann als erfolgreich bezeichnet werden. Die Zielvorgaben konnten nahezu vollständig erreicht werden. Der Bestandsverlauf konnte durch die verbrauchsorientierte Nachproduktion geglättet werden. Es wurden ausschließlich Artikel gefertigt, welche zuvor verbraucht wurden. Durch den zeitnahen Auftragdruck durch die Mitarbeiter vor Ort konnten die Durchlaufzeiten um mehr als 50% reduziert werden. Die Werker an der Anlage entscheiden meist selbstverantwortlich über die Auftragsreihenfolge und -abwicklung, wodurch die Fertigung flexibler und ökonomischer gesteuert werden kann und der Dispositionsaufwand verringert wird. Durch geringere Losgrößen und die form- und größenabhängige Clusterung der Artikel konnte der Fluss der Produktionslinie gesteigert werden, wodurch ebenfalls mehr Flexibilität erzielt wird.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden weitere Komponenten dieser Vorproduktionsstufe nicht miteinbezogen. Das in dieser Arbeit erarbeitete Konzept kann jedoch nicht auf die übrigen Halbfabrikate angewandt werden, da sich die Clusterung speziell auf die Artikel dieses Bereiches bezieht. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass nach eingehender Betrachtung dieser Prozesse und des Artikelspektrums eine geeignete Adaption dieses Konzept erstellt werden kann, damit alle Komponenten der Sinterei einheitlich durch *Kanban* gesteuert werden können. Die Komplexität und die Restriktionen, welche auch hierbei beachtet werden müssen, werden wesentlichen Einfluss auf die Auslegung dieser Steuerung haben, wobei auf eine genaue Trennung der Systeme zu achten sein wird.

Im Zuge der Analyse wurden erkannt, dass die Sinterei umfassende Potentiale bietet, weitere Methoden des Toyota Produktionssystems anzuwenden, wodurch die Prozesse verbessert und die Fertigung effizienter gestaltet werden kann. Aufgrund der sich sehr ähnelnden Artikel, welche in der Sinterei hergestellt werden, kommt es häufig zu Vertauschungen. Durch die Fehlervermeidungsstrategie des TPS, Poka Yoke, können Fehler gezielt vermieden und dadurch Verschwendung reduziert werden. Das Handlungspotential in der Sinterei bezüglich Ordnung und Sauberkeit ist noch nicht zur Gänze ausgeschöpft. Es sollte weiterhin besonders darauf geachtet werden, dass die Arbeitsplätze sauber und ordentlich sind. In Hinblick auf die Steuerung aller Komponenten mittels *Kanban* sind gezielt Standards zu setzen und weitere Initiativen im Bereich Lean voranzutreiben.

## Literaturverzeichnis

- Augustin, H. (2008/a): Lean Warehousing. In: Logistik Heute, Vol. 30, Nr. 1-2, S. 56, 57.
- Augustin, H. (2008/b): Lean mit Perspektive. In: Logistik Heute, Vol. 30, Nr. 5, S. 70,71.
- Bartholomay, C. (2007): Kaizen. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- Bite (2011): Kanban-Berechnung. URL: [www.bite.de/images/stories/downloads/Kanban.xls](http://www.bite.de/images/stories/downloads/Kanban.xls) (Zugriff: 03.02.2011).
- Becker, H. (2006): Phänomen Toyota – Erfolgsfaktor Ethik. Berlin: Springer.
- Becker, T. (2008): Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. 2. Auflage, Berlin: Springer.
- Bicheno, J.; Holweg, M. (2009): The Lean Toolbox – The essential Guide to Lean Transformation. Fouth Edition. Picsie Books.
- Deming, W.E. (2000): Out off the Crisis. Cambridge Univ. Pr., Cambridge, Mass.
- De Schmidt, A. (2004): Ampel-Kanban mit Fingerspitzengefühl. In: Logistik Heute, Vol. 26, Nr. 3, S. 14-17.
- Dickmann, E.; Dickmann, P. (2007): Steuerungsmanagement. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- Dickmann, P. (2007): Prozessorientierung – Ursachen ermitteln statt Symptome beheben. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- Dickmann, P. (2007): Lean Production – Das Toyota Produktionssystem. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- Dickmann, P. (2007): Poka Yoke – Fehlervermeidungsstrategien. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- EBZ (2008): Poka Yoke in der Praxis. URL: <http://www.ebz-beratungszentrum.de/organisation/pokayokepraxis.html>. (Zugriff: 24.01.2011).
- Ehrmann, H. (2005): Logistik. In: Olfert, K. [Hrsg.]: Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft. 5. Auflage, Ludwigshafen: Friedrich Kiehl Verlag GmbH.
- Erlach, K. (2009): Mit Wertstromdesign zur schlanken Fabrik – Das ganze sehen: Wertstromanalyse. Seminarunterlagen: Fraunhofer IPA, VDI Wissensforum.
- Fml (2011) : XYZ-Analyse URL: [http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set\\_ID=320&letter=X](http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=320&letter=X). (Zugriff: 13.01.2011).



- Gabler (2011): Simulation. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/simulation.html>. (Zugriff: 02.01.2011).
- Geiger, G.; Hering, E.; Kummer, R. (2003): Kanban – Optimale Steuerung von Prozessen. 2. Auflage, München Wien: Carl Hanser Verlag.
- Gröbner, M. (2007): Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Just-in-time, Just-in-sequence und One-piece-flow-Fertigungskonzepten. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- Haarmeier, M.; Schröder, B. (2008): Lean Management - Eine Frage der Philosophie. URL: [www.business-wissen.de/organisation/lean-management-eine-frage-der-philosophie/](http://www.business-wissen.de/organisation/lean-management-eine-frage-der-philosophie/). (Zugriff: 10.02.2011).
- Hilti (2011): URL: [www.hilti.com](http://www.hilti.com). (Zugriff: 03.02.2011).
- Hilti Aktiengesellschaft (2011): Unit Diamand Consumables, Feldkircherstrasse 100, 9494 Schaan, Liechtenstein.
- Holweg, M. (2006): The genealogy of lean production. In: Journal of Operations Management, Vol. 25, Nr. 2, S. 420-437.
- Jacobi, C.; Schifferer, S. (2002): E-kanban - Aus alt wird neu. Logistik Heute, Vol. 24, Nr. 3, S. 48, 49.
- Jeziorek, O. (1994): Lean Production – Vergleich mit anderen Konzepten zur Produktionsplanung und –steuerung. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Jodlbauer, H. (2007): Produktionsoptimierung – Wertschaffende sowie kundenorientierte Planung und Steuerung. Wien: Springer.
- Junior, M.L.; Filho, M.G. (2009): Variations of kanban system: Literature review and classification. In: International Journal of Production Economics, Vol. 125, Nr. 1, S. 13-21.
- Klevers, T. (2009): Kanban – Mit System zur optimalen Lieferkette. München: mi-Wirtschaftsbuch – FinanzBuch Verlag GmbH.
- Kortmann, D. (2010): Kleine Lose – große Wertschöpfung. In: Integriertes Produktionsmanagement, Vol. 152, Nr. 3, S. 51-53.
- Kostka, C.; Mönch, A. (2009): Change Management – 7 Methoden für die Gestaltung von Veränderungsprozessen. 4. Auflage, München: Carl Hanser Verlag.
- Liker, J.K. (2008): Der Toyota Weg – 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 5. Auflage, München: Finanzbuchverlag GmbH.
- Liker, J.K.; Meier D.P. (2008): Praxisbuch – Der Toyota Weg. 2. Auflage, München: Finanzbuchverlag GmbH.
- Lödding, H. (2005): Verfahren der Fertigungssteuerung. Berlin Heidelberg: Springer.

- Louis, R.S. (2000): Effiziente Materialfluss-Steuerung mit Kanban und MRP II. Landsberg/Lech: mi-Verlag.
- Lyschik, M. (1999): Implementierungsprobleme des Lean Management. URL: [www.lym.de/lean.htm](http://www.lym.de/lean.htm) (Zugriff: 16.10.2010).
- Moritz, A. (2001): Simulation erhöht den Nutzen. In: Logistik Heute, Vol. 23, Nr. 4, S. 58,59.
- Ohno, T. (1993): Das Toyota Produktionssystem. Frankfurt: Campus Verlag.
- Pfeiffer, K. (2009): Verschiebung von Push zu Pull. In: Logistik Heute, Vol. 31, Nr. 9, S. 48,49.
- Rinza, T.; Boppert, J. (2007): Das Geheimnis Toyota. In: Logistik Heute, Vol. 29, Nr. 6, S. 62,63.
- Rother, M.; Shook, J. (2000): Sehen lernen – mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Stuttgart: LOG\_X Verlag GmbH.
- Sarker, B.R.; Balan, C.V. (1999): Operations planning for a multi stage kanban system. In: European Journal of Operations Research, Vol. 112, Nr. 2, S. 284-303.
- Schönsleben, P. (2002): Integrales Logistikmanagement – Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen. 3. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer.
- Seebauer, P. (2008): E-kanban überzeugt. In: Logistik Heute, Vol. 30, Nr. 9, S. 30,31.
- Seebauer, P. (2009): Lean bewegt die Prozesse. In: Logistik Heute, Vol. 31, Nr. 1-2, S. 12-14.
- Staufen AG (2007): Schulungsunterlage: Grundlagen der „schlanken Produktion“ – Erfolgsfaktoren des KVP.
- TPS-MGT (2010): [URL:http://www.tps-mgt.com/eshowshop.asp?id=19](http://www.tps-mgt.com/eshowshop.asp?id=19) (Zugriff: 20.02.2011).
- Ulich, E. (2005): Arbeitspsychologie. 6. Auflage, Zürich: vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich.
- Wannenwetsch, R. (2010): Schlanke Logistik, aber bitte mit Köpfchen. In: Logistik für Unternehmen, Vol. 24, Nr. 6, S. 56-58.
- Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D. (1994): Die zweite Revolution in der Automobilindustrie – Konsequenzen aus der weltweiten Studie des Massachusetts Institute of Technology. 4. Auflage, Frankfurt/Main: Campus Verlag.
- WU-Wien (2011): ABC-Analyse: URL: <http://prodman.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/text/kap05.htm>. (Zugriff: 14.01.2011).
- Yazici, T. (2005): Lean Management – Unterschiede zu anderen Unternehmensführungskonzepten. 1. Auflage, GRIN Verlag.
- Zäh, M.F. (2007): Projektmanagement zur Einführung von *Kanban*-Steuerungen. In: Dickmann, P. (2007) [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin: Springer.
- Zäpfel, G. (2001): Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement. 2. Auflage, München Wien: R. Oldenbourg Verlag.

# Anhang

## Anhang 1 – Projektauftrag

<b>HILTI</b>		<b>Hilti. Outperform. Outlast.</b>
	<b>Projektauftrag</b>	Von / From: Christina Lemmerer Datum / Date: Seite / Page: 1 / 4

Verteiler:

### Projektbezeichnung

Einführung eines Systems zur  
Verbrauchssteuerung in der Sinterei

### Projektnummer

Bereich                      Ifd. Nummer (IB-Nummer)

### Problembeschreibung

(Unbefriedigender Ist-Zustand, Schwachstellen, suboptimale Systeme, Methoden etc.)

Die Steuerung der Fertigung in der Sinterei folgt dem Push-Prinzip und wird gemäß Planungszahlen aus den Märkten, auf DBK-Ebene von der Unit Logistik durchgeführt. Als Folge daraus entstehen unplanbare Bestandsveränderungen auf Segmentebene und „Bugwellen“ im APO seitens DBK, die sich bis auf die Schneidkörperherstellung auswirken. Eine geglättete und berechenbare Fertigung ist unter diesen Voraussetzungen nur erschwert möglich und führt zwangsläufig zu Verschwendung wie z.B. Überproduktion.

### Aufgabenstellung

Zu Beginn ist eine IST-Aufnahme der derzeitigen Situation durchzuführen. In weiterer Folge wird ein SOLL-Zustand definiert und eine Umsetzung mittels Pull-Prinzip angestrebt.

- Durchführung einer Wertstromanalyse
- Erstellen eines Wertstromdesigns
- Durchführung von Tätigkeitsanalysen
- IST-Auftragsdurchlaufzeiten sind zu ermitteln
- Gegenüberstellung unterschiedlicher verbrauchsgesteuerter Systeme, Bewertung und Auswahl
- Für den definierten Bereich hat eine Nachversorgung nach dem FIFO Prinzip zu erfolgen
- Nach Einführung des erarbeiteten Konzeptes sind die realen Durchlaufzeiten nochmals zu ermitteln und zu bewerten.
- Als Pilotbereich wird für dieses Projekt die Artikelgruppe „Ringe“ herangezogen.

Auftraggeber:

16.9.2010 H. Hollmann  
(Datum, Unterschrift)

Projektleiter:

16.9.10 C. Lemmerer  
(Datum, Unterschrift)

**Projektauftrag**

Von / From: Christina Lemmerer  
 Datum / Date:  
 Seite / Page: 2 / 4

**Erfolgspotentiale**

(Einsparungen, Verbesserungen, Optimierung etc. in messbarer Grösse.)

- Reduktion der Bestände (-20%)
- Verkürzung der DLZ (-30%)
  - IST: Druck des Fertigungsauftrages – Rückmeldung
  - Zur Ermittlung der SOLL-DLZ muss eine gleichwertige Datenbasis herangezogen werden
- Senkung des Dispositionsaufwandes für die Sinterei (IST: ~30% für 1 MA) und dadurch Schaffung neuer Kapazitäten für weitere Effizienz steigernde Projekte (Lean)

**Projektziele**

(Inhalt und erwartete Ergebnisse der Projektarbeit)

Einführung eines Systems zur Verbrauchssteuerung unter Einhaltung der FIFO Regel in der Sinterei zwischen September und Dezember 2010

- Auswahl eines geeigneten Systems
- Auslegung des Systems im Bezug auf das Behälterkonzept, die darin enthaltenen Losgrößen sowie die Durchlaufzeit
- Visualisierung des verbrauchsgesteuerten Systems (z.B. Kennzahlen oder Kanbanboard) zur Unterstützung des Shopfloormanagements
- Definition der Prozesse zur nachhaltigen Steuerung des Systems
- Definition der notwendigen bestandsregulierenden Eingriffe durch einen Prozessbetreuer (Rolle des Disponenten im neuen System)

**Prämissen**

(Randbedingungen, Terminvorgaben, Einschränkungen, Abgrenzungen der Betrachtungsfelder etc.)

- Keine signifikanten Einschränkung der laufenden Produktion
- Keine Erhöhung der Herstellkosten
- Keine negativen Einflüsse auf Produktverfügbarkeit
- Berücksichtigung technischer und qualitativer Restriktionen (Werkzeugkosten, -kapazität, Mischaufräge, Mischerart,...)
- Das geplante Projektbudget von CHF 10.000,- darf nicht überschritten werden.

**HILTI**

Hilti. Outperform. Outlast.

	<b>Projektauftrag</b>	Von / From: Christina Lemmerer Datum / Date: Seite / Page: 3 / 4
--	-----------------------	--

**Projektauftraggeber**

Hannes Hallmann, Mirko Neumann
--------------------------------

**Steuerungsausschuss**

Hannes Hallmann, Mirko Neumann, Stefan Boes
--

**Projektleiterin**

Christina Lemmerer
--------------------

Teammitglieder	Zuständigkeit im Projekt	Abgestimmt mit / Datum
Christian Payer	Coach 50%	P1Whh
Daniel Kuehne	Disponent 50%	P1WLnM
Stefan Köhl	Anlagenbediener <20%	P1WSpc
Hannes Stangl	Anlagenbediener <20%	P1WSpc
Mirko Neumann	Projektcoach	P1Whh

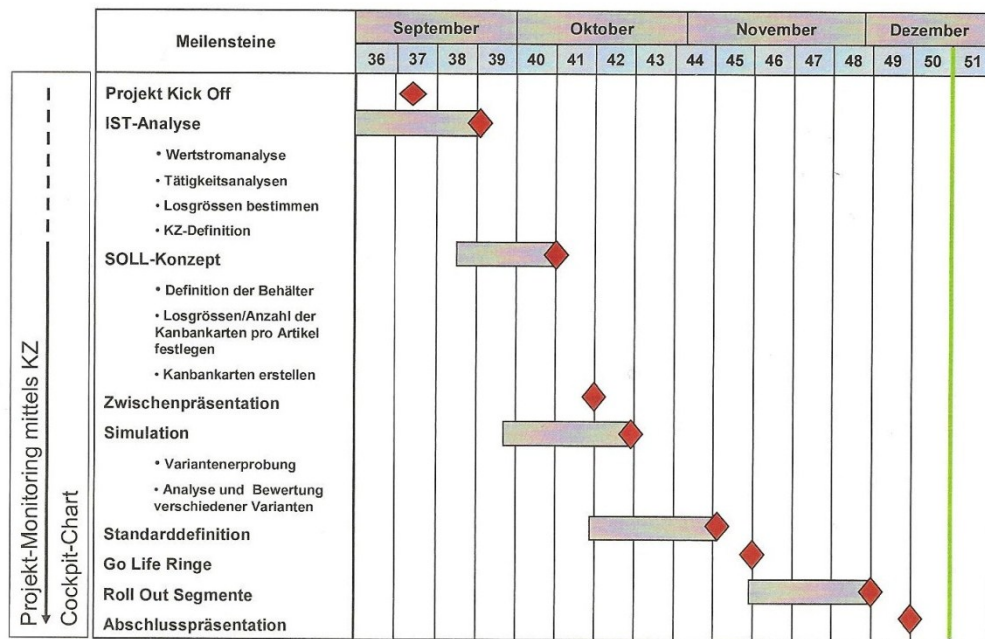
\* xy% Anwesenheit Workshop-Tage + zus. Vor- und Nachbearbeitungszeit

**Ziel Starttermin: 15.09.2010**



	<b>Projektauftrag</b>	Von / From: Christina Lemmerer Datum / Date: Seite / Page: 4 / 4
--	-----------------------	--

**Zeitplan**



**14-tägige Projektteammeetings**



## Anhang 3 – XYZ-Analyse

Artikel	Arithm.Mittel	Standard-abweichung	Variations-koeffizient
301805	640,5	178,9954291	27,95%
317863	513,9166667	165,9082213	32,28%
317860	235,0833333	82,45159278	35,07%
317861	428,0833333	152,7377183	35,68%
301782	513,3333333	215,8005533	42,04%
317847	133,9166667	62,62944172	46,77%
301781	301,0833333	142,679844	47,39%
301804	444,4166667	217,9747518	49,05%
301775	395,6666667	194,7157991	49,21%
301788	319,9166667	158,0612415	49,41%
317858	393,25	198,3033145	50,43%
317867	725,3333333	365,954377	50,45%
317859	894,5833333	451,6916604	50,49%
301811	795,75	424,5140805	53,35%
301791	243,9166667	136,7834774	56,08%
301797	177,0833333	99,31259952	56,08%
317864	1086	619,4810145	56,94%
317869	236,1666667	138,2552536	58,54%
301814	559,4166667	328,3940145	58,70%
301778	228,6666667	135,9547607	59,46%
317855	206	123,7967543	60,10%
317848	131,0833333	83,03937547	63,35%
317871	276,4166667	176,6231007	63,90%
317866	242	166,634603	68,86%
317870	511,0833333	365,6022325	71,53%
317865	595,1666667	432,5190134	72,67%
301789	240,5833333	175,1121502	72,79%
317846	143,3333333	109,9250433	76,69%
301820	197,8333333	156,9098371	79,31%
317849	50,16666667	63,60079092	79,34%
301787	195	155,4997808	79,74%
317845	122,6666667	98,02998923	79,92%
317850	112,3333333	90,57727322	80,63%
301784	234,25	190,8350668	81,47%
301807	613,6666667	511,8800167	83,41%
301801	234	195,772131	83,66%
301812	557,25	485,8043237	87,18%
317868	251,1666667	260,4017293	103,68%
301783	92,25	97,8292808	106,05%
301810	342,1666667	363,267453	106,17%
301816	111,75	125,9604014	112,72%
317857	109,4166667	126,1733716	115,31%
301815	76,58333333	89,33334747	116,65%
400443	112,3333333	137,0907684	122,04%
317853	102,25	125,8477616	123,08%
400445	95,08333333	120,8864669	127,14%
317851	103,25	131,3331122	127,20%
301793	119,25	154,9346636	129,92%
301794	85,58333333	113,4351704	132,54%

Artikel	Arithm.Mittel	Standard-abweichung	Variations-koeffizient
301813	117,5833333	156,5215398	133,12%
301806	139,9166667	188,1143068	134,45%
301817	123,9166667	171,1153031	138,09%
301790	48	68,81463903	143,36%
301802	84,16666667	128,2333337	152,36%
360000	27,66666667	43,09046158	155,75%
301776	52,41666667	88,25217827	168,37%
301792	41,25	71,64955751	173,70%
301780	59,08333333	105,496625	178,56%
359991	30,75	57,23813891	186,14%
301819	27,66666667	53,21539991	192,34%
301799	91	178,4101626	193,86%
301803	38,41666667	76,10693235	198,11%
317856	19,25	38,91511742	202,16%
359987	27,91666667	56,59498586	202,73%
359988	6,333333333	13,44573831	212,30%
302322	6,916666667	15,4770113	223,76%
317854	30,33333333	69,04851171	227,63%
301818	27,5	63,13117657	229,57%
317862	15,66666667	36,28005546	231,57%
359995	37,58333333	87,30558488	232,30%
301779	24,25	56,50120674	232,99%
359990	27,41666667	64,04041101	233,58%
359992	29,91666667	70,99354431	237,30%
302312	1,833333333	4,468746689	243,75%
359996	19,41666667	48,01980336	247,31%
360003	17,66666667	43,85789725	248,25%
359998	50,08333333	127,0557918	253,69%
359997	19,41666667	49,6798081	255,86%
301777	55,75	148,30198	266,01%
301795	53,91666667	146,0401304	270,86%
301796	54,16666667	172,9812566	319,35%
400444	17,91666667	62,06515394	346,41%
301786	0,25	0,866025404	346,41%
301808	0,5	1,732050808	346,41%
302314	0,083333333	0,288675135	346,41%
302316	0,083333333	0,288675135	346,41%
302318	0,083333333	0,288675135	346,41%
302319	0,166666667	0,577350269	346,41%
359994	0,583333333	2,020725942	346,41%
359999	18,91666667	65,52925555	346,41%
360002	32	110,8512517	346,41%
302307	0,75	2,598076211	346,41%
302309	9	31,17691454	346,41%
359989	2,5	8,660254038	346,41%
302313	0	0	k.A.
359986	0	0	k.A.
359993	0	0	k.A.
360001	0	0	k.A.



Anhang 4 - ABC-Analyse

Artikel	Gesamtjahresverbrauch (Stück)	Wert (CHF)	Verbrauchswert	Reihung	Materialarten kumuliert %	Jahresverbrauch kumuliert	Gesamtjahresverbrauch kumuliert %	Einteilung ABC
317864	12997	8.867	115241.6923	1	01	115241.6923	6,27374258	A
317859	10703	8.599	92030.85619	2	01	207272.5485	11,28389029	A
301811	9396	8.623	81023.24868	3	01	288295.7972	15,6947853	A
317867	8640	9.213	79603.95439	4	01	404040.404	20,02841411	A
301805	7617	8.955	68211.77738	5	01	505050.0501	43,6111529	A
301807	7360	8.340	61380.9981	6	01	606060.0601	49,74925277	A
317865	7111	8.471	60237.25885	7	01	707070.0701	57,7297859	A
301814	6678	8.808	58821.89054	8	01	808080.0801	61,65516764	A
301812	6669	9.561	63763.6138	9	01	909090.0901	68,03152902	A
301782	6125	8.702	53297.98238	10	01	101010.101	73,36132726	A
317870	6083	8.696	52898.44389	11	01	111111.1111	78,65117165	A
317863	5914	8.187	48416.7575	12	01	121212.1212	83,4928474	A
301804	5287	8.524	45065.88448	13	01	131313.1313	87,99943585	A
317861	5124	8.252	42281.1495	14	01	141414.1414	92,2275508	A
317858	4694	8.396	39411.81102	15	01	151515.1515	96,1687119	A
301775	4533	7.940	35989.77841	16	01	161616.1616	99,76768974	A
301810	4103	8.549	35077.7916	17	01	171717.1717	103,754689	A
301788	3830	8.497	32543.16988	18	01	181818.1818	106,5297659	A
301781	3584	9.623	34489.55545	19	01	191919.1919	109,9787414	A
317871	3204	8.103	25962.6528	20	01	202020.202	112,570067	A
317868	2965	9.321	27637.93962	21	01	212121.2121	115,3388007	B
301791	2909	9.392	27321.65577	22	01	222222.2222	118,0709663	B
317866	2901	9.023	26175.42229	23	01	232323.2323	120,685085	B
301789	2873	8.651	24855.74607	24	01	242424.2424	123,1740831	B
317869	2834	8.541	24204.32958	25	01	252525.2525	125,694516	B
317860	2798	8.490	23756.40744	26	01	262626.2626	127,9701568	B
301801	2798	8.179	22885.4016	27	01	272727.2727	130,258697	B
301784	2746	8.288	22758.06961	28	01	282828.2828	132,543039	B
301778	2737	8.022	21955.13875	29	01	292929.2929	134,7300178	B
317855	2472	8.193	20252.57219	30	01	303030.303	136,755275	B
301787	2340	8.397	19648.28478	31	01	313131.3131	138,7201035	B
301797	2125	8.982	19086.6129	32	01	323232.3232	140,6287648	B
301820	1938	9.110	17654.77548	33	01	333333.3333	142,3942423	B
317846	1715	12.136	20813.21189	34	01	343434.3434	144,4755635	B
301806	1673	8.928	14937.1888	35	01	353535.3535	145,992824	B
317847	1577	9.216	14533.48864	36	01	363636.3636	147,4226313	B
301848	1572	9.110	14320.44523	37	01	373737.3737	148,8546758	B
301817	1486	8.444	12548.27733	38	01	383838.3838	150,1095035	B
317845	1439	12.253	17632.07641	39	01	393939.3939	151,8727112	B
301793	1410	8.982	12664.48192	40	01	404040.404	153,1391593	B
301813	1408	21.388	30114.28374	41	01	414141.4141	156,1505877	B
400443	1347	8.863	11938.30973	42	01	424242.4242	157,3444187	B
301816	1335	9.450	12615.28158	43	01	434343.4343	158,6059469	B
317850	1307	8.755	11442.60745	44	01	444444.4444	159,7501976	B
317857	1299	8.708	11311.30711	45	01	454545.4545	160,8813283	B
317851	1214	8.887	10788.95348	46	01	464646.4646	161,9602237	B
317853	1166	9.504	11081.87426	47	01	474747.4747	163,0684111	B
400445	1139	8.296	9449.36232	48	01	484848.4848	164,0133473	B
301783	1107	7.987	8841.289865	49	01	494949.4949	164,8974763	B
301794	1027	8.285	8508.812432	50	01	505050.5051	165,7483576	B
301802	1010	20.213	20415.13	51	01	515151.5152	167,7898706	C
317849	950	8.825	8383.557602	52	01	525252.5253	168,2822631	C
301815	913	9.279	8472.031333	53	01	535353.5354	169,4754295	C
301799	894	8.198	7329.159114	54	01	545454.5455	170,2083454	C
301780	898	8.859	6183.528681	55	01	555555.5556	170,826983	C
301777	669	21.963	14693.47	56	01	565656.5657	172,2960453	C
301796	646	8.152	5265.879359	57	01	575757.5758	172,8226332	C
359998	601	19.738	11862.58423	58	01	585858.5859	174,0088916	C
301776	586	20.288	11888.768	59	01	595959.596	175,1977684	C
301790	545	19.755	10766.475	60	01	606060.6061	176,7244159	C
301792	495	8.929	4419.61836	61	01	616161.6162	176,7163778	C
301803	457	8.060	3683.632179	62	01	626262.6263	177,0847411	C
359995	451	7.981	3599.616708	63	01	636363.6364	177,4447026	C
359991	369	21.492	7930.548	64	01	646464.6465	178,2377574	C
359987	335	21.035	7046.725	65	01	656565.6566	178,9424299	C
360000	332	7.959	2642.277333	66	01	666666.6667	179,2066577	C
301819	332	8.555	2840.226023	67	01	676767.6768	179,4906803	C
317854	327	20.703	16769.881773	68	01	686868.6869	180,1676685	C
359990	317	8.737	2769.724934	69	01	696969.697	180,446409	C
301818	308	8.211	2528.843179	70	01	707070.7071	180,95253	C
301779	286	23.464	6710.69682	71	01	717171.7172	181,3685949	C
317856	231	20.122	4648.18309	72	01	727272.7273	181,8334133	C
359997	229	9.065	2075.984565	73	01	737373.7374	182,0410117	C
359999	227	9.005	2044.16314	74	01	747474.7475	182,245428	C
359996	225	8.080	1817.949057	75	01	757575.7576	182,472229	C
400444	215	12.221	2627.515	76	01	767676.7677	182,6899744	C
317862	188	8.051	1513.579048	77	01	777777.7778	182,841323	C
360003	150	8.240	1236	78	01	787878.7879	182,9649323	C
359992	150	8.660	1298.965909	79	01	797979.798	183,0948289	C
301795	137	19.804	2713.148	80	01	808080.8081	183,3661437	C
302309	108	8.868	957.7978058	81	01	818181.8182	183,4619235	C
302322	80	8.720	697.6	82	01	828282.8283	183,516835	C
359988	69	10.010	690.69	83	01	838383.8384	183,6007525	C
359989	30	19.843	595.2902597	84	01	848484.8485	183,6602815	C
302312	8	21.635	173.0788997	85	01	858585.8586	183,775895	C
359994	7	8.880	62.16	86	01	868686.8687	183,838055	C
301808	6	8.504	51,0240411	87	01	878787.8788	183,889079	C
214355	0	12.159	0	88	01	888888.8889	183,889079	C
301786	0	8.372	0	89	01	898989.899	183,889079	C
302307	0	8.590	0	90	01	909090.9091	183,889079	C
302313	0	9.030	0	91	01	919191.9192	183,889079	C
302314	0	9.120	0	92	01	929292.9293	183,889079	C
302316	0	9.290	0	93	01	939393.9394	183,889079	C
302318	0	9.550	0	94	01	949494.9495	183,889079	C
302319	0	9.710	0	95	01	959595.9596	183,889079	C
359986	0	19.526	0	96	01	969696.9697	183,889079	C
359993	0	20.326	0	97	01	979797.9798	183,889079	C
360001	0	23.027	0	98	01	989898.9899	183,889079	C
360002	0	23.123	0	99	01	999999.99	183,889079	C
	200890		1836889.079					

## Anhang 5 - Optimale Losgröße nach Andler

Artikel	Gesamtjahres- verbrauch	Wert (CHF)	Rüstkosten (CHF)	Lagerkosten-satz	Optimale Losgröße
317864	12997	8.867	0.09	12%	468,90
317859	10703	8.599	0.09	12%	432,10
301811	9396	8.623	0.09	12%	404,28
317867	8640	9.213	0.09	12%	375,05
301805	7617	8.340	0.09	12%	370,13
301807	7360	8.471	0.09	12%	361,01
317865	7111	8.955	0.09	12%	345,12
301812	6669	8.702	0.09	12%	339,06
301814	6678	8.808	0.09	12%	337,23
301782	6125	8.187	0.09	12%	335,00
317863	5914	8.696	0.09	12%	319,39
301804	5287	8.252	0.09	12%	310,01
317870	6083	9.561	0.09	12%	308,92
317861	5124	8.524	0.09	12%	300,28
301775	4533	7.940	0.09	12%	292,65
317858	4694	8.396	0.09	12%	289,59
301810	4103	8.549	0.09	12%	268,31
301788	3830	8.497	0.09	12%	260,02
301781	3584	8.103	0.09	12%	257,57
301801	2798	8.179	0.09	12%	226,52
301778	2737	8.022	0.09	12%	226,23
301789	2873	8.541	0.09	12%	224,63
301791	2909	8.651	0.09	12%	224,58
317871	3204	9.623	0.09	12%	223,48
301784	2746	8.288	0.09	12%	222,94
317860	2798	8.490	0.09	12%	222,33
317866	2901	9.023	0.09	12%	219,61
317868	2965	9.321	0.09	12%	218,43
317869	2834	9.392	0.09	12%	212,75
317855	2472	8.193	0.09	12%	212,74
301787	2340	8.397	0.09	12%	204,46
301797	2125	8.982	0.09	12%	188,38
301820	1938	9.110	0.09	12%	178,64
301806	1673	8.444	0.09	12%	172,39
317846	1715	8.928	0.09	12%	169,74
317847	1577	9.110	0.09	12%	161,14
317848	1572	9.216	0.09	12%	159,96
301817	1486	8.982	0.09	12%	157,53
317845	1439	8.863	0.09	12%	156,06
301813	1408	8.708	0.09	12%	155,74
301793	1410	8.755	0.09	12%	155,43
317857	1299	8.296	0.09	12%	153,25
301816	1335	8.887	0.09	12%	150,11
317853	1166	7.987	0.09	12%	147,98
317850	1307	9.450	0.09	12%	144,04
301783	1107	8.285	0.09	12%	141,57
317851	1214	9.504	0.09	12%	138,42
301802	1010	8.198	0.09	12%	135,94
301794	1027	8.825	0.09	12%	132,12
400443	1347	12.136	0.09	12%	129,03
301799	894	8.152	0.09	12%	128,26
301815	913	8.859	0.09	12%	124,33
317849	950	9.279	0.09	12%	123,92
400445	1139	12.253	0.09	12%	118,08
301780	698	8.060	0.09	12%	113,97
301777	669	7.981	0.09	12%	112,13
301776	586	7.959	0.09	12%	105,09
301796	646	8.929	0.09	12%	104,18
301790	545	8.555	0.09	12%	97,75
301792	495	8.737	0.09	12%	92,18
301803	457	8.211	0.09	12%	91,37
317854	327	8.080	0.09	12%	77,91
301819	332	9.065	0.09	12%	74,12
301779	286	8.051	0.09	12%	73,00
301818	308	9.005	0.09	12%	71,63
359998	601	21.388	0.09	12%	64,92
317856	231	8.240	0.09	12%	64,85
359995	451	20.213	0.09	12%	57,85
317862	188	8.660	0.09	12%	57,07
359991	369	19.738	0.09	12%	52,95
400444	215	12.221	0.09	12%	51,37
359987	335	20.288	0.09	12%	49,77
359990	317	19.755	0.09	12%	49,06
301795	137	8.868	0.09	12%	48,14
360000	332	21.963	0.09	12%	47,62
302309	108	8.720	0.09	12%	43,10
359997	229	21.035	0.09	12%	40,41
359996	225	20.703	0.09	12%	40,38
359999	227	21.492	0.09	12%	39,80
302322	80	10.010	0.09	12%	34,62
359992	150	20.122	0.09	12%	33,44
360003	150	23.464	0.09	12%	30,97
359988	69	19.804	0.09	12%	22,86
359989	30	19.843	0.09	12%	15,06
302312	8	8.880	0.09	12%	11,62
301808	6	8.504	0.09	12%	10,29
359994	7	21.635	0.09	12%	6,97
214355	0	12.159	0.09	12%	0,00
301786	0	8.372	0.09	12%	0,00
302307	0	8.590	0.09	12%	0,00
302313	0	9.030	0.09	12%	0,00
302314	0	9.120	0.09	12%	0,00
302316	0	9.290	0.09	12%	0,00
302318	0	9.550	0.09	12%	0,00
302319	0	9.710	0.09	12%	0,00
359986	0	19.526	0.09	12%	0,00
359993	0	20.326	0.09	12%	0,00
360001	0	23.027	0.09	12%	0,00
360002	0	23.123	0.09	12%	0,00

## Anhang 6 – Berechnung der Anzahl der Kanbans

Artikel	Durchschnittliche WBZ (d)	Standardmenge	Verbrauch/Tag	Anzahl Kanbans (berechnet)	Anzahl Kanbans (gerundet)	Anzahl Kanbans (Testlauf inkl. Puffermenge)
301775	11	250	19,7833	2,27	2	3
301776	11	100	2,62083	2,29	2	3
301777	11	250	2,7875	1,52	2	3
301778	11	250	11,4333	1,90	2	3
301779	11	250	1,2125	1,45	1	3
301780	11	250	2,95417	1,53	2	3
301781	11	250	15,0542	2,06	2	3
301782	11	250	25,6667	2,53	3	3
301783	11	250	4,6125	1,60	2	3
301784	11	250	11,7125	1,92	2	3
301786	11	100	0,0125	2,00	2	2
301787	11	250	9,75	1,83	2	3
301788	11	250	15,9958	2,10	2	3
301789	11	250	12,0292	1,93	2	3
301790	11	250	2,4	1,51	2	3
301791	11	250	12,1958	1,94	2	3
301792	11	250	2,0625	1,49	1	3
301793	11	250	5,9625	1,66	2	3
301794	11	250	4,27917	1,59	2	3
301795	11	250	2,69583	1,52	2	3
301796	11	250	2,70833	1,52	2	3
301797	11	250	8,85417	1,79	2	3
301799	11	250	4,55	1,60	2	3
301801	11	250	11,7	1,91	2	3
301802	11	250	4,20833	1,59	2	3
301803	11	100	1,92083	2,21	2	3
301804	11	250	22,2208	2,38	2	3
301805	11	250	32,025	2,81	3	3
301806	11	250	6,99583	1,71	2	3
301807	11	250	30,6833	2,75	3	3
301808	11	100	0,025	2,00	2	2
301810	11	250	17,1083	2,15	2	3
301811	11	250	39,7875	3,15	3	3
301812	11	250	27,8625	2,63	3	3
301813	11	250	5,87917	1,66	2	3
301814	11	250	27,9708	2,63	3	3
301815	11	250	3,82917	1,57	2	3
301816	11	250	5,5875	1,65	2	3
301817	11	250	6,19583	1,67	2	3
301818	11	250	1,375	1,46	1	3
301819	11	250	1,38333	1,46	1	3
301820	11	250	9,89167	1,84	2	3
302307	11	100	0,0375	2,00	2	2
302309	11	100	0,45	2,05	2	3
302312	11	100	0,09167	2,01	2	2
302313	11	100	0	2,00	2	2
302314	11	100	0,00417	2,00	2	2
302316	11	100	0,00417	2,00	2	2
302318	11	100	0,00417	2,00	2	2
302319	11	100	0,00833	2,00	2	2
302322	11	100	0,34583	2,04	2	2
317845	11	250	6,13333	1,67	2	3
317846	11	250	7,16667	1,72	2	3
317847	11	250	6,69583	1,69	2	3
317848	11	250	6,55417	1,69	2	3
317849	11	250	4,00833	1,58	2	3
317850	11	250	5,61667	1,65	2	3
317851	11	250	5,1625	1,63	2	3
317853	11	250	5,1125	1,62	2	3
317854	11	250	1,51667	1,47	1	3
317855	11	250	10,3	1,85	2	3
317856	11	250	0,9625	1,44	1	3
317857	11	250	5,47083	1,64	2	3
317858	11	250	19,6625	2,27	2	3
317859	11	250	44,7292	3,37	3	4
317860	11	250	11,7542	1,92	2	3
317861	11	250	21,4042	2,34	2	3
317862	11	100	0,78333	2,09	2	3
317863	11	250	25,6958	2,53	3	3
317864	11	250	54,4	3,79	4	4
317865	11	250	29,7583	2,71	3	3
317866	11	250	12,1	1,93	2	3
317867	11	250	36,2667	3,00	3	3
317868	11	250	12,5583	1,95	2	3
317869	11	250	11,8083	1,92	2	3
317870	11	250	25,5542	2,52	3	3
317871	11	250	13,8208	2,01	2	3
359986	11	100	0	2,00	2	2
359987	11	100	1,39583	2,15	2	3
359988	11	100	0,31667	2,03	2	2
359989	11	100	0,125	2,01	2	2
359990	11	100	1,37083	2,15	2	3
359991	11	100	1,5375	2,17	2	3
359992	11	100	1,49583	2,16	2	3
359993	11	100	0	2,00	2	2
359994	11	100	0,02917	2,00	2	2
359995	11	100	1,87917	2,21	2	3
359996	11	100	0,97083	2,11	2	2
359997	11	100	0,97083	2,11	2	3
359998	11	250	2,50417	1,51	2	3
359999	11	100	0,94583	2,10	2	2
360000	11	100	1,38333	2,15	2	3
360001	11	100	0	2,00	2	2
360002	11	100	1,6	2,18	2	3
360003	11	100	0,88333	2,10	2	3
361482	11	100	0	2,00	2	2
400443	11	250	5,61667	1,65	2	3
400444	11	100	0,89583	2,10	2	3
400445	11	250	4,75417	1,61	2	3

## Anhang 7 – Original Kanban-Regeln Testlauf



### Spielregeln – Kanban an der Ringlinie

Wann **muss** ein **Auftrag** gedruckt werden?

- 2 Kanbankarten bzw. 500 Stk. des gleichen Artikels

Wann **muss** ein **Auftragsbündel** gedruckt werden?

- 4 verschiedene Kanbankarten eines Ø

Wann **kann** ein **Auftragsbündel** gedruckt werden?

- 3 verschiedene Kanbankarten eines Ø

Wer ist für den Ausdruck der Aufträge **verantwortlich**?

- Stefan und Osi

www.hilti.com



### Spielregeln – Kanban an der Ringlinie

Zu beachten ist:

- Auftragsbündel sind in **FIFO-Reihenfolge** zurecht zu legen und zwingend danach abzuarbeiten (beginnend im Mischraum)
- Auftragsbündel dürfen nicht getrennt werden
- Auftragsabschnitte und Kanbankarten sind in die Behälter legen

Bereitstellungsflächen:

- Befüllte Behälter auf definierte Fläche stellen = Zeichen für Einlagerung (Logistiker)
- Ringe für externe Bearbeitung (Lastec) auf definierte Fläche bereitstellen

www.hilti.com



### Spielregeln – Kanban an der Ringlinie

#### Kanbanboard

- Kanbankarten sind entsprechend Ø zu sortieren
- Kanbankarten sind von oben nach unten einzustecken
- Auftragsbündel sind für die Auftragsverfolgung in die entsprechende Fächer zu stecken.

www.hilti.com



### Spielregeln - Lager

- Behälter immer von **VORNE** entnehmen und Behälter leer machen – **BEHÄLTER NIE NACH VOR ZIEHEN**
- Kanbankarten müssen in befüllten Behältern bleiben  
- **NICHT WEGWERFEN!!!**
- Kanbankarten leerer Behälter in die Kanbanbox einwerfen
- Leere Behälter auf dafür definierte Bereitstellungsfläche stellen
- Kennzeichnung im Regal für entnommene Behälter durch Kärtchen (z.B. Rüsten, Qualität)
- Kanbankarten sind zeitnah (mind. 3 mal täglich) durch Logistiker ans Kanbanboard zu bringen

www.hilti.com