



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Zielführende Konzepte oder  
Modeerscheinungen? – Eine Analyse  
bestehender Beschaffungsstrategien in Hinblick  
auf Qualitätsmanagement Tools

Verfasserin

Judith Straßer

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften  
(Mag<sup>a</sup>. rer. soc. oec.)

Wien, im April 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt:  
Diplomarbeitsgebiet lt. Studienblatt:  
Betreuer:

157  
Internationale Betriebswirtschaft  
O. Univ.-Prof. Dr. Wirl

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, im April 2009

---

(Judith Straßer)

# Inhaltsverzeichnis

<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</b> .....	<b>I</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>II</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTE DER VARIABLEN UND PARAMETER</b> .....	<b>X</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 JUST IN TIME</b> .....	<b>3</b>
2.1 BEGRIFFSKLÄRUNG .....	3
2.2 ZIELE .....	4
2.3 GRÜNDE .....	4
2.4 IMPLEMENTIERUNG .....	6
2.4.1 <i>Unternehmensweite Verpflichtung und Engagement</i> .....	6
2.4.2 <i>Infrastruktur des Unternehmens</i> .....	7
2.4.3 <i>Kommunikation</i> .....	9
2.4.4 <i>Mitarbeiterbeteiligung</i> .....	10
2.4.5 <i>Qualität</i> .....	11
2.4.6 <i>Lieferantenbeziehung</i> .....	13
2.4.7 <i>Pull Prinzip (Ziehprinzip)</i> .....	14
2.4.8 <i>Pilotprojekt</i> .....	14
2.4.9 <i>Externe Berater</i> .....	14
2.5 PROBLEME UND KRITIK .....	15
<b>3 KANBAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 BEGRIFFSKLÄRUNG .....	21
3.2 ZIELE .....	23
3.3 GRÜNDE .....	24
3.4 STEUERUNGSVERFAHREN .....	24
3.4.1 <i>Kanban-Klassen</i> .....	25
3.4.2 <i>Kanban-Varianten der Steuerungsmethode</i> .....	25
3.4.3 <i>Kanban-Varianten der Steuerungsebene</i> .....	26
3.4.4 <i>Varianten der Karten</i> .....	26
3.5 IMPLEMENTIERUNG .....	27
3.5.1 <i>Unternehmensweite Verpflichtung und Engagement</i> .....	29
3.5.2 <i>Infrastruktur des Unternehmens</i> .....	29
3.5.3 <i>Kommunikationsverbindung</i> .....	31
3.5.4 <i>Mitarbeiterbeteiligung</i> .....	31
3.5.5 <i>Qualität</i> .....	31
3.5.6 <i>Lieferantenbeziehung</i> .....	31

3.5.7	<i>Pull Prinzip</i> .....	32
3.5.8	<i>Pilotprojekt</i> .....	32
3.5.9	<i>Anzahl der Kanbans</i> .....	32
3.6	PROBLEME UND KRITIK .....	35
3.7	ERWEITERUNGEN.....	37
<b>4</b>	<b>POKA YOKE .....</b>	<b>38</b>
4.1	BEGRIFFSKLÄRUNG .....	38
4.2	ZIELE .....	38
4.3	GRÜNDE .....	39
4.4	ARTEN DER FEHLERENTDECKUNG.....	40
4.4.1	<i>Arten der Fehler</i> .....	40
4.4.2	<i>Die Poka Yoke Fehlerliste</i> .....	40
4.4.3	<i>Die Prinzipien der fehlerfreien Arbeitsgestaltung</i> .....	41
4.4.4	<i>Die Poka Yoke Systemmatrix</i> .....	41
4.4.4.1	Prüfmethode .....	42
4.4.4.2	Auslösemechanismus .....	43
4.4.4.3	Regulierungsmechanismus .....	43
4.5	IMPLEMENTIERUNG .....	44
4.5.1	<i>Zeitpunkt der Problemerkennung</i> .....	47
4.5.1.1	Fehlerorientiertes Poka Yoke System .....	47
4.5.1.2	Prozessorientiertes Poka Yoke System .....	48
4.5.1.3	Produktorientiertes Poka Yoke System (Source Inspection) ....	48
4.6	PROBLEME UND KRITIK .....	49
<b>5</b>	<b>SIX SIGMA.....</b>	<b>50</b>
5.1	BEGRIFFSKLÄRUNG .....	50
5.2	ZIELE .....	51
5.3	GRÜNDE .....	52
5.4	ARTEN .....	53
5.4.1	<i>DMAIC Prozess</i> .....	53
5.4.1.1	Define Phase: .....	55
5.4.1.2	Measure Phase: .....	56
5.4.1.3	Analyze Phase: .....	59
5.4.1.4	Improve Phase: .....	60
5.4.1.5	Control Phase:.....	60
5.4.2	<i>DFSS Prozess</i> .....	61
5.5	IMPLEMENTIERUNG .....	63
5.5.1	<i>Management Beteiligung und Engagement:</i> .....	64
5.5.2	<i>Infrastruktur des Unternehmens:</i> .....	65
5.5.3	<i>Verknüpfung von Six Sigma mit der Unternehmensstrategie:</i> .....	65
5.5.4	<i>Kulturelle Veränderung und Kommunikation:</i> .....	65
5.5.5	<i>Training und kontinuierliche Ausbildung:</i> .....	66
5.5.6	<i>Projektmanagement, -auswahl:</i> .....	66
5.5.7	<i>Verknüpfung zu Lieferanten:</i> .....	67
5.5.8	<i>Verknüpfung zu Kunden (Anfang und Ende von Six Sigma):</i> ..	67
5.5.9	<i>Beteiligte</i> .....	68
5.6	PROBLEME UND KRITIK .....	70

<b>6</b>	<b>DIE MODELLE .....</b>	<b>73</b>
6.1	EOQ KOSTENFUNKTION .....	73
6.2	JIT KOSTENFUNKTION .....	75
6.2.1	<i>EOQ vs JIT</i> .....	76
6.3	PY/SIX SIGMA KOSTENFUNKTION .....	77
6.3.1	<i>EOQ vs PY/Six Sigma</i> .....	78
6.4	BEISPIELE.....	79
6.4.1	<i>EOQ vs JIT</i> .....	80
6.4.2	<i>EOQ vs PY</i> .....	81
6.4.3	<i>EOQ vs Six Sigma</i> .....	82
6.4.4	<i>Auswirkungen veränderter Parameter</i> .....	84
6.4.4.1	JIT.....	84
6.4.4.2	Poka Yoke.....	88
6.4.4.3	Six Sigma .....	92
6.4.5	<i>Diskussion der Ergebnisse</i> .....	95
<b>7</b>	<b>SCHLUSSWORT .....</b>	<b>97</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>99</b>
	<b>INTERNET-QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANHANG A: SIX SIGMA TABELLE .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANHANG B: DEUTSCHER ABSTRACT .....</b>	<b>107</b>
	<b>ANHANG C: ENGLISCHER ABSTRACT .....</b>	<b>109</b>
	<b>ANHANG D: LEBENS LAUF.....</b>	<b>110</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Kanban-Kreislauf“ .....	22
Abbildung 2: „Die Poka Yoke Systemmatrix“ .....	42
Abbildung 3: „Konzeptvergleich“ .....	45
Abbildung 4: „Wertung der Konzepte“ .....	46
Abbildung 5: „Verbesserung des dominanten Konzeptes“ .....	46
Abbildung 6: „Six Sigma Methoden“ .....	53
Abbildung 7: Der DMAIC Prozesskreislauf .....	54
Abbildung 8: „Einseitige Spezifikationen“ .....	58
Abbildung 9: „Beidseitige Spezifikationen“ .....	59
Abbildung 10: „Qualitätshäuser des QFD“ .....	62
Abbildung 11: „Projekthierarchie“ .....	70
Abbildung 12: Kostenunterschied zwischen EOQ und JIT .....	80
Abbildung 13: Kostenunterschied zwischen EOQ und Poka Yoke .....	82
Abbildung 14: Kostenunterschied zwischen EOQ und Six Sigma .....	83
Abbildung 15: EOQ vs JIT Einfluss der Lagerhaltungskosten .....	84
Abbildung 16: EOQ vs JIT Einfluss des Anteils an fehlerhaften Teilen. ...	85
Abbildung 17: EOQ vs JIT Einfluss der Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität. ....	86
Abbildung 18: Wahrscheinlichkeit bei der der Kostenvorteil von JIT verloren geht. ....	87
Abbildung 19: EOQ vs PY Einfluss der Lagerhaltungskosten .....	88
Abbildung 20: EOQ vs PY Einfluss des Anteils an fehlerhaften Teilen. ...	89
Abbildung 21: EOQ vs PY Einfluss der Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität. ....	90
Abbildung 22: Wahrscheinlichkeit bei der der Kostenvorteil von PY verloren geht. ....	91
Abbildung 23: EOQ vs Six Sigma Einfluss der Lagerhaltungskosten .....	92
Abbildung 24: EOQ vs Six Sigma Einfluss des Anteils an fehlerhaften Teilen. ....	93
Abbildung 25: EOQ vs Six Sigma Einfluss der Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität.....	93

Abbildung 26: Wahrscheinlichkeit bei der der Kostenvorteil von Six Sigma  
verloren geht. .... 94

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: „Six Sigma Qualitätslevel“ .....	51
Tabelle 2: EOQ vs JIT Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.....	88
Tabelle 3: EOQ vs PY Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.....	91
Tabelle 4: EOQ vs Six Sigma Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.....	95



## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ANOVA	Analysis of Variance
Aufl.	Auflage
BOA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
Conwip	Constant Work in Process
CTQ	Critical to Quality
DFSS	Design for Six Sigma
DMADV	Define/Measure/Analyze/Design/Verify
DMAIC	Define/Measure/Analyze/Improve/Control
DOE	Design of Experiments
DPMO	Defects per Million Opportunities
DPU	Defects per Unit
EDI	Electronic Data Interchange
EH	Einheit
EOQ	Economic Order Quantity
Et al.	Et alli (und andere)
Etc.	et cetera
€	Euro
FMEA	Fehler-, Möglichkeits- und Einflussanalyse
GE	Geldeinheit
Hrsg.	Herausgeber
Iss.	Issue
JIT	Just in Time
Kap.	Kapitel
LSL	Lower Specification Limit (untere Spezifikationsgrenze)
MNK	Materialnummernneutrales Kanban
MRP	Material Requirements Planning
Nr.	Nummer
PY	Poka Yoke
QFD	Quality Function Deployment
SCAMPER	Substitute/Combine/Adapt/Modify/Put/Eliminate/Reverse
SIPOC	Supplier/Input/Process/Output/Customer

SQC	Statistical Quality Control
Stk.	Stück
TQM	Total Quality Management
TRIZ	Teoriya Reshemiya Izobretatelskikh Zadach (Theorie des erfinderischen Problemlösens)
USL	Upper Specification Limit (obere Spezifikationsgrenze)
Vgl.	Vergleiche
VOC	Voice of Customer
Vol.	Volume
WIP	Work in Progress
zit. nach	zitiert nach

## Liste der Variablen und Parameter

$B_{\max}$	Maximaler Bestand
$B_S$	Sicherheitsbestand
$b_u$	Anzahl der Kanbans
$B_U$	Umlaufbestand
$\beta$	Sicherheitsfaktor
$c$	Quadratmeterpreis pro Jahr
$C_p$	Prozessfähigkeitsindex
$C_{pk}$	Kritischer Prozessfähigkeitsindex
CPL	Untere Fähigkeitsgrenze
CPU	Obere Fähigkeitsgrenze
$C_r$	Kosten schlechter Qualität/Einheit
$D$	jährliche Nachfrage für auf Lager gehaltene Güter
$D_{\text{ind}}$	Nachfrage bei der die Gesamtkosten der Modelle gleich sind
$D_{\max}$	Nachfrage bei der der Kostenvorteil des Modells gegenüber dem EOQ Modell maximal ist.
EOQ	Economic Order Quantity
$h$	jährliche Lagerhaltungskosten/Einheit auf Lager (GE/EH/Jahr)
$I$	Investitionen für die Umsetzung der Methode
JIT	Just in Time
$k$	Bestellkosten (GE/Bestellung)
max	Maximum
min	Minimum
$\mu_d$	durchschnittlicher Bedarf/Periode (in Stück)
$\mu_{kzz}$	durchschnittliche Kanban-Zykluszeit (Anzahl Perioden)
$\mu_Q$	durchschnittliche Anzahl fehlerfreier Teile/Los (in Stück)
$N$	Quadratmeterersparnis durch JIT
$p$	Teile schlechter Qualität (in Prozent)
$P$	Liefer-/Kaufpreis/Herstellungskosten pro Stück
PY	Poka Yoke
$Q$	Bestellmenge
$Q^*$	optimale Bestellmenge

S	Six Sigma
$\sigma_d$	Standardabweichung Bedarf (in Stück)
$\sigma_{kzz}$	Standardabweichung Kanban-Zykluszeit (Anzahl Perioden)
$\sigma_Q$	Standardabweichung der fehlerfreien Teile (in Stück)
T	Wahrscheinlichkeit, dass Teile von schlechter Qualität sind
TC	Gesamtkosten (GE/Jahr)
z	Servicefaktor
Z	Kostenunterschied der Modelle

# 1 Einleitung

In der heutigen Zeit steigen die Ansprüche der Kunden immer mehr an. Sie fordern Produkte hoher Qualität zu niedrigen Kosten und erwarten, dass ihre Wünsche pünktlich befriedigt werden. Darüber hinaus sinkt die Loyalität der Kunden gegenüber den Unternehmen. Aus diesem Grund müssen diese große Anstrengungen ergreifen, um neue Kunden zu gewinnen und diese auch langfristig an sich zu binden und dadurch konkurrenzfähig zu bleiben.

In den vergangenen Jahren erlebten bestehende Qualitäts- und Beschaffungsmethoden eine „Auflebung“ und neue Programme wurden entwickelt. Die große Erfolge im Bereich der Kundenzufriedenheit, der Kostenersparnis, sowie einen Vorteil gegenüber der Konkurrenz und somit eine stärkere Marktposition versprechen. Unternehmen, die erfolgreich in der Umsetzung waren, loben die Methoden in den höchsten Tönen und jene, die dabei gescheitert sind, kritisieren sie stark und tun sie als eine weitere Modeerscheinung ab.

Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit Methoden, die zur Verbesserung der Qualität beitragen sollen, vorgestellt und bezüglich ihres Kostenvorteils untersucht. Dabei wird angenommen, dass ihr Ziel die Qualität zu verbessern von Erfolg gekrönt ist, sodass als Vergleichskriterium die Kostenersparnis, die dem Unternehmen durch die Einführung der jeweiligen Methode entsteht, herangezogen wird. Die Kostenersparnis bezieht sich dabei, sowohl auf die Kosten, die durch schlechte Qualität und fehlerhafte Teilen entstehen würden, als auch auf die Kosten der Lagerhaltung.

In den Kapiteln 2 bis 5 werden die einzelnen Methoden, im Konkreten Just in Time, Kanban, Poka Yoke und Six Sigma vorgestellt und die Ziele, die damit verfolgt werden, sowie die Vorteile, die ihre Nutzung bieten, erläutert. Darüber hinaus werden die wesentlichen Punkte der Einführung

und der Anwendung kurz dargestellt und mögliche Problemfelder, sowie Kritikpunkte erwähnt.

Im darauf folgenden Kapitel werden die Kostenfunktionen, die für den Vergleich der Methoden benötigt werden erklärt. Dazu werden die Kostenfunktionen der jeweiligen Methode mit dem Economic Order Quantity Modell, welches um die Kosten schlechter Qualität erweitert wird, verglichen und jener Punkt an dem die Kosten gleich sind, sowie jener an dem der Kostenunterschied maximal ist, berechnet.

Zum Abschluss wird für jede Methode noch ein Zahlenbeispiel gegeben und graphisch dargestellt. Darüber hinaus wird auch noch untersucht, wie sich die Veränderung verschiedener Parameter auf den Kostenvorteil der jeweiligen Methode auswirkt.

## 2 Just in Time

Das Just in Time Konzept wurde von Taiichi Ohno in der Toyota Motor Corporation entwickelt und ist eines der vier Hauptbestandteile des Toyota Produktionssystems.<sup>1</sup>

Für Taiichi Ohno stellt die Überproduktion eine Verschwendung in allen Herstellungsprozessen dar. Mit Hilfe von Just in Time soll diese vermieden werden, indem nur die exakte Anzahl von gewünschten Einheiten zum richtigen Zeitpunkt transportiert beziehungsweise hergestellt wird.<sup>2</sup>

### 2.1 Begriffsklärung

Just in Time ist sowohl eine Produktions- als auch eine Lieferantenstrategie, bei der Lieferungen beziehungsweise die Produktion regelmäßig und nur dann, wenn sie benötigt werden (zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Menge und am richtigen Ort), erfolgen. Sie zielt darauf ab jegliche Art von Verschwendung zu eliminieren.<sup>3</sup> Dazu zählen alle Arten von Aktivitäten die keinen Wertzuwachs darstellen, wie z.B. überschüssige Lager- und Pufferbestände, übergroße Losgrößen, besonders lange Kundenzkluszeiten, lange Rüstzeiten, Fehler und daraus resultierende Qualitätskontrollen, sowie Kosten der Materialhandhabung, lange Vorlaufzeiten, und die Verwendung vieler Anlagen, Ausrüstungen, Materialien und Angestellten.<sup>4</sup>

Darüber hinaus soll die Produktivität verbessert und stabile Prozesse geschaffen werden, dies wird ermöglicht durch die Vereinfachung und die Verbesserung der Prozesse.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Swanson/Lankford (1998) S. 333; Shah/Ward (2007) S. 788 (zit. nach Monden, 1983).

<sup>2</sup> Johnston (1989) S. 83 f. (zit. nach Imai/Mosaaki, 1986, S. 240f).

<sup>3</sup> Mehra/Inman (1992), S. 172; Sugimori et al. (1977), S. 554f.

<sup>4</sup> Shah/Ward (2007), S.788 (zit. nach Flynn et al., 1995); Mehra/Inman (1992), S. 172; Barlow (2002), S. 158 (zit. nach Voss (1989); Fullerton/McWatters (2001), S. 81 (zit. nach Calvasina et al. (1989, S.41).

<sup>5</sup> Fullerton/McWatters (2001), S. 81f.; Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 61.

Häufig konzentrieren sich Unternehmen in der Praxis jedoch nur auf Teile von Just in Time, vorrangig auf die Senkung der Lagerbestände, die Verbesserung der Prozesse wird dabei außer Acht gelassen. Die Folge dessen kann ein Fehlschlagen von Just in Time mit sich bringen.<sup>6</sup>

## **2.2 Ziele**

Das Ziel von Just in Time ist es den gesamten Herstellungsprozess langfristig zu optimieren (vom Lieferanten bis zum Kunden).<sup>7</sup>

Zur Optimierung zählen die Verbesserung der Qualität unter Einbezug der Mitarbeiter, die Eliminierung von Verschwendung (wie hohe Lagerbestände, übergroße Lose, Maschinenausfälle oder lange Transportwege für Halbfabrikate) und die langfristige Verpflichtung (pünktlich, hohe Qualität direkt an den Verbrauchsort zu liefern) von wenigen Lieferanten. Auf diese Weise sind Kontrollen von gelieferten Waren nicht mehr nötig.<sup>8</sup>

Zur Erreichung der oben genannten Ziele müssen die Kommunikation und der Informationsfluss zwischen den Abteilungen, dem Management und den Lieferanten verbessert werden, sowie die Fähigkeiten der Mitarbeiter, die Ausrüstung und die bei der Produktion verwendeten Materialien und Teile voll ausgeschöpft werden.<sup>9</sup>

## **2.3 Gründe**

Die Einführung von Just in Time bietet eine Vielzahl an Vorteilen, die meist genannten sind die Senkung der Kosten und die geringere Kapitalbindung. Die Kosten können mittels Just in Time in vielen Bereichen gesenkt werden. So können auf Grund der kleineren Lose die Lagerbestände gesenkt werden, durch die geringere Menge an Teilen auf Lager, werden auch weniger Platz, weniger Mitarbeiter zur Verfolgung der Materialien

---

<sup>6</sup> Lummus/Duclos-Wilson (1992) S. 61 (zit. nach Schonberger, 1986).

<sup>7</sup> Fullerton/McWatters (2001), S. 82 (zit. nach Jones, 1991).

<sup>8</sup> Ebenda, S. 82 (zit. nach Davy et al., 1992; Monden, 1981; Walleigh, 1986); Johnston (1989), S. 83; Barlow (2002), S. 157 (zit. nach Voss, 1989).

<sup>9</sup> Fullerton/McWatters (2001), S. 82; Shah/Ward (2007), S. 788 (zit. nach Davy et al., 1992).



benötigt und das Risiko an hohen Verlusten auf Grund von Zerstörung und veralteten Teilen sinkt ebenfalls. Darüber hinaus sinken durch die Verbesserung der Qualität, die auf Grund der schnelleren Fehlerentdeckung und der raschen Korrektur, sowie der Beseitigung der Fehlerursachen erreicht wird, auch die Kontrollkosten, die Kosten für Garantieansprüche oder Preisnachlässe und die Kosten für Ausschussware, sowie für Nacharbeiten an fehlerhaften Teilen.

Da durch die Umstrukturierung des Herstellungsprozesses Transportwege verkürzt und eingespart werden können, können auch noch die Kosten für die Herstellung und die Vorlaufzeit gesenkt werden. Durch die Senkung der eben genannten Kosten wird weniger Kapital für die Lagerhaltung, Personal und Rückstellungen benötigt.<sup>10</sup>

Ein weiterer Grund für die Nutzung von Just in Time ist die erhöhte Verantwortung und das Job Enlargement von Mitarbeiter, die nicht nur zur Verbesserung der Motivation führen, sondern auch dazu, dass die Fähigkeiten der Mitarbeiter voll ausgeschöpft werden.<sup>11</sup> So springen sie für fehlende Mitarbeiter ein und führen auch regelmäßige Wartungen durch, um Maschinenausfälle vorzubeugen.<sup>12</sup> Dadurch, aber auch durch die Senkung der Rüstzeiten, die vermehrte Rüstvorgänge ermöglichen, steigt die Flexibilität und die Produktivität, sowie die Problemlösungsfähigkeit und der Prozessertrag.<sup>13</sup> Auf diese Weise kann schneller auf eine veränderte Nachfrage eingegangen werden, ohne dass dabei Verspätungen auftreten.<sup>14</sup>

Überdies kann sowohl durch das bei Just in Time verbesserte Management System, als auch durch die hohe Qualität und die erhöhte

---

<sup>10</sup> Billesbach (1991), S. 2; Barlow (2002), S. 158; Gilbert (1990), S. 1100 (zit. nach Schonberger, 1982); Epps (1995), S. 40; Swanson/Lankford (1998), S. 337 (zit. nach Duncan 1988).

<sup>11</sup> Fullerton/McWatters (2001), S. 83; Shah/Ward (2007), S. 788 (zit. nach Davy et al., 1992).

<sup>12</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 334.

<sup>13</sup> McLachlin (1997), S. 272.

<sup>14</sup> Billesbach (1991), S. 2.

Kundenzufriedenheit (die dazuführen, dass Kunden erneut Produkte des Unternehmens kaufen), die Konkurrenzfähigkeit und der Kundenstock erhöht werden.<sup>15</sup>

## **2.4 Implementierung**

Damit die Methode erfolgreich ist, müssen folgende Dinge beachtet werden: Unternehmensweite Verpflichtung und Engagement aller im Unternehmen beschäftigten, eine Veränderung der Infrastruktur des Unternehmens, die Verbesserung der Kommunikation innerhalb und außerhalb des Unternehmens, die Erhöhung der Mitarbeiterbeteiligung, die Verbesserung der Qualität von Produkten und des Herstellungsprozesses, die Intensivierung der Beziehung zu Lieferanten, die Produktion nach dem Pull-Prinzip, die Durchführung eines Pilotprojektes und die Zuhilfenahme von externen Beratern.<sup>16</sup>

### **2.4.1 Unternehmensweite Verpflichtung und Engagement**

Die Einführung von Just in Time erfordert eine genaue Planung und sollte Teil der Unternehmensstrategie sein. Sie bedarf darüber hinaus der Teilnahme aller im Unternehmen und vor allem Durchhaltevermögen.<sup>17</sup>

Just in Time zu nutzen, entspricht der Unternehmensentscheidung, das Geschäft nach einer neuen Philosophie zu leiten. Vor der Einführung muss die aktuelle Betriebsumwelt deshalb genau untersucht werden. Dafür werden Daten gesammelt, analysiert, und das Unternehmen bewertet, sodass die Möglichkeiten die Just in Time dem Unternehmen bietet, festgestellt werden können.<sup>18</sup>

Die Einführung von Just in Time muss vom Management angestoßen werden, überdies muss dieses sich voll für die Methode engagieren, sie unterstützen und offen für Verbesserungsvorschläge seitens der

---

<sup>15</sup> Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994) S. 3ff.; Swanson/Lankford (1998), S. 339.

<sup>16</sup> Swanson/Lankford (1998), S.333; Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994) S. 5ff; McLachlin (1997), S. 272ff.

<sup>17</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 333 (zit. nach Galhenage, 1997).

<sup>18</sup> Bockerstette (1988), S. 54.

Mitarbeiter sein, und diese auch anregen ihre Vorschläge einzubringen, sowie bei Veränderungen und Verbesserungen aktiv mitzuhelfen. Außerdem gibt es Ziele mit ausreichend Handlungsspielraum vor, an denen sich die Mitarbeiter orientieren und selbst kontrollieren können.<sup>19</sup>

Darüber hinaus muss das Top Management die Schlüsselemente, wie die Kosten der Umwandlung, die Dauer der Veränderung und die zu erwartenden Ereignisse (Probleme, wie Verzögerungen bei der Umsetzung, Widerstand seitens der Mitarbeiter etc.), kennen. In der frühen Einführungsphase ist es nötig, dass das Management die finanziellen Mittel, die für die Umwandlung notwendig sind, freigibt.<sup>20</sup>

#### **2.4.2 Infrastruktur des Unternehmens**

- Produktionsplanung: Der Grundstein für Just in Time ist eine geglättete und vorhersagbare Produktion. Die Produktion erfolgt nur, wenn der Kunde danach fragt, es werden also nur mehr kleine Mengen produziert. Durch häufigere Rüstvorgänge sollen kleinere Lose während des Tages wiederholt produziert werden. Auf diese Weise kann der tägliche Produktmix von Los zu Los angepasst werden, damit die Nachfrage erfüllt werden kann. Die höhere Anzahl an Rüstvorgängen soll jedoch ohne das Entstehen zusätzlicher Kosten erfolgen. Die Planung erfolgt bei JIT in entgegen gesetzter Richtung des Master Schedule. Der bisher auf wöchentlicher Basis erstellt wurde und nun in einen Plan auf täglicher Basis umgewandelt werden muss.<sup>21</sup>
- Technische Überarbeitung des Rüstvorgangs: Die Senkung der Rüstzeiten ist wesentlich für die Pull Produktion. Die durch die Verbesserung der Rüstvorgänge gewonnene Zeit wird benötigt, um häufigeres Umrüsten ohne Verspätungen zu ermöglichen.<sup>22</sup> Damit diese erfolgreich gesenkt werden können, muss das Design der Maschinen so gestaltet werden, dass Rüstvorgänge leicht und

---

<sup>19</sup> Epps (1995), S. 41f.

<sup>20</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 333 (zit. nach Galhenage, 1997);  
Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 5f.

<sup>21</sup> Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 6; Swanson/Lankford (1998), S. 338.

<sup>22</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 24 (zit. nach Shingo, 1985; Ohno, 1978);  
Swanson/Lankford (1998), S. 338.

schnell durchgeführt werden können. Darüber hinaus müssen die Mitarbeiter die Rüstvorgänge üben und trainieren, um die Zeiten zusätzlich zu senken.<sup>23</sup> Durch die Vereinfachung der Rüstvorgänge kann außerdem die Durchlaufzeit gesenkt, kleinere Lose produziert, schneller auf Kundenwünsche reagiert und die Flexibilität erhöht werden.<sup>24</sup>

- Layout: Das Layout der Maschinen muss, U-förmig gestaltet werden, sodass der Materialfluss ohne Transport möglich ist. Dadurch können die Kosten, die nicht wertschöpfend (z.B. Kosten für Transporte innerhalb des Unternehmens) sind, gesenkt werden, die Übersichtlichkeit, die Kommunikation, die Taktabstimmung und die Reaktionsfähigkeit werden durch das veränderte Layout ebenfalls verbessert. Auf diese Weise werden Fehler außerdem schneller entdeckt und die Qualität der Produkte gesteigert.<sup>25</sup>
- Zellfertigung: Maschinen, die zur Fertigung eines Produktes nötig sind, werden in einer Zelle zusammengefasst. In dieser werden dann Produkte mit gleicher Größe, Form oder Bearbeitungsform gefertigt. Dies führt erneut zu einer Senkung der Durchlaufzeiten und der Kosten für den Materialtransport zwischen den Bearbeitungsstufen, sodass geringere Mengen an Halbfabrikaten auf Lager gehalten werden müssen.<sup>26</sup>
- Autonomie: Die Maschinen müssen so entworfen werden, dass sie automatisch stoppen, wenn ein Fehler entsteht. Der Vorteil ist, dass Arbeiter die Maschinen pflegen können, wenn die Maschinen stoppen, und dass diese an mehreren Maschinen gleichzeitig arbeiten können. Die Wahrscheinlichkeit, dass fehlerhafte Teile produziert werden sinkt, da durch Maschinenausfälle auf die Probleme aufmerksam gemacht wird. Später kann die Autonomie auch auf manuelle Arbeitsstationen ausgedehnt werden.<sup>27</sup>

---

<sup>23</sup> Cua/McKone/Schroeder (2001), S. 691; Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 5.

<sup>24</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 24 (zit. nach Shingo, 1985; Ohno, 1978).

<sup>25</sup> Epps (1995), S. 42.

<sup>26</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 25 (zit. nach Hyer/Wemmerlov, 1984).

<sup>27</sup> Johnston (1989), S. 84.

- Lagerhaltung: Es darf höchstens jene Menge, die für die aktuelle Produktion benötigt wird, auf Lager gehalten werden. Auf diese Weise kommt es zu einer erheblichen Ersparnis an Lagerplatz, der für neue Produktionsprozesse genutzt werden kann.<sup>28</sup> Da die bisherige Ausbringung jedoch beibehalten werden soll, obwohl der Lagerbestand gesenkt wird und dadurch weniger Ressourcen zur Verfügung stehen, können Probleme, die ansonsten unentdeckt bleiben würden, erkannt und beseitigt werden. Durch die verringerten Lagerbestände wird aber auch die Zeit, die Mitarbeiter haben, um auf ein Problem zu reagieren, eingespart. So entsteht dem Unternehmen der Vorteil, dass es die Leistungen der Mitarbeiter und der Prozesse messen kann. Das Ziel der Unternehmensleitung sollte nun sein, die Balance zwischen dem optimalen Arbeitstempo und der optimalen Höhe des Lagerbestandes zu finden, bei der die Mitarbeiter angespornt werden aber nicht hasten müssen oder ermüden.<sup>29</sup> Zu beachten ist hier allerdings, dass die Platzersparnis und die damit verbundene Kostenersparnis auf Grund der kleineren Lagermenge nur einmalig sind.<sup>30</sup> Kann während der Einführung keine Senkung des Lagerhaltungsaufwandes festgestellt werden, so ist dieser mit großer Wahrscheinlichkeit nur an einen anderen Ort verschoben worden. (z.B. Halbfabrikate zu Fertigprodukten).<sup>31</sup>

### 2.4.3 Kommunikation

Bei der Einführung von JIT müssen die Kommunikationskanäle geöffnet und die Kommunikation selbst erhöht werden. Auf diese Weise wird eine Vertrauensbasis geschaffen und der Widerstand, der auf Grund von Ängsten und mangelndem Verständnis bei Mitarbeitern entstehen kann, reduziert und vermieden.

---

<sup>28</sup> Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 62; Swanson/Lankford (1998), S. 334; Crémer (1995), S. 433.

<sup>29</sup> Johnston (1989), S. 85; Gilbert (1990), S. 1099; Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 62.

<sup>30</sup> Crémer (1995), S. 433.

<sup>31</sup> Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 62.

Darüber hinaus vereinfacht dies, die Gewinnung von Verbesserungsvorschlägen der Mitarbeiter und ermöglicht eine verbesserte Planung und Lieferleistung. Es ist jedoch Vorsicht geboten, sodass die Öffnung der Kommunikationskanäle nicht zu einer Flut an unnötigen Informationen wird. Denn nur so kann sie zu weniger organisatorischem Aufwand, wie etwa Papierarbeit, führen.<sup>32</sup>

#### **2.4.4 Mitarbeiterbeteiligung**

Wie die Unternehmensleitung müssen sich auch die Mitarbeiter für Just in Time engagieren und für den Erfolg verpflichten.<sup>33</sup> Damit die Einführung auch von den Mitarbeitern angenommen wird, muss das Management dafür sorgen, dass sich alle über den Grund der Veränderung im Klaren sind. Außerdem muss jeder Mitarbeiter eine Fortbildung erhalten, in der die Basis über das Verständnis der technischen Aspekte und den Einfluss auf deren Arbeitsumfeld, vermittelt wird.<sup>34</sup>

Das Personal bekommt bei Just in Time mehr Spielraum, Entscheidungskraft und Verantwortung. Zum einen werden sie für den Einsatz in verschiedenen Bereichen ausgebildet. Auf diese Weise erreicht das Unternehmen eine höhere Flexibilität bei Engpässen, da die Mitarbeiter mehrere Maschinen bedienen und eine Vielzahl an Aufgaben erledigen und so auch für abwesende Mitarbeiter einspringen können. Der Mitarbeiter soll dementsprechend als Experte in seinem Bereich betrachtet werden.<sup>35</sup> Zum anderen werden die Mitarbeiter auch mit der Wartung und kleineren Reparaturen betraut, sodass es nicht zu ungewollten Maschinenausfällen kommt, die zu einer höheren Wartezeit bei Kunden führen. Deren Vermeidung würde im Normalfall in höheren Lagerbeständen und Durchlaufzeiten resultieren.<sup>36</sup> Des Weiteren müssen die Mitarbeiter auch für die Ordnung und Sauberkeit an ihrem Arbeitsplatz sorgen, auf diese Weise wird ihr Bereich übersichtlicher und es kann

---

<sup>32</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 335f.; Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 6.

<sup>33</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 334.

<sup>34</sup> Ebenda, 339f.; Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 6 (zit. nach Adair-Heeley/Garwood, 1989).

<sup>35</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 339; Cua/McKone/Schroeder (2001), S. 690.

<sup>36</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 25; Swanson/Lankford (1998), S. 334.

sofort entdeckt werden, wenn Werkzeuge fehlen und Gegenstände können schneller wieder gefunden werden. Der Vorteil der Aufgabenerweiterung ist, dass es zu keinen Leerzeiten bei Mitarbeitern auf Grund der geringeren Losgrößen kommt.<sup>37</sup>

Außerdem ist der Mitarbeiter auch verantwortlich für die Qualität seiner Teile. Deshalb erhalten die Mitarbeiter das Recht die Produktion zu stoppen, wenn Fehler auftreten. Während der Mitarbeiter, der die Maschine gestoppt hat, den Fehler behebt, sollen alle anderen betroffenen Mitarbeiter an ihren Maschinen vorbeugende Wartungen durchführen.<sup>38</sup>

Überdies wird der Mitarbeiter auch angeregt Verbesserungsvorschläge, die seinen Arbeitsplatz, die Produktqualität, sowie die Vermeidung von Verschwendung betreffen, einzubringen.<sup>39</sup>

Das Engagement von Mitarbeitern ist für die Konkurrenzfähigkeit des Unternehmens entscheidend. Die Vorschläge und Anregungen von Mitarbeitern müssen deshalb honoriert werden.<sup>40</sup> Außerdem erhöht sich bei den Mitarbeitern das Gefühl, respektiert zu werden, dies führt dazu, dass diese sich stärker mit dem Unternehmen identifizieren und deshalb Änderungen eher annehmen.<sup>41</sup>

#### **2.4.5 Qualität**

Qualität ist in der heutigen Zeit von großer Bedeutung. Produkte die von mangelhafter Qualität sind werden vom Kunden abgelehnt und ihr Lebenszyklus ist kurz. Darüber hinaus verursachen Produkte schlechter Qualität hohe Kosten (Ausschussware, Nacharbeit, Rabatte Garantieansprüche, Verkaufseinbußen, Rückrufaktionen und Umtausch

---

<sup>37</sup> Johnston (1989), S 84f.; Swanson/Lankford (1998), S. 334;

Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 5.

<sup>38</sup> Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 6 (zit. nach Chase/Aquilano, 1992).

<sup>39</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 339.

<sup>40</sup> Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 6.

<sup>41</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 340.

von Waren).<sup>42</sup> Die Verbesserung der Qualität kann deshalb zu einer Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit führen.<sup>43</sup> Aus diesen Gründen strebt JIT hohe Qualität in allen Bereichen an (Produktionsprozess, Informationsteilung, Design, Wartung, Arbeitskonditionen, Kundenbeziehung, Organisation, etc.).<sup>44</sup>

In vielen Unternehmen besteht schon vor Einführung von Just in Time eine eigene Abteilung für die Sicherung der Qualität, die Fehler entdeckt und die fehlerhaften Teile zur Nacharbeit an die entsprechende Abteilung zurücksendet. Die Fehlerursachen werden dabei jedoch nicht behoben. Bei Just in Time verändert sich die Aufgabe dieser Abteilung, sie ist dann für das Training und die Unterstützung der Produktionsarbeiter zuständig. Die Mitarbeiter dieser Abteilung arbeiten eng mit den Produktionsarbeitern zusammen und lehren diese und auch die Lieferanten Techniken der statistischen Qualitätskontrolle, damit diese Probleme entdecken und die kleineren selbst lösen können. Die dabei verwendeten Werkzeuge sind Häufigkeitsdiagramme, Streuungsdiagramme und Pareto – Diagramme. Der Vorteil der eben genannten Werkzeuge ist, dass sie leicht zu erstellen und flexibel in der Anwendung sind.<sup>45</sup>

Bei JIT ist der Mitarbeiter nun selbst für die Qualität verantwortlich. Er muss darauf achten, dass Prozesse richtig ablaufen. Um dies zu erleichtern, werden die Prozesse so gestaltet, dass es den Mitarbeitern leicht fällt das richtige zu tun, oder Fehler zu entdecken.<sup>46</sup>

---

<sup>42</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 25 (zit. nach Adam, 1994; Schmenner, 1992); Epps (1995), S. 42.

<sup>43</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 25 (zit. nach Deming, 1982, 1986; Juran, 1988).

<sup>44</sup> Johnston (1989), S. 84.

<sup>45</sup> Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 62; Swanson/Lankford (1998), S. 336f. (zit. nach Ansari/Modaress, 1990; Duncan, 1988).

<sup>46</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 338.



Ein weiterer Teil des Just in Time Systems sind die Qualitätszirkel, bei denen Qualitätsprobleme und Lösungsmöglichkeiten von Mitarbeitern diskutiert und dem Management anschließend präsentiert werden.<sup>47</sup>

#### **2.4.6 Lieferantenbeziehung**

Wenn Just in Time erfolgreich im Unternehmen eingeführt wurde, kann es als nächsten Schritt die Lieferanten mit einbeziehen. Die Einbindung des Lieferanten ist sehr wichtig, da bis zu 30 % aller Fehler auf der Lieferung von fehlerhaften Produkten beruhen. Deshalb braucht Just in Time loyale Lieferanten, wobei einige vertrauenswürdige, die qualitative Produkte in gewünschter Häufigkeit liefern, ausgewählt werden sollen. Bei der Auswahl sind vorrangig, seine Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit, sowie die Qualität von Bedeutung. Als weiteres Kriterium kann dann der Preis herangezogen werden. Außerdem ist ein Lieferantenzertifizierungsprogramm, welches die Verpflichtung des Lieferanten zu hoher Qualität belegt und Kontrollen somit unnötig macht, unerlässlich. Die ausgewählten Lieferanten sind die einzigen, die ihre Art von Produkt an das Unternehmen liefern, dadurch steigen deren Motivation und ihre Konkurrenzfähigkeit.<sup>48</sup>

Damit diese aber auch nach der Auswahl den Anforderungen entsprechen und die Zusammenarbeit von Erfolg gekrönt ist, ist es notwendig, die Beziehungen zu verbessern, Anreize zu schaffen, und die durch die Zusammenarbeit erzielten Erfolge mit ihnen zu teilen, sodass eine Win-Win Situation entsteht.

Bei JIT übernimmt der Lieferant die Qualitätskontrollen und liefert Waren häufiger an. Auf diese Weise kann das Unternehmen geringere Lagerbestände halten und die Kosten senken. Der Lieferant wiederum erzielt einen Vorteil seinen Konkurrenten gegenüber, da die Beziehung solange aufrecht gehalten wird, solange er pünktlich gute Qualität liefert.

---

<sup>47</sup> Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S 6 (zit. nach Chase/Aquilano, 1992).

<sup>48</sup> Ebenda, S. 5 (zit. nach Stevenson, 1990; Chase/Aquilano, 1992);Epps (1995), S. 41f.

Damit Lieferanten pünktlich liefern können, muss dem Lieferanten der Produktionsplan des Unternehmens bekannt sein, und es dürfen keine Notfalllieferungen gefordert werden.<sup>49</sup> Außerdem ist es notwendig, dass der Lieferant Teil des formellen Ausbildungsprogramms des Unternehmens ist, damit er die Prozesse des Unternehmens versteht und bei der Entwicklung der Designgestaltung mit einbezogen werden kann. Eine respektvolle Beziehung, Vertrauen und eine offene und ehrliche Kommunikation zwischen den Parteien sind der Grundstein für eine erfolgreiche Zusammenarbeit.<sup>50</sup>

#### **2.4.7 Pull Prinzip (Ziehprinzip)**

Beim Pull Prinzip sind die Nachfrage des Kunden oder die letzte Prozessstufe Auslöser für die Produktion. Das Ziel des Prinzips ist es, die Kundenwünsche, obwohl nur mehr geringe beziehungsweise keine Teile mehr auf Lager gehalten werden, pünktlich zu erfüllen.<sup>51</sup>

Bei Just in Time soll die Produktion sowohl im Unternehmen, als auch bei den Lieferanten nach dem Ziehprinzip erfolgen. Damit das Pull Prinzip auch erfolgreich ist, müssen Teile und Produkte pünktlich geliefert werden und den Qualitätsanforderungen entsprechen. Darüber hinaus müssen die betroffenen Bereiche schnell von Kundenwünschen erfahren, deshalb ist auch hier ein starkes Kommunikationssystem erforderlich.<sup>52</sup>

#### **2.4.8 Pilotprojekt**

Ein Pilotprojekt ist deshalb zu empfehlen, da die Kosten im Falle eines Fehlschlages und die Störungen der gesamten Produktion geringer sind.<sup>53</sup>

#### **2.4.9 Externe Berater**

Ein externer Berater hat bereits Erfahrung mit der geeigneten Vorgehensweise der Einführung und kennt mögliche Probleme, die dabei

---

<sup>49</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 335f.

<sup>50</sup> Epps (1995), S. 41f.; Barlow (2002), S. 158.

<sup>51</sup> Koufteros/Vonderembse/Doll (1998), S. 25.

<sup>52</sup> Swanson/Lankford (1998), S. 334f; Sugimori et al. (1977), S. 555.

<sup>53</sup> Zhu/Meredith/Makboonprasith (1994), S. 6.

auftreten können. Er sollte deshalb mit der Leitung der Einführung betraut werden.<sup>54</sup>

## **2.5 Probleme und Kritik**

- Just in Time muss vollständig eingeführt werden

Häufig begehen Unternehmen den Fehler sich für die Einführung von Just in Time zu entscheiden, führen dabei jedoch lediglich jene Teile ein, die leicht und schnell umzusetzen sind.<sup>55</sup> So kommt es dazu, dass Unternehmen zum Beispiel die Produktion auf kleinere Lose umstellt, dabei jedoch nicht beachtet, dass zuvor die Rüstzeiten gesenkt und das Layout der Produktionsprozesse verändert werden müssen. Geschieht dies nicht, würde die Produktivität sinken, da mehr Zeit für Rüstvorgänge benötigt werden würde und auch die Durchlaufzeit nicht gesenkt werden würde, sodass die bisherige Ausbringung nur mehr durch die Anschaffung weiterer Maschinen, sowie die Einstellung zusätzlicher Mitarbeiter erreicht werden könnte. Darüber hinaus mangelt es dem Unternehmen an der nötigen Flexibilität und Reaktionsfähigkeit. Ferner entstehen durch die kleineren Losgrößen höherer Transportaufwand und höhere Aufwendungen für die Materialhandhabung. Aus diesem Grund sollte auch das Layout der Maschinen verändert werden, sodass die Transportwege zwischen einzelnen Produktionsprozessen verkürzt werden können.

Ein weiteres Problem entsteht, wenn das Unternehmen die Lagerbestände senkt, ohne dabei die Produktionsprozesse zu verbessern (Rüstzeiten senken, Wartung und Qualität verbessern, Reorganisation der Fabriken und des Layouts). Denn dies führt häufig nicht wirklich zu einer Senkung der Lagerbestände sondern bloß zu einer Umverteilung derer, meist werden dann die Größen der Annahmestellen und der Lieferstellflächen erhöht, um mehr Raum für Lieferantanhänger zu schaffen.

---

<sup>54</sup> Ebenda, S. 6.

<sup>55</sup> McLachlin (1997), S. 272 (zit. nach Voss/Robinson, 1987).

Vorteile die Just in Time bietet gehen ebenfalls verloren, wenn der Lieferant nicht mit einbezogen und dabei unterstützt wird, sein Unternehmen ebenfalls auf JIT umzustellen. Dieser muss dann entweder hohe Lagerbestände an Fertigprodukten halten, um unerwartete und häufigere Bestellungen des Unternehmens auch erfüllen zu können (dies spiegelt sich dann entweder im Preis der Teile wider), oder der Lieferant ist erst gar nicht dazu fähig den Anforderungen des Unternehmens zu entsprechen, in diesem Fall droht die Gefahr, dass Just in Time zu „Just too Late“ wird.<sup>56</sup>

- Just in Time ist eine Unternehmensstrategie und kein Projekt  
Darüber hinaus entstehen auch Probleme, wenn Just in Time nur als Projekt betrachtet wird, da dadurch nicht ausreichend finanzielle Mittel für die Ausbildung und das Training für alle Beteiligten des Unternehmens freigegeben werden und keine Veränderungen im Unternehmen getätigt werden.
- Just in Time braucht eine klare Rollenverteilung  
Ein weiterer wesentlicher Erfolgsfaktor ist die klare Rollenverteilung. Es müssen Verantwortliche für gewisse Bereiche bestimmt werden, erfolgt dies nicht, kann es vorkommen, dass niemand sich für Probleme zuständig fühlt, oder neben seinen eigentlichen Aufgaben keine Zeit findet und Probleme weiter ungelöst bleiben.<sup>57</sup>
- Die Einführung von Just in Time braucht Zeit  
Außerdem darf nicht angenommen werden, dass JIT schnell eingeführt werden kann. Die Einführung bedarf einer Veränderung der Organisation und physische Veränderungen im Herstellungsprozess, sowie einer kulturellen Veränderung. Gewöhnlich können die physischen Veränderungen rasch

---

<sup>56</sup> Barlow (2002), S. 158; Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 61ff.

<sup>57</sup> Bockerstette (1988), S.54; Lummus/Duclos-Wilson (1992), S. 64.

durchgeführt werden. Wird den Mitarbeitern jedoch nicht ausreichend Zeit gegeben, sich an die Veränderungen zu gewöhnen und diese anzunehmen, kann sich die Einführung als sehr schwierig gestalten oder sogar scheitern.<sup>58</sup>

- Just in Time kann zu Stress führen

Weitere Probleme können auftreten, wenn das Unternehmen nicht in Betracht zieht, dass die Umstellung auf Just in Time auch Stress in vielen Bereichen verursacht. Dieser führt zu einer niedrigen Produktivität, hohen Fehlzeiten, schlechten Entscheidungen und Einschätzungen von Situationen, sowie schlechter Moral.<sup>59</sup> Anzeichen für Stress bei den Mitarbeitern sind hohe Fehlzeiten, eine hohe Fluktuationsrate, schlechte Qualität und häufige Beschwerden. Da JIT darauf abzielt hohe Qualität zu produzieren und abteilungsübergreifend ausgebildete Mitarbeiter hat, die für fehlende Mitarbeiter einspringen, können diese zwei Anzeichen nicht herangezogen werden, um festzustellen, ob Mitarbeiter gestresst sind. In der heutigen Zeit besteht in der Wirtschaft darüber hinaus auch noch eine hohe Fluktuationsrate, sodass der einzige Indikator für Stress die Beschwerden sind. Um die Anzeichen von Stress frühzeitig zu erkennen und ihnen entgegenwirken zu können, müssen die Kommunikationskanäle auch dazu genutzt werden, Berichte von Mitarbeitern über Stresssituationen und Probleme zu erhalten. Eine weitere Möglichkeit dem Stress entgegenzuwirken ist die, die Mitarbeiter in der Anwendung neuer Methoden und im Umgang mit Stress auszubilden, sodass diese mit neuen Methoden nicht überfordert werden.<sup>60</sup>

Eine Quelle für Stress kann die Vermeidung von Leerzeiten, die Einhaltung eines strengen Arbeitstempos und das strikte Festhalten

---

<sup>58</sup> Bockerstette (1988), S. 54.

<sup>59</sup> Inman/Brandon (1992), S. 55 (zit. nach. Garwood, 1984).

<sup>60</sup> Ebenda, S. 57.

an Zykluszeiten sein, wodurch die Mitarbeiter sofort auf Veränderungen, wie Nachfrageschwankungen, reagieren müssen. Dies kann zu vermehrten schweren Unfällen und dem Anstieg der Selbstmorde bei Arbeitern führen.<sup>61</sup> Dies sollte verhindert werden, indem Mitarbeitern mehr Kontrolle über ihren Arbeitsbereich gegeben und ihnen das Recht eingeräumt wird, die Maschinen bei Problemen zu stoppen. In der Praxis wurden die Mitarbeiter jedoch häufig kritisiert, wenn sie Maschinen stoppten, und Teammeetings wurden hauptsächlich nur mehr dazu genutzt, zu diskutieren, wann Maschinen gestoppt werden dürfen und wann nicht. Dies führte dazu, dass Mitarbeiter sich nicht mehr traute, Maschinen zu stoppen und der Stress nicht gesenkt werden konnte.<sup>62</sup>

Einen weiteren Grund für Stress kann die Senkung der Lagerbestände verursachen. Die Lagerbestände werden bei JIT nicht nur aus Kostengründen, sondern auch um Fehler, die dann von Mitarbeitern gelöst werden sollen, zu entdecken, gesenkt. Dieser Vorgang wiederholt sich bis keine Lagerbestände mehr bestehen und auch dann wird noch von den Mitarbeitern erwartet, weitere Fehlerquellen aufzudecken und zu lösen. Auf diese Weise geraten die Mitarbeiter schnell unter Dauerstress, dies führt zu einer Demoralisierung der Mitarbeiter und dazu, dass die Anzahl der Fehler wieder steigt.

Da die Senkung von Rüstzeiten wichtig für den Erfolg der Lagerbestandsenkung ist, kann auch diese Stress verursachen, Für die Mitarbeiter entsteht der Druck die Rüstzeiten immer wieder zu senken, auf diese Weise kann der Rüstjob zu einem Krisenjob werden. Der häufigste Fehler, der von Unternehmen dabei begangen wird, ist, dass diese von den Mitarbeitern einfach verlangen, schneller zu arbeiten, Damit die Rüstzeiten jedoch langfristig gesenkt werden können, ohne die Mitarbeiter dabei unter

---

<sup>61</sup> Ebenda, S. 57 (zit. nach Vogeler, 1987).

<sup>62</sup> Ebenda, S. 55 (zit. nach Parker/Slaughter, 1988).

Druck zu setzen, ist die Umgestaltung des Maschinendesigns und des Rüstvorgangs notwendig.

Aber auch die Erweiterung des Aufgabenbereichs und die abteilungsübergreifende Arbeit, die eigentlich immer als Motivator und somit als Vorteil angeführt wird, kann für Mitarbeiter als Stress empfunden werden, da diese unter Umständen nur zwischen drei oder vier langweiligen Tätigkeiten wechseln müssen, und auch keine Vertrautheit bei den Aktivitäten aufkommt. Dies führt dazu, dass die Angst vor Unfällen bei den Mitarbeitern steigt. Job Enlargement kann also für eine Gruppe von Mitarbeitern motivierend sein, für eine andere bedeutet es jedoch Stress.<sup>63</sup>

- Preise bleiben nicht konstant

Probleme können aber nicht nur durch das Unternehmen und die mangelhafte Umsetzung entstehen. Deshalb muss auch berücksichtigt werden, dass bei JIT angenommen wird, dass die Lieferanten jederzeit und zu immer gleichen Preisen liefern können. Preise sind jedoch von der Nachfrage und der Verfügbarkeit der Güter abhängig, sodass das Unternehmen auf Grund von Bedarfspitzen mit höheren Einkaufspreisen rechnen muss, und sich dadurch auch gezwungen sehen, entweder mit Verlusten zu produzieren, oder die Preise am Endprodukt zu erhöhen.

Darüber hinaus kann es bei Nachfrageschwankungen auch zu Schwierigkeiten kommen. Da keine Bestände mehr auf Lager gehalten werden, kann dies dazu führen, dass die Nachfrage nicht erfüllt werden kann. Besonders dann, wenn Lieferungen über große Distanzen erfolgen, das Gesetz Kontrollen von Gütern (vor allem im Lebensmittelbereich) vorschreibt, oder Teile nicht sofort verarbeitet werden können (z.B.

---

<sup>63</sup> Ebenda, S. 56.

Chemikalien). Deshalb muss der Trade Off zwischen Kostenersparnis und Risiko sorgfältig abgewogen werden.<sup>64</sup>

---

<sup>64</sup> Polito/Watson (2006), S9f.; Beard/Butler (2000) S. 61ff.



## 3 Kanban

Kanban wurde ebenfalls als Teil des Toyota Produktionssystems von Taiichi Ohno in der Toyota Motor Corporation entwickelt. Heute ist es eines der am weitesten verbreiteten Steuerungsverfahren für den Materialfluss und arbeitet auch nach dem Ziehprinzip bei dem die Produktion eines neuen Teiles oder Produktes durch die Nachfrage der letzten Produktionsstufe beziehungsweise den Kunden ausgelöst wird. Kanban ist einfach umzusetzen, soll die Verschwendungen in täglichen Arbeitsprozessen vermeiden, und trotzdem optimale Lieferfähigkeit gewährleisten.<sup>65</sup>

### 3.1 Begriffsklärung

Der Begriff Kanban kommt aus dem japanischen und bedeutet übersetzt Karte. Die Kanban-Karte wird genutzt, um Materialbehälter mit den notwendigen Informationen auszustatten und den Materialfluss zu koordinieren. In der Praxis bezieht sich Kanban jedoch nicht mehr nur auf die Karte, es kann auch Stellvertreter für Unternehmen, Fabriken, Werkstationen und Werkstätten sein. Die Karte ist aber nicht nur Informationsträger, sondern auch Auslöser eines Signals, welches Auskunft über die Menge, den Zeitpunkt und den Ort an dem die Teile benötigt werden, gibt.<sup>66</sup>

Neben den Kanban-Karten werden auch Regelkarten verwendet. Diese sollen helfen, dass die Prozesse auf gewünschte Weise ablaufen. Auf ihnen werden deshalb Abweichungen vom Standard, wie Störgrößen, Sonderbedarfe und Sonderfreigaben vermerkt.<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> Geiger/Hering/Kummer (2003), S. 14f.; Schneider/Buzacott/Rücker (2005), S. 93 (zit. nach Monden, 1983, 1994); Wang/Sarker (2006), S. 181; Dickmann, P. (2007), S. 121; Schürle (2007), S. 182.

<sup>66</sup> Wang/Sarker (2006), S. 180f; Geiger/Hering/Kummer (2003), S. 15f.; S. 38.

<sup>67</sup> Dickmann, E./Dickmann, P. (2007), S. 11.

Der Kanban-Kreis beinhaltet sowohl jenen Weg, den ein Produkt während des Herstellungsprozesses durchläuft als auch den Fluss an Informationen, von der Quelle bis zur Senke (Lieferant – Kunde).<sup>68</sup>

Abbildung 1 stellt den Kanban-Kreislauf dar. Der Kreislauf beginnt damit, dass die Ware eines Kanban-Behälters verarbeitet und die Kanban-Karte vom Behälter genommen wird. Darauf hin wartet diese auf der Kanban-Tafel darauf, dass die Kriterien für die Freigabe/die Produktion erfüllt sind. Anschließend wird der Kanban-Behälter wieder befüllt und am Verbrauchsort bereitgestellt, wo er auf die Weiterverarbeitung wartet. Die Kanban-Zykluszeit ergibt sich somit aus der Wartezeit, der Wiederbeschaffungszeit und jener Zeit bis der Behälter entleert ist.



**Abbildung 1: „Kanban-Kreislauf“<sup>69</sup>**

Die Kanban-Tafel kann als Hilfsmittel zur Visualisierung und zur dezentralen Steuerung von Prozessen genutzt werden. Dabei werden die Kanban-Karten auf ihr gesammelt, bis die Freigabe durch einen neuen

<sup>68</sup> Ebenda, S. 11.

<sup>69</sup> Zäh/Möller (2007), S. 128.

Auftrag erfolgt.<sup>70</sup> Durch die Nutzung der Tafel entsteht der Vorteil, dass Karten nicht vermischt oder verloren werden können.<sup>71</sup>

Die für die Produktion benötigten Teile werden häufig in Kanban-Behältern transportiert. Ihre Größe sollte an die Losgröße der Produktion angepasst sein, sodass Umfüll- und Abzählvorgänge entfallen können.<sup>72</sup> Die Behälter sind zusätzlich mit Kanban-Karten, die als Informationsträger fungieren, ausgestattet. Beim Rückweg des entleerten Behälters kann diese entfernt werden. Auf diese Weise können Kosten und Zeit eingespart werden.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Einweg-Behälter (Vgl. Kap. 3.4.4 Varianten der Karten) zu nutzen, in diesem Fall entfallen die Kanban-Karten und Transportaufwendungen können eingespart werden. Ihre Nutzung ist vor allem bei aufgeblähten Kanban-Regelkreisen und langen Transportwegen zu empfehlen. Der Nachteil der Einweg-Behälter ist jedoch, dass durch den Wegfall der Karten der Papieraufwand wieder steigt.<sup>73</sup>

### **3.2 Ziele**

Mit Kanban soll jede Art von Verschwendung vermieden werden, das Augenmerk liegt dabei auf den Bereichen der Produktion und Logistik und der damit verbundenen Qualität. Darüber hinaus sollen die Prozesse stetig weiterentwickelt und verbessert werden, sodass Durchlaufzeiten kontinuierlich gesenkt werden können und schnell auf Veränderungen der Nachfrage reagiert werden kann.<sup>74</sup> Außerdem sollen sowohl die Kosten, die auf Grund von Auftragsrückständen entstehen, als auch jene für die Lagerbestände langfristig minimiert werden, dies wird durch die richtige Anzahl der Kanbans im System sichergestellt.<sup>75</sup>

---

<sup>70</sup> Dickmann, E./Dickmann, P. (2007), S. 11.

<sup>71</sup> Geiger/Hering/Kummer (2003), S. 39f.

<sup>72</sup> Ebenda, S. 40.

<sup>73</sup> Dickmann, E./Dickmann, P. (2007), S. 11; Dickmann, P. (2007), S. 126.

<sup>74</sup> Schürle (2007), S. 182.

<sup>75</sup> Tardif/Maaseidvaag (2001), S. 411f.

### **3.3 Gründe**

Durch den Einsatz von Kanban wird die Störungsanfälligkeit von Prozessen gesenkt, der Materialfluss verbessert und ein kontinuierlicher Materialnachschub gewährleistet. Dies führt dazu, dass die Lagerbestände gesenkt werden können und durch die konstante Anzahl der Kanban-Behälter werden die Lagerbestände und somit auch die Kapitalbindung beschränkt.<sup>76</sup> Darüber hinaus wird verhindert, dass die Lagerbestände explosionsartig ansteigen. Dies führt zu einer besseren Kontrolle der Lagerbestände von Rohmaterial, Halb- und Fertigprodukten.<sup>77</sup>

Des Weiteren wirkt sich das Kanban System auch positiv auf die Mitarbeiter aus. So verändert sich durch die Nutzung von Kanban deren Verhalten, durch eine dezentrale Steuerung und die damit verbundene erhöhte Verantwortung der Mitarbeiter, wird deren Bewusstsein und Flexibilität geschärft. Dadurch entdecken diese Fehler früher und können zur Vermeidung dieser beitragen. Dies führt wiederum zu einer Reduzierung der Prozesskosten. Zudem wird durch das geschärfte Bewusstsein, sowie die erhöhte Transparenz, welche durch visuelle und übersichtliche Abläufe erzielt wird, auch die Prozesssicherheit und die Gewinnung von Information über die Lieferantenzuverlässigkeit sichergestellt.<sup>78</sup>

### **3.4 Steuerungsverfahren**

Das Kanban-System kann auf verschiedene Weise unterschieden werden. Beim Kanban wird nach Klassen, Varianten der Steuerungsmethode, Varianten der Steuerungsebene und Varianten der Karten unterschieden.

---

<sup>76</sup> Dickmann, P. (2007), S. 121; Schürle (2007), S. 182; Gienke (2000); Dickmann E./Dickmann P. (2007), S. 10.

<sup>77</sup> Tardif/Maaseidvaag (2001), S. 412; Markham/Mathieu/Wray (2000), S. 240.

<sup>78</sup> Markham/Mathieu/Wray (2000), S. 240; Gienke (2000); Dickmann E./Dickmann P. (2007), S. 10.

### **3.4.1 Kanban-Klassen:**

Materialkanban (Shikake): Es wird bei der Materialherstellung und – bereitstellung verwendet. Wird der Behälter des Materialkanbans angefangen, so wird die Kanban-Karte vom Behälter gelöst und an die zuständige Stelle zurückgegeben.

Signalkanban (Shingo): Es entspricht eigentlich dem Materialkanban, wobei in diesem Fall die Karte erst zurückgegeben wird, wenn eine bestimmte Menge des Behälters verarbeitet wurde.

Transportkanban (Hikitori): Es entspricht dem Signal das eine bestimmte Menge an Material bereitgestellt werden muss.

Begrenzter Kanban (Gentei): Auch dieses entspricht einem Materialkanban. Es hat jedoch nur eine begrenzte Zeit Gültigkeit.<sup>79</sup>

### **3.4.2 Kanban-Varianten der Steuerungsmethode**

Ein-Karten-Kanban: Siehe Kapitel 3.1 Begriffsklärung

Zwei-Karten-Kanban: Beim Zwei-Karten-Kanban werden zwei Kanban-Kreise verwendet. Zum einen das Lieferanten-/Produktionskanban, bei dem die Karte Auslöser für die Lieferung/Produktion ist, und zum anderen das Kunden-/Informationskanban, bei dem die Karte Auslöser für den Transport ist. Die Variante mit zwei Regelkarten kann dann verwendet werden, wenn die Kanban-Kreise aufgebläht sind, da mit ihrer Hilfe die Anzahl der Kanbans innerhalb eines Kreises verringert werden kann. Darüber hinaus werden die Informationswege abgekürzt und abgesichert. Potentielle Störgrößen werden vermieden.<sup>80</sup>

Sicht-Kanban: Anstelle der Karten werden Stellplätze oder Gebinde verwendet. Das Signal wird dabei durch das Leeren der Stellfläche oder den Anbruch eines Gebindes ausgelöst. Das Sicht-Kanban ist die sicherste Variante, da keine Karten (die verloren gehen können) verwendet werden und Fehlmengen sofort sichtbar sind. Die Anwendung dieser Methode ist sinnvoll unter folgenden Bedingungen: „geringe

---

<sup>79</sup> Gienke (2000).

<sup>80</sup> Dickmann, P. (2007), S.124.

Variation, kurze Transportwege, ausreichend Platz für Stellflächen und geringe Anzahl an Kanban-Karten.“<sup>81</sup>

Materialnummernneutrales-Kanban (MNK): Beim MNK wird nur eine Baugruppe oder Produktfamilie freigegeben. Die Feinsteuerung erfolgt durch ein weiteres System, wie zum Beispiel das Sicht-Kanban. Eine Nutzung des MNK ist dann sinnvoll, wenn in einer Produktionszelle Materialien oder Prozesse mit unterschiedlichen Durchlaufzeiten verarbeitet werden. Eine andere Variante des MNK stellt die Grobsteuerung mit Zeitvorgaben dar.<sup>82</sup>

### **3.4.3 Kanban-Varianten der Steuerungsebene**

Materialnachschieb: Bei dieser Methode werden Pufferlager zwischen zwei Prozessschritten aus einem zentralen Lager versorgt und durch das Kanban (Karte, Behälter) gesteuert. Das Kanban stößt auch hier die Lieferung an. Der Materialnachschieb wird häufig in Verbindung mit anderen Lagerverwaltungsmethoden angewandt.

Auftragssteuerung: Das Kanban löst die Nachproduktion aus, dies kann auch mehrere Produktionsstufen der Produktion betreffen.<sup>83</sup>

### **3.4.4 Varianten der Karten**

Behälter- und Karten-Kanban: Diese zwei Varianten unterscheiden sich lediglich darin, dass die Karten beim Behälter-Kanban nicht abgenommen wird. Die Nutzung von Behältern ist sicherer, als die von Karten, da diese nicht so leicht verloren gehen können. Bei Platzmangel, sowie großen Distanzen zwischen einzelnen Prozessstufen kann die Anwendung von Behälter-Kanbans jedoch zu Problemen führen.<sup>84</sup>

Kreislauf- und Einweg-Kanban: Beim Kreislauf-Kanban, welches beim ursprünglichen Kanban-Verfahren angewandt wird, wird das Karten-

---

<sup>81</sup> Ebenda, S. 124f.

<sup>82</sup> Ebenda, S. 125.

<sup>83</sup> Ebenda, S. 125.

<sup>84</sup> Gerlach (2007), S. 191f.; Dickmann P. (2007), S. 126.

Kanban angewandt. Beim Einweg-Kanban werden Behälter genutzt, die alle nötigen Informationen beinhalten und nur begrenzt Gültigkeit haben. Auf diese Weise entfällt die redundante Mitführung von Karten. Der Nachteil, von Einwegbehältern ist der Mangel an Visualisierung und der Anstieg an Papierarbeit. Trotzdem gewinnen sie immer mehr an Bedeutung, besonders bei der Nutzung von eKanbans, hoher Barcodenutzung und bei der Anbindung von Lieferanten.<sup>85</sup>

Kreisläufe mit Barcodes und Transponder Technologie: Hier werden die Karten zusätzlich mit Barcodes ausgestattet. Durch Einscannen dieser könne alle relevanten Informationen eingesehen werden. Die Nutzung der Barcodes erleichtert die Kontrolle von Beständen und die Gewinnung eines Überblicks über die auf Lager gehaltene Menge.<sup>86</sup>

Elektronik-Kanban (eKanban): Das eKanban entspricht eigentlich dem Ein-Karten-Kanban, die Verwaltung erfolgt jedoch in elektronischer Form. Der Nachteil für das Unternehmen dabei besteht darin, dass eine Abhängigkeit in der elektronischen Datenverarbeitung entsteht.<sup>87</sup>

Sicht-Kanban (siehe Kapitel 3.4.2 Kanban-Varianten der Steuerungsmethode )

Sonderkarten Wie die Einwegbehälter haben auch die Sonderkarten begrenzte Gültigkeit. Sie finden Anwendung bei Bedarfsspitzen oder Sondermengen, sodass die Anzahl der Kanbans, die gewöhnlich im Umlauf sind, nicht verändert wird. Um auf ihre beschränkte Gültigkeit und ihre Besonderheit hinzuweisen, sind diese in einer anderen Farbe.<sup>88</sup>

### **3.5 Implementierung**

Nicht nur die Einführung von Kanban stellt eine Herausforderung für das Unternehmen dar. Nach erfolgreicher Implementierung muss sichergestellt

---

<sup>85</sup> Ebenda.

<sup>86</sup> Ebenda.

<sup>87</sup> Ebenda.

<sup>88</sup> Ebenda.

werden, dass die Prozesse auch in Zukunft stabil ablaufen, Verbesserungen laufend umgesetzt und die Kanban-Regelkreise gepflegt werden.<sup>89</sup> Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass folgende Voraussetzungen, die ein selbststeuerndes System erst ermöglichen, vorhanden sind:

*„klare Regeln, kurze Regelkreise, entsprechende Randbedingungen, Absprachen mit der Rechnungswesenabteilung und dem Controlling, qualifizierte und motivierte Mitarbeiter.“<sup>90</sup>*

Bei der Einführung sollte zuerst das Unternehmen auf die Eignung für Kanban überprüft werden. Dabei werden der Verbrauchsverlauf, mittels XYZ-Analyse, die Produkteigenschaften, mittels ABC-Analyse, die Fertigung, die Qualität, der Informationsfluss, der Materialfluss und die Beschaffung von Materialien analysiert.<sup>91</sup>

Anschließend müssen die Regelkreise ausgewählt und festgelegt werden. Dafür werden Diagramme des Material- und Informationsflusses erstellt, die Prozessabläufe werden aufgezeigt, und die Prozesse auf ihre Notwendigkeit, sowie ihre Vollständigkeit überprüft. Daraufhin werden Optimierungsmöglichkeiten festgestellt, sowie realisiert und eine erneute Analyse mit Material- und Informationsflussdiagrammen durchgeführt und die Regelkreise auf Basis der Ergebnisse bestimmt.<sup>92</sup>

Danach erfolgt die Berechnung der Kanban-Größen und die Auswahl der Kanban Hilfsmittel (Kanban-Karten, Kanban-Tafel, Kanban-Behälter etc.).<sup>93</sup>

Abschließend wird das Kanban-System eingeführt. Bei der Einführung ist darauf zu achten, dass die Mitarbeiter den Sinn über die Einführung von

---

<sup>89</sup> Schürle (2007), S. 182.

<sup>90</sup> Geiger/Hering/Kummer (2003), S. 11.

<sup>91</sup> Ebenda, S. 22ff.

<sup>92</sup> Ebenda, S. 32f.

<sup>93</sup> Ebenda, S. 33ff.



Kanban verstehen und die Regeln von Kanban eingehalten werden können. Dies bedeutet, dass nur produziert werden darf, wenn ein Kanban vorliegt, und auch dann darf nur die exakte Menge in der geforderten Qualität produziert beziehungsweise geliefert werden. Außerdem müssen alle produzierten und gelieferten Teile identifiziert und gekennzeichnet sein. Der Transport darf nur in dafür vorgesehenen Behältern erfolgen und die Teile dürfen auch nur an dafür vorgesehenen Plätzen gelagert werden. Darüber hinaus muss auch darauf geachtet werden, dass Mitarbeiter keine geheimen Lagerbestände halten oder die Anzahl der Kanbans verändern. Eine Erhöhung oder Reduzierung der Anzahl darf nur durch den dafür Verantwortlichen erfolgen, dieser muss auch sofort verständigt werden, wenn Probleme auftreten. Damit die Mitarbeiter die Regeln kennen und diese auch einhalten, sollten diese visualisiert werden.<sup>94</sup>

Des Weiteren sind noch folgende Punkte, die jenen des JIT sehr ähnlich sind, bei der Implementierung von Bedeutung.

### **3.5.1 Unternehmensweite Verpflichtung und Engagement**

Die Führungskräfte sollen am Entscheidungs- und Ideenfindungsprozess teilnehmen, und den Mitarbeitern beratend zur Seite stehen.<sup>95</sup>

Auch hier gilt, dass alle Bereiche des Unternehmens sich für den erfolgreichen Einsatz von Kanban engagieren müssen und gemeinsam an der Verbesserung von Prozessen arbeiten. Zur Erreichung der Ziele ist meist auch eine kulturelle Veränderung notwendig, die dabei helfen soll, das Verhalten und die Einstellung der Mitarbeiter zu ändern.<sup>96</sup>

### **3.5.2 Infrastruktur des Unternehmens**

- Produktionsplanung: Die Produktion soll in kleinen tagesbezogenen Losen erfolgen, auf diese Weise kann schnell auf eine veränderte Nachfrage reagiert werden. Die Steuerung der Produktion erfolgt dezentral und somit durch den Arbeiter selbst.<sup>97</sup>

---

<sup>94</sup> Ebenda, S. 44ff.

<sup>95</sup> Gienke (2000).

<sup>96</sup> Schürle (2007), S. 183.

<sup>97</sup> Ebenda; Zäh/Aull (2007), S. 185.

- Technische Überarbeitung des Rüstvorgangs: Um die Produktion in kleineren Losen zu ermöglichen, muss die Anzahl der Rüstvorgänge erhöht werden. Damit die Kundenwünsche weiterhin pünktlich erfüllt werden können, muss wiederum die Rüstzeit gesenkt werden, dafür werden Rüstvorgänge aufgezeichnet, analysiert und kontinuierlich verbessert. Die Mitarbeiter werden geschult und dazu angehalten ihren Arbeitsplatz ordentlich und sauber zu halten. Darüber hinaus werden Hilfsmittel und Vorrichtungen genutzt, die den Rüstvorgang erleichtern.<sup>98</sup>
- Layout: Das Layout des Herstellungsprozesses muss dahingehend verändert werden, dass die Anzahl der Transporte und die Transportzeiten zwischen einzelnen Prozessen minimiert werden. Auf diese Weise können sowohl die Durchlaufzeiten und somit die Wiederbeschaffungszeit, als auch die Lagerbestände, gesenkt werden.<sup>99</sup> Die Veränderung des Layouts bezieht sich aber auch auf die Stellplätze von Materialien, die Vorrichtungen der Kanbans und die Kanbangestaltung selbst.<sup>100</sup>
- Zellfertigung: Wie auch bei Just in Time erfolgt die Produktion bei Kanban in Zellen, die entweder materialflussorientiert oder produktionsorientiert angeordnet sind.<sup>101</sup>
- Lagerhaltung/Kanban: Durch die beschränkte Anzahl an Kanbans, die im Umlauf sind, und dadurch, dass deren Höhe nur vom zentralen Management verändert werden darf, bleibt die auf Lager gehaltene Menge an Produkten konstant.<sup>102</sup>
- Controlling: Bei der Anwendung von Kanban ist es sinnvoll ein eigenes Controlling einzuführen. Dieses trägt die Verantwortung für den reibungslosen Ablauf des Kanbanbetriebs. Ihr Aufgabenbereich beinhaltet die Überwachung der Regeleinhaltungen, der Bestände, der Durchlaufzeiten und der Fehlmengen, die Entdeckung von Schwachstellen und deren Ursachenbeseitigung, sowie die

---

<sup>98</sup> Geiger/Hering/Kummer (2003), S. 46ff; Zäh/Aull (2007), S. 185.

<sup>99</sup> Zäh/Aull (2007), S. 185f.

<sup>100</sup> Gienke (2000).

<sup>101</sup> Schneider/Buzacott/Rücker (2005), S. 93.

<sup>102</sup> Schürle (2007), S. 181.

Unterstützung und Initiierung von kontinuierlichen Verbesserungen.<sup>103</sup>

### **3.5.3 Kommunikationsverbindung**

Anschließend müssen Schnittstellen zu den Infosystemen hergestellt werden und die Kommunikation vereinfacht werden. Auf diese Weise können Lieferanten und Mitarbeiter schnelle Kenntnis erlangen über die Menge und über den Zeitpunkt zu dem sie benötigt wird, sowie den Ort an dem sie benötigt wird.<sup>104</sup>

### **3.5.4 Mitarbeiterbeteiligung**

Damit Kanban erfolgreich ist, müssen die Mitarbeiter mit den Abläufen der Kanban-Steuerung vertraut gemacht werden. Sie erhalten größere Vollmachten und sind dafür verantwortlich, dass Ursachen von Fehlern schnell entdeckt und beseitigt werden. Deshalb sollten ihre Anregungen bei Entscheidungen miteinbezogen und Verbesserungsvorschläge, die ihre Bereiche betreffen, berücksichtigt werden. Durch die Einführung des Pull-Prinzips kann es dazu kommen, dass Mitarbeiter untätig sind und Maschinen leer laufen, um dies zu verhindern, werden Mitarbeiter darin ausgebildet abteilungsübergreifend zu arbeiten und mehrere Maschinen bedienen zu können.<sup>105</sup>

### **3.5.5 Qualität**

Bei Kanban dürfen fehlerhafte Produkte das Lager beziehungsweise den Kunden nicht erreichen. Deshalb soll mit Hilfe der Qualitätskontrollen in den Herstellungsprozessen eine stabile und fehlerfreie Fertigung geschaffen werden.<sup>106</sup>

### **3.5.6 Lieferantenbeziehung**

Wie bereits erwähnt beruhen 30 Prozent der Fehler auf mangelhaften Lieferungen. (Vgl. Kap. 2.4.6) Diese und auch Lieferunzuverlässigkeiten, führen zu Schwankungen im Produktionsfluss. Um zu verhindern, dass

---

<sup>103</sup> Gienke (2000).

<sup>104</sup> Ebenda.

<sup>105</sup> Ebenda.

<sup>106</sup> Schneider/Buzacott/Rücker (2005), S. 97; Schürle (2007), S. 183.

diese zu schlechter Qualität oder Verspätungen beim Kunden führen, ist es auch hier notwendig die Beziehung zu Lieferanten zu verbessern, sodass diese pünktlich Teile hoher Qualität liefern.<sup>107</sup>

### **3.5.7 Pull Prinzip**

Die Produktion, Lieferungen und der Transport erfolgen nach dem Ziehprinzip. Der Auslöser für die Produktion beziehungsweise den Transport ist das Vorliegen eines Kanbans.<sup>108</sup> Die Voraussetzung für das Ziehprinzip ist, dass die Produktion in ständigem Fluss ist. Damit dieser nicht gehemmt wird, muss jede Wertschöpfungsstufe beständig produzieren können, das heißt es sind kontinuierliche Abrufe von nachfolgenden Produktionsstufen notwendig. Da sich das Pull Prinzip an realen Bedarfen orientiert, sollte die Kapazität des Unternehmens auf die Nachfrage abgestimmt sein.<sup>109</sup>

### **3.5.8 Pilotprojekt**

Bei der Neueinführung sollte das Kanban-System nicht gleich im gesamten Unternehmen eingeführt werden. Es ist empfehlenswert erst ein Pilotprojekt in einem abgeschlossenen Bereich, bestehend aus mindestens drei Fertigungsstufen, durchzuführen.<sup>110</sup>

### **3.5.9 Anzahl der Kanbans**

Da die Höhe des Materialbestandes von der Anzahl der Kanbans abhängt, wird hier noch genauer auf die zu berechnenden Größen und die Berechnung selbst eingegangen. Das Kanban System ist in jeder Produktionsstufe von nur einem Parameter – der Anzahl der Kanbans – abhängig.<sup>111</sup> Zu viele Kanbans führen zu hohen Lagerbeständen und zu wenige wiederum zu zu geringen, wodurch es zu Störungen in der Produktion oder zu Lieferschwierigkeiten kommen würde. Die Anzahl der Kanbans muss deshalb fix bestimmt werden, die Fertigung steuert sich

---

<sup>107</sup> Zäh/Aull (2007), S. 186 (zit. nach Takeda, 2005).

<sup>108</sup> Schürle (2007), S. 181.

<sup>109</sup> Zäh/Aull (2007) S. 185f. (zit. nach Wildemann, 1996; Takeda, 2005);  
Schneider/Buzacott/Rücker (2005), S. 97 (zit. nach Monden, 1994, S. 24ff.).

<sup>110</sup> Gienke (2000).

<sup>111</sup> Tardif/Maaseidvaag (2001), S. 411.

anschließend von selbst und passt sich dem jeweiligen Bedarf an.<sup>112</sup> Der auf Lager gehaltene Bestand setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Zum einen aus dem Umlaufbestand und zum anderen aus dem Sicherheitsbestand.

Der Umlaufbestand berechnet sich aus dem durchschnittlichen Bedarf pro Periode in Stück  $\mu_d$  und der Kanban-Zykluszeit, die der Zeit entspricht, die das Kanban braucht, um wieder an ihren Ausgangspunkt zu gelangen. (Vgl. Abb. 1 „Kanban-Kreislauf“)

$$B_U = \mu_d * \text{Kanbanzykluszeit}$$

Für den Umlaufbestand werden Erwartungswerte herangezogen. Man beachte aber, dass dies aus folgenden Gründen in der Realität anders ist:

- Die Zykluszeit kann nicht hundertprozentig festgelegt werden, da sie sich bei Problemen (z.B. Maschinenausfälle) verlängert. Auf Grund von unterschiedlichen Wartezeiten zwischen Freigaben und Startzeiten von Bearbeitungen, sowie unterschiedlichen Rüstzeiten, durch veränderte Rüstfolgen, kann es zu schwankender Auslastung kommen.
- Auch die Nachfrage zwischen einzelnen Prozessschritten variiert, da diese sich nach der Nachfrage des Endverbrauchers richtet.
- Fehlerhafte Teile dürfen nicht weiterverarbeitet werden.

Der Umlaufbestand reicht theoretisch aus, damit die Produktion nicht abreißt. Wird bei der Berechnung der Anzahl der Kanbans allerdings nur der Umlaufbestand berücksichtigt, so besteht die Gefahr, dass nicht genügend Material vorhanden ist, wenn Schwankungen auftreten. Aus diesem Grund ist es notwendig auch einen Sicherheitsbestand in die Berechnung mit einzubeziehen.

Der Sicherheitsbestand berechnet sich nach der Toyota Formel aus dem Umlaufbestand, der um den Sicherheitsfaktor  $\beta$  erhöht wird. Dieser wird

---

<sup>112</sup> Gienke (2000); Markham/Mathieu/Wray (2000), S. 239.

anfangs hoch gewählt und anschließend immer wieder gesenkt, bis die Produktion abreißt. Die maximal auf Lager gehaltene Menge ergibt sich somit aus dem Umlaufbestand und dem Sicherheitsbestand.

$$B_{\max} = B_U + B_S$$

$$B_{\max} = B_U * (1 + \beta)$$

Bei dieser Methode werden die Schwankungen der Nachfrage nur sehr pauschal berücksichtigt. Häufig ist eine genauere Betrachtung schwierig und mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden, da eine große Menge an Daten benötigt wird und auf Grund von Vergangenheitswerten nicht einfach auf die zukünftige Nachfrage geschlossen werden darf. Eine genauere Betrachtung erscheint dennoch sinnvoll, da dadurch Zusammenhänge zwischen verschiedenen Unsicherheiten und Einflussgrößen auf die Ausbringung erkannt werden können. Darüber hinaus können Informationen, für die Bestimmung des Sicherheitsfaktors und die Eignung der Kanban-Steuerung in verschiedenen Bereichen, gewonnen werden.

Der Sicherheitsbestand  $B_S$  errechnet sich aus dem Servicefaktor  $z$ , den Absicherungen gegen Nachfrageschwankungen  $\sigma_d^2 * \mu_{KZZ}$ , gegen unsichere Zykluszeiten  $\mu_d^2 * \sigma_{KZZ}^2$  und den Anteil der fehlerfreien Teile

$$\sigma_Q^2 * \mu_d * \frac{\mu_{KZZ}}{\mu_Q}.$$

Der Servicefaktor drückt die Wahrscheinlichkeit, dass die Nachfrage nach Produkt  $i$  in einer Periode kleiner ist, als die Menge, die in der Periode produziert werden kann (inklusive vorhandenem Lagerbestand), aus. Je größer die Lieferfähigkeit sein soll, umso größer muss der Servicefaktor sein. Er bezieht sich auf die Standardnormalverteilung mit einem Mittelwert von null und einer Standardabweichung von eins.

Die Absicherung gegen Nachfrageschwankungen setzt sich zusammen aus der Standardabweichung der Nachfrage und der durchschnittlichen Kanban-Zykluszeit.

Die Absicherung gegen unsichere Zykluszeiten berechnet sich aus der durchschnittlichen Nachfrage und der Standardabweichung der Kanban-Zykluszeit.

Der Anteil der fehlerfreien Teile ergibt sich aus der Standardabweichung der fehlerfreien Teile, der durchschnittlichen Nachfrage und der Division der durchschnittlichen Kanban-Zykluszeit durch die durchschnittliche Anzahl der fehlerfreien Teile.

$$B_S = z * \sqrt{\sigma_d^2 * \mu_{KZZ} + \mu_d^2 * \sigma_{KZZ}^2 + \sigma_Q^2 * \mu_d * \frac{\mu_{KZZ}}{\mu_Q}}$$

Abschließend wird die Anzahl der Kanbans berechnet. Diese ist abhängig von der maximalen Bestandshöhe und der Teile die ein Behälter fasst. Sie berechnet sich wie folgt:<sup>113</sup>

$$b = \frac{B_U + B_S}{\text{Behältergröße}}$$

### **3.6 Probleme und Kritik**

Viele der bereits in Kap. 2.5 Probleme und Kritik genannten Punkte können auch auf Kanban bezogen werden. Dennoch werden hier einige noch einmal hervorgehoben.

Die Kanban-Steuerung in ihrer klassischen Form ist nur für sehr beschränkte Einsatzgebiete tauglich und vor allem bei hoher Variantenzahl und Teilevielfalt, bei hoher Änderungshäufigkeit und bei nicht linearen Materialflüssen, sowie beständigen Schwankungen ungeeignet.<sup>114</sup>

---

<sup>113</sup> Zäh/Möller (2007), S. 127ff.

<sup>114</sup> Dickmann P. (2007) S. 121.

Probleme können darüber hinaus dann entstehen, wenn im Unternehmen eine große Variantenvielfalt, die häufiges Umrüsten erfordert (siehe auch 2.5 Probleme und Kritik), anbieten. Ist das Unternehmen nicht fähig, die Rüstzeiten zu senken, kommt es auch dadurch zu verspäteten Lieferungen an Endprodukten.<sup>115</sup>

Bei der Einführung neuer Produkte mit besonders hoher Fertigungstiefe kann es ebenfalls zu Problemen kommen, da es durch die Kanbans, die den gesamten Regelkreis durchlaufen müssen, schon vor Produktionsbeginn des ersten Teiles zu einer langen Durchlaufzeit kommen kann. Ein weiteres Problem kann auch entstehen, wenn Produkte auslaufen, da dabei Restbestände in der Höhe der Kanbanmenge bleiben können.<sup>116</sup>

Treten nicht gleich die gewünschten Erfolge ein und läuft die Durchführung nicht gleich reibungslos ab, kann dies zur Resignation bei den Mitarbeitern führen. Unternehmen entscheiden sich dann häufig dazu die Einführung abubrechen, anstatt noch mehr Engagement in die Einführung zu investieren. Durch sorgfältige Planung der Produktion kann die Störungsanfälligkeit reduziert werden, wobei dabei die Gefahr besteht, dass die Vorteile von Kanban durch die stabileren Zustände nicht optimal ausgeschöpft werden.<sup>117</sup>

Kanban wird auch dafür kritisiert, dass es zur Erhaltung der nötigen Flexibilität nicht nur Mitarbeiter braucht, die in mehreren Bereichen eingesetzt werden können, sondern auch zusätzliche Mitarbeiter, die bei Bedarfsspitzen beschäftigt werden müssen, um die erhöhte Nachfrage befriedigen zu können.<sup>118</sup>

---

<sup>115</sup> Im, J. (1989) S23f.

<sup>116</sup> Gienke (2000).

<sup>117</sup> Ebenda.

<sup>118</sup> Schonberger, R. (1993) S. 34.



Ein weiteres Risiko besteht auch bei zu geringer Maschinenanzahl, da durch einen Maschinenausfall im schlimmsten Fall die gesamte Produktion zum Stillstand kommt und die Nachfrage nicht erfüllt werden kann.<sup>119</sup>

Das Kanban System sollte nicht eingeführt werden, wenn die Einhaltung der Regeln im Alltag nicht sichergestellt werden kann. Eine Möglichkeit dieses Problem zu beseitigen, kann die Intensivierung der Aufklärung und der Ausbildung der Mitarbeiter sein, sodass die Bedeutung des Kanban Systems klar hervortritt.<sup>120</sup>

### **3.7 Erweiterungen**

Abschließend sei noch gesagt, dass es mittlerweile viele Erweiterungen und Steuerungsverfahren für das ursprüngliche Kanban-System gibt. Da hier jedoch nur ein Einblick auf die grundlegenden Eigenschaften des Systems gegeben werden soll, werden diese in dieser Arbeit nicht erläutert.

---

<sup>119</sup> Ebenda, S. 34.

<sup>120</sup> Schürle (2007), S. 181f.

## 4 Poka Yoke

Das Konzept des Poka Yoke wurde zu Beginn der fünfziger Jahre von Dr. Shigeo Shingo ebenfalls in der Toyota Motor Corporation entwickelt. Ausgangspunkt dabei war die statistische Qualitätskontrolle (SQC).

Laut Dr. Shigeo Shingo besteht die Ursache für Fehler auf Irrtümern der Mitarbeiter, wie dem Missverstehen von Arbeitsanweisungen oder dem Nachlassen der Konzentration. Die Fehler entstehen aber erst, wenn diese Irrtümer nicht beachtet werden. Mit Poka Yoke sollen Quellen für Irrtümer erkannt und Fehler somit verhindert werden. Es ist offensichtlich, dass menschliche Irrtümer nicht vollkommen verhindert werden können, Dr. Shigeo ist aber der Meinung, dass Fehler abgewendet werden können und zielt mittels Poka Yoke somit darauf ab, ein System zu entwickeln, in dem Fehler nicht entstehen können oder diese sofort entdeckt werden, sodass fehlerhafte Teile nicht weiterverarbeitet werden und den Kunden nicht erreichen. Im Jahr 1977 beendete Dr. Shingo die Entwicklung des Poka Yoke Systems.<sup>121</sup>

### 4.1 Begriffsklärung

Poka bedeutet übersetzt unbeabsichtigter Fehler und Yoke verhindern, erkennen oder vorbeugen. Das Poka Yoke System kann somit als Mechanismus gesehen werden, der Irrtümer und das Entstehen von Fehlern verhindern oder diese sofort sichtbar machen soll.<sup>122</sup>

### 4.2 Ziele

Wie bereits erwähnt, zielt Poka Yoke auf eine Fehlerquote von null im gesamten Produktionssystem ab. Da eine Fehlerquote von Null in der Praxis häufig jedoch nur mit sehr hohen Kosten erreicht werden kann, sodass es einem Unternehmen nicht möglich wäre noch gewinnbringend zu arbeiten, soll mit Hilfe des Poka Yoke Systems die Beseitigung von Fehlerursachen angestrebt werden. In manchen Fällen kann es allerdings

---

<sup>121</sup> Fisher (1999), S. 264f; Tesser.

<sup>122</sup> Dickmann, P. (2007), S. 39; Fisher (1999), S. 264.

auch unwirtschaftlich sein, die Fehlerursachen zu beseitigen. In diesem Fall sollte eine einfache und kostengünstige Inspektion jedes Teils vorgenommen werden, sodass fehlerhafte Teile nicht in späteren Prozessschritten weiterverarbeitet werden.<sup>123</sup>

Ein weiteres Ziel ist es, die Fehlervermeidung so einfach wie möglich, kostengünstig, und sofort einführbar, aber vor allem wirkungsvoll zu gestalten, sodass den Kunden auf Grund von Fehlhandlungen oder Irrtümern keine fehlerhaften Produkte erreichen.<sup>124</sup>

### **4.3 Gründe**

Die Effizienz von Prozessen wird durch Fehler negativ beeinträchtigt, deshalb ist die Erkennung und folglich die Vermeidung von Fehlern von großer Bedeutung. Darüber hinaus führen die Fehler zu hohen Kosten (Nachbesserungen, Austausch fehlerhafter Produkte, Garantieansprüche) und zu Unzufriedenheit bei Kunden.<sup>125</sup> Poka Yoke kann gleich ohne langwierige Vorbereitungen bei Prozessen angewandt werden. Durch die schnelle Nutzung können Kosten eingespart werden, diese Einsparungen können dann zur Finanzierung der Einführung des vollständigen Programms genutzt werden.<sup>126</sup> Das besondere an Poka Yoke ist somit, dass es sich einfach und ohne hohe zusätzliche Kosten beziehungsweise hohen Aufwand umsetzen lässt.<sup>127</sup>

Darüber hinaus steigt auch die Motivation von Teams und Experten und das erlernte Wissen wird abteilungsübergreifend weitergegeben. Dies ist hilfreich bei der Verbesserung von Prozessen und deren Lösungsfindung. Bei der Nutzung von Poka Yoke werden Mitarbeiter dazu angehalten, sich auf das Wesentliche bei Prozessen zu konzentrieren, um Verschwendungen jeglicher Art zu vermeiden.<sup>128</sup>

---

<sup>123</sup> Ebenda; Kämpf/ Agboghorama/ Gauggel (2006)

<sup>124</sup> Tesser.

<sup>125</sup> Dickmann, P. (2007), S. 40.

<sup>126</sup> Häck/Eiche.

<sup>127</sup> Dickmann, P. (2007), S. 40f.

<sup>128</sup> Häck/Eiche.

## **4.4 Arten der Fehlerentdeckung**

Bei Poka Yoke soll die Verbesserung der Qualität auf zwei Arten erfolgen. Zum einen werden die Prozesse so gestaltet, dass ein Entstehen von Fehlern bei der Produktion verhindert wird und zum anderen, dass Fehler sofort entdeckt und auch gleich korrigiert, oder Fortsetzungsfehler vermieden werden können.<sup>129</sup>

### **4.4.1 Arten der Fehler**

Wie bereits mehrmals erwähnt, ist das Erkennen von Fehlern ein wesentlicher Bestandteil des Poka Yoke. Grundsätzlich können bei der Produktion folgende Fehler auftreten:

- *„Fehler am Produkt*
- *Fehler im Prozess*
- *Fehler mit Teilen*
- *Primär Defekte (Arbeitsschritte vergessen, fehlende Teile, Montagefehler, Einbau falscher Teile)*
- *Sekundär Defekte (Einstellfehler, Fehlfunktionen, falsches ansetzen von Werkzeugen, Nutzung von falschen Werkzeugen, Einstellfehler am Werkzeug)<sup>130</sup>*

### **4.4.2 Die Poka Yoke Fehlerliste**

Die Poka Yoke Fehlerliste enthält sowohl Fehler, die auf Grund von Prozessvorgaben basieren, als auch auf vom Menschen begangenen Fehlhandlungen:

- **Fehlbedienung:** Einbau falscher Teile beziehungsweise falscher Einbau von Teilen.
- **Vergesslichkeit:** Vergessen von Teilen oder Arbeitsschritten.
- **Missverständnisse:** Missverstehen von Anweisungen, falsche Schlussfolgerung, unzureichendes Verständnis.
- **Übersehen:** Routine, Flüchtighkeitsfehler.
- **Anfänger:** Erfahrungsmangel.

---

<sup>129</sup> Jordan (2002); Fisher (1999), S. 264.

<sup>130</sup> Tesser (zit. nach Hiroyuki, 1988).

- Versehentlich: Unachtsamkeit, Unkonzentriertheit.
- Langsamkeit: Veränderungen im Arbeitsrhythmus, Stoppen von Prozessen.
- Fehlende Standards: Mangelhafte Anweisungen.
- Überraschungsfehler: Ungewöhnliche Ereignisse.
- Mutwillige Fehler: „Rebellion“ gegen Regeln und Vorschriften.
- Absichtliche Fehler: Sabotage.<sup>131</sup>

#### **4.4.3 Die Prinzipien der fehlerfreien Arbeitsgestaltung**

Hier werden nur einige der 1014 Prinzipien von Nakajo und Kume erwähnt. Nakajo und Kume unterschieden dabei zwei Hauptgruppen, die anschließend noch weiter unterteilt werden. Die erste Hauptgruppe besteht aus jenen Maßnahmen, die Fehler vorbeugen sollen und die zweite aus jenen, die die Auswirkungen von Fehlern minimieren sollen. Zur ersten Gruppe zählen die Eliminierung, der Austausch und die Vereinfachung. Die Entdeckung und die Milderung sind Prinzipien der zweiten Gruppe.

- Eliminierung: Möglichkeiten, bei denen Fehler entstehen können, eliminieren.
- Austausch: Prozesse, bei denen Fehler entstehen, durch fehlersichere ersetzen.
- Vereinfachung: Richtige Handlungen durch gezielte Mechanismen vereinfachen.
- Entdeckung: Frühzeitige Fehlererkennung durch Kontrollen bei jedem Arbeitsschritt, und sicherstellen, dass die Produkte dem Standard entsprechen.
- Milderung: Gering halten der Kosten, wenn Fehler nicht vermieden werden können.<sup>132</sup>

#### **4.4.4 Die Poka Yoke Systemmatrix**

Um Fehler von Mitarbeitern und Maschinen zu vermeiden, wird in drei Schritten vorgegangen. Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen

---

<sup>131</sup> Häck/Eiche; Mollenhauer et al. (2007) S. 281.

<sup>132</sup> Jordan (2002).

Methoden und Mechanismen ergeben zusammen die Poka Yoke Systemmatrix (Siehe Abbildung 2), welche in ihrer Gesamtheit der Fehlerquellenbeseitigung, beziehungsweise dem systematischen Umgang mit Fehlern dienen.

<b>Prüfmethode</b>	<b>Auslösemechanismus</b>	<b>Regulierungsmechanismus</b>
Ort und Zeitpunkt von Fehlern/Ursachen	Rasche Fehlererkennung	Weitergabe fehlerhafter Teile verhindern
Fehlerquellenprüfung	Kontaktmethode	Eingriffsmethode
Prüfung mit direktem Feedback	Konstantwertmethode	Warnmethode
Prüfung mit indirektem Feedback	Schrittfolgemethode	
Fehlerquellenbeseitigung		

**Abbildung 2: „Die Poka Yoke Systemmatrix“<sup>133</sup>**

Um nun eine gute Lösung zu finden, muss aus jedem Bereich (Prüfmethode, Auslösemechanismus und Regulierungsmechanismus) eine Methode ausgewählt werden.<sup>134</sup>

#### 4.4.4.1 Prüfmethode

Mit Hilfe der Prüfmethode soll verhindert werden, dass ein bei der Produktion entstandener Fehler erneut erfolgt, oder sich in späteren Prozessen fortsetzt, beziehungsweise fehlerhafte Teile weiterverarbeitet werden. Das Ziel ist es, den Ort und den Zeitpunkt von Fehlern oder Fehlerursachen festzustellen.

Bei der Prüfmethode gibt es vor allem drei Vorgehensweisen. Einerseits die Fehlerquellenprüfung, auch Ursachenkontrolle genannt, mit deren Hilfe Fehler schon im Voraus entdeckt und verhindert werden sollen. Zum

<sup>133</sup> Tesser.

<sup>134</sup> Ebenda.

anderen kann eine Prüfung mit direktem Feedback (Selbstkontrolle) angewandt werden, dies bedeutet, dass der Fehler während des Prozesses entdeckt wird.

Als letztes wäre noch die Prüfung mit indirektem Feedback (Folgekontrolle) als Werkzeug der Prüfmethode anzuführen. In diesem Fall wird der Fehler entweder erst bei der Übergabe an den nächsten Prozess oder in der nächsten Prozessstufe entdeckt.<sup>135</sup>

#### 4.4.4.2 Auslösemechanismus

Die Methoden des Auslösemechanismus dienen zur raschen Erkennung von Fehlern, sodass jene, die im Voraus nicht vermieden werden können, sich nicht fortsetzen. Auch hier gibt es drei Methoden.

Bei der Kontaktmethode werden die Fehler durch Kontakt (berührende oder berührungslose Sensoren) mit den zu fertigenden Teilen entdeckt. Die Kontrolle erfolgt mit Hilfe von physikalischen Kenngrößen.

Bei der Fixwertmethode wird die Anzahl der durchgeführten Arbeitsschritte überprüft, stimmt diese nicht mit der vorgegebenen Zahl überein, wurde ein Fehler begangen. Die Überprüfung wird an Hand von Messgeräten durchgeführt.

Die Schrittfolgenmenge überprüft, ob Arbeitsschritte zum Herstellungsprozess gehören. Wird ein prozessfremder durchgeführt, erfolgt ein Signal (akustisch oder optisch), welches auf den Fehler aufmerksam macht.<sup>136</sup>

#### 4.4.4.3 Regulierungsmechanismus

Die Regulierungsmechanismen dienen dazu, dass fehlerhafte Teile nicht an spätere Prozesse weitergegeben werden und diese sich nicht fortsetzen.

---

<sup>135</sup> Ebenda.

<sup>136</sup> Ebenda; Kämpf/Agboghoroma/Gauggel (2006).

Dazu wird zum einen die Alarm-/Warnmethode, bei der durch ein Signal auf den Fehler hingewiesen wird, angewandt. Der Prozess läuft jedoch weiter. Der Mitarbeiter kann Maßnahmen ergreifen, sodass der Fehler nicht noch einmal auftritt. Die Warnmethode wird häufig bei Prozessen mit Handlungsspielräumen (wie etwa Toleranzgrenzen) angewandt.

Zum anderen kann auch die Eingriffsmethode genutzt werden. Tritt hier ein schwerwiegender Fehler auf, wird der Prozess angehalten, sodass der Mitarbeiter das erneute Auftreten des Fehlers durch geeignete Maßnahmen verhindern kann.<sup>137</sup>

#### **4.5 Implementierung**

Da eines der Ziele von Poka Yoke die rasche und einfache Nutzung ist, sind hier keine speziellen Schritte zur Einführung notwendig. Der Einsatz von Poka Yoke selbst erfolgt in der Regel in sechs Stufen.

In der ersten wird der Fehler beschrieben. Die Beschreibung enthält Angaben über den Entstehungsort, seine Häufigkeit und dessen Auswirkungen. Darüber hinaus müssen auch noch die Gründe für das Entstehen des Fehlers identifiziert werden.

In der zweiten Stufe muss überprüft werden, in wiefern sich das bestehende System für die Poka Yoke Methoden eignet. Außerdem wird erneut kontrolliert, ob alle benötigten Informationen über den Fehler vorhanden sind.

Im nächsten Schritt wird die Fehleranalyse nach Poka Yoke durchgeführt. Dabei werden die Fehler beobachtet, um ein genaueres Bild der Fehlerursachen und der Fehlertypen zu gewinnen. Darüber hinaus werden die Standardvorgaben auf deren Einhaltung überprüft.

---

<sup>137</sup> Ebenda.



Nachdem ein klares Bild über den Fehler erworben wurde, werden in der vierten Stufe mindestens drei Lösungen für jeden Fehler entwickelt. Diese werden dabei auch gleich auf ihre Durchführbarkeit, sowie ihren Nutzen überprüft.

Danach wird eine der in der vierten Stufe gefundenen Lösungen mit Hilfe der Pugh Matrix ausgewählt.<sup>138</sup>

Die Pugh Matrix wird verwendet, um die beste Lösung zu finden. Hierfür werden die verschiedenen Konzepte direkt verglichen und nötigenfalls durch eine Kombination der Merkmale der verschiedenen Konzepte optimiert. Durch die Durchführung einer Stärken- und Schwächenanalyse werden die Verbesserungsmöglichkeiten der Konzepte erkannt. Dazu werden die Konzepte und Kriterien in einer Matrix festgehalten. Eines der Konzepte, meist jenes welches zurzeit im Unternehmen angewandt wird, wird als Standard festgelegt. Dieses wird anschließend mit den anderen verglichen. Ist das Kriterium des anderen Konzeptes besser, als jenes des Standardkonzeptes wird ein + in die Matrix eingetragen, ist es gleich gut eine 0 und bei einer Verschlechterung ein – (Beispiel siehe Abbildung 3: „Konzeptvergleich“).

Alternative/ Kriterien	Konzept 1	Konzept 2 (Standard)	Konzept 3	Priorisierung/ Gewichtung
Kriterium 1	+	0	-	3
Kriterium 2	+	0	-	4
Kriterium 3	0	0	+	2
Kriterium 4	-	0	0	1

**Abbildung 3: „Konzeptvergleich“<sup>139</sup>**

Daraufhin wird die Beurteilung der Konzepte aufsummiert und untersucht, ob eines dominiert, ob dieses Schwächen aufweist (Kriterien mit -) (Abbildung 4: „Wertung der Konzepte“) und ob diese durch die Kombination mit einem anderen Konzept verbessert werden können (Abbildung 5: „Verbesserung des dominanten Konzeptes“).<sup>140</sup>

<sup>138</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 282f.

<sup>139</sup> Ebenda, S. 157.

<sup>140</sup> Ebenda, S. 156f.

Alternative/ Kriterien	Konzept 1	Konzept 2 (Standard)	Konzept 3	Priorisierung/ Gewichtung
Kriterium 1	+	0	-	3
Kriterium 2	+	0	-	4
Kriterium 3	0	0	+	2
Kriterium 4	-	0	0	1
Summe +	2	0	1	
Summe -	1	0	2	
Summe 0	1	4	1	
Gewichtete Summe +	7	0	2	
Gewichtete Summe -	1	0	7	

**Abbildung 4: „Wertung der Konzepte“<sup>141</sup>**

Alternative/ Kriterien	Konzept 1	Konzept 2 (Standard)	Konzept 3	Priorisierung/ Gewichtung
Kriterium 1	+	0	-	3
Kriterium 2	+	0	-	4
Kriterium 3	0	0	+	2
Kriterium 4	-	0	0	1
Summe +	2	0	1	
Summe -	1	0	2	
Summe 0	1	4	1	
Gewichtete Summe +	7	0	2	
Gewichtete Summe -	1	0	7	

**Abbildung 5: „Verbesserung des dominanten Konzeptes“<sup>142</sup>**

Kann bei der Analyse keine geeignete (durchführbare) Lösung gefunden werden, so muss versucht werden, den Fehler so früh wie möglich zu entdecken, damit er sich in der späteren Produktion nicht fortsetzen kann.

Wurde eine Lösung gefunden, so erfolgt im letzten Schritt deren Umsetzung in die Praxis. Dies beinhaltet die Planung der benötigten Ressourcen und der für die Umsetzung erforderlichen Tätigkeiten, sowie die Dokumentation der Vorgänge. Ist die Planung abgeschlossen wird die Lösung eingeführt, gesteuert und kontrolliert, sowie die Erfolge der Lösung gemessen.<sup>143</sup>

<sup>141</sup> Ebenda, S. 158.

<sup>142</sup> Ebenda, S. 159.

<sup>143</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 282f.

Die Qualität der Lösung nach Poka Yoke kann anhand einiger Kriterien schon vor der Einführung überprüft werden. Anhand dieser Kriterien kann entschieden werden, ob sich die Umsetzung der entwickelten Lösung lohnt oder nicht. Diese Kriterien sollen hier angeführt werden.

- Geringe/rasche Durchführbarkeit.
- Große Qualitätsverbesserung des Prozesses/Produktes.
- Teil des Prozesses, keine zusätzlichen Arbeitsschritte.
- Mitarbeiterbeteiligung, Mitarbeiter unterstützen.
- Endkontrolle unnötig
- Geringe Investitionskosten.<sup>144</sup>

#### **4.5.1 Zeitpunkt der Problemerkennung**

Das Poka Yoke wird nach dem Zeitpunkt der Problemerkennung unterschieden. Dabei werden drei Zeiträume unterschieden: Die Vergangenheit mit dem fehlerorientierten, die Gegenwart mit dem prozessorientierten und die Zukunft mit dem produktorientierten Poka Yoke System.

##### 4.5.1.1 Fehlerorientiertes Poka Yoke System

Beim fehlerorientierten Poka Yoke System wird der Fehler nachdem er entsteht, oder erst am Endprodukt entdeckt. Um den Grund des Fehlers herauszufinden, werden die einzelnen Prozessschritte, ab dem Punkt an dem der Fehler erkannt wurde, solange zurückverfolgt, bis dieser gefunden wird. Das Ziel ist es, dass bereits bekannte Fehler in der Zukunft nicht wieder auftreten.<sup>145</sup> Dabei werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- *„Projektdefinition*
- *Bestandsaufnahme*
- *Fehlhandlung charakterisieren*
- *Lösungsideen finden*
- *Lösungsansätze ausarbeiten*
- *Lösungsauswahl*

---

<sup>144</sup> Tesser; Kämpf/Agboghorama /Gauggel (2006).

<sup>145</sup> Ebenda.

- *Projektergebnisse*<sup>146</sup>

#### 4.5.1.2 Prozessorientiertes Poka Yoke System

Beim prozessorientierten Poka Yoke System ist noch kein Fehler entstanden und es wird versucht, mögliche Fehlerquellen zu finden und zu beseitigen, dafür werden einzelne Prozessschritte beobachtet und mit der Poka Yoke Fehlerliste (siehe Kap. 4.4.2 Die Poka Yoke Fehlerliste) auf Fehlerquellen untersucht.<sup>147</sup>

Bei diesem System werden folgende Schritte durchgeführt:

- *„Ablaufanalyse auf Arbeitsplatzebene*
- *Ablaufanalyse auf Prozessebene*
- *Beschreibung der Qualitätsmerkmale am Produkt*
- *Beschreibung der Qualitätsmerkmale am Prozess*
- *Beschreibung der Qualitätsmerkmale der Hilfsmittel*
- *Fehlerbeschreibung*
- *Einzelheiten des erwarteten Fehlers*
- *Lösungsfindung durch den Ideenbaukasten*
- *Lösungen mit der Fehlerquellenbeseitigung*
- *Lösungen mit dem Auslösemechanismus*
- *Lösungen mit der Prüfmethode*
- *Lösungsfindung mit dem Regulierungsmechanismus*<sup>148</sup>

#### 4.5.1.3 Produktorientiertes Poka Yoke System (Source Inspection)

Beim produktorientierten Poka Yoke System sollen Fehlerquellen, die bei neuen Prozessen auftreten können, bereits bei der Planung entdeckt und vorbeugende Maßnahmen zu deren Verhinderung getätigt werden. Dafür werden Fehler, die in der Vergangenheit auftraten, herangezogen, sowie Bauteile auf ihre Fehlhandlungssicherheit untersucht. Das Augenmerk liegt auf der Zukunft. Dieses System wird anhand folgender Schritte durchgeführt:

---

<sup>146</sup> Tesser.

<sup>147</sup> Ebenda; Kämpf//Agboghorama /Gauggel (2006).

<sup>148</sup> Tesser.

- Analyse mittels Poka Yoke Fehlerliste und bekannter Fehlhandlungen.
- Lösungsfindung mittels Poka Yoke Ideenbaukasten, Poka Yoke Systemmatrix und Lösungsspeichers.
- Lösungsbewertung nach Aufwand, Nutzen und Risiko.
- Lösungsdokumentation und Archivierung im Lösungsspeicher.<sup>149</sup>

#### **4.6 Probleme und Kritik**

Da Poka Yoke meist Teil umfangreicherer Verbesserungsmaßnahmen ist, fanden Probleme, die im Zusammenhang mit der Nutzung von Poka Yoke stehen, in der bestehenden Literatur bisher kaum Berücksichtigung. Trotzdem sollen hier einige erwähnt werden.

Meist wird in der Literatur betont, dass Poka Yoke schnell und einfach umzusetzen ist. Dennoch müssen die Verbesserungsmaßnahmen strukturiert und nach Regeln durchgeführt werden, damit diese auch nachhaltig erfolgreich sind.

Darüber hinaus erscheint es trotzdem sinnvoll, Mitarbeiter mit der Verbesserung von Prozessen zu betrauen, damit die von Mitarbeitern eingebrachten Verbesserungsvorschläge sorgfältig geplant, auf den Nutzen überprüft und auch erfolgreich umgesetzt werden können.

---

<sup>149</sup> Ebenda; Kämpf/Agboghorama /Gauggel (2006).

## 5 Six Sigma

Die eigentlichen Wurzeln des Sigma Programms liegen bei Walter Shewart, der 1922 schon mit einem 3 Sigma Programm, welches als Maß für die Ertragsschwankungen diente und eine Fehlerrate von 2600 Stück pro Million Möglichkeiten zuließ, arbeitete.<sup>150</sup> Die heute bekannte Methode wurde jedoch in der Motorola Corporation entwickelt.<sup>151</sup> Zur Entwicklung wurden die Qualitätsprogramme von W. E. Deming, J. M. Juran und P. Crosby herangezogen. Die Six Sigma Methode ist somit eine Weiterentwicklung des Total Quality Management (TQM) und setzt sich lediglich aus bereits bekannten Methoden zusammen.<sup>152</sup> Das Interesse an Six Sigma stieg, als die Motorola Corporation 1988 mit ihrem Six Sigma Programm den Malcolm Baldrige National Quality Award gewann.<sup>153</sup>

### 5.1 Begriffsklärung

Der Begriff Sigma stammt aus der Statistik, und steht für die Standardabweichung. Six Sigma bedeutet also sechsmal die Standardabweichung und gibt Auskunft über die Prozessfähigkeit und den Qualitätslevel. Six Sigma misst folglich die fehlerfreie Durchführung von Prozessen.<sup>154</sup>

Der Sigma Wert eines Prozesses gibt seinen Qualitätslevel an. x Sigma muss dabei der halben Toleranz der gemessenen Produktcharakteristika entsprechen. Darüber hinaus muss der Zielwert, der gewöhnlich der Mittelpunkt zwischen der oberen Spezifikationsgrenze (USL) und der unteren Spezifikationsgrenze (LSL) ist, dem Prozessmittelwert gleichkommen. Nur dann entspricht der Qualitätslevel x Sigma (der Anzahl der Fehler). Das Ziel von Six Sigma ist es nur 0,002 Fehler pro Million zu erreichen. Bei der von Motorola entwickelten Six Sigma Methode wird

---

<sup>150</sup> Chakrabarty/Chuan Tan (2007), S. 196 (zit. nach Raisinghani, 2005).

<sup>151</sup> Henderson/Evans (2000) S. 260f. (zit. nach Henderiks/Kelbaugh, 1998).

<sup>152</sup> Spector (2006) S. 43f. (zit. nach Pande/Neuman/Cavanagh, 2000).

<sup>153</sup> Anderson/Eriksson/Torstensson (2006), S. 286 (zit. nach Pyzdek, 2001).

<sup>154</sup> Bergbauer (2006), S. 1f.

jedoch eine Abweichung vom Zielwert von 1,5 Sigma zugelassen, sodass bis zu 3,4 fehlerhafte Teile pro Million Möglichkeiten erlaubt sind.<sup>155</sup>

	Sigma Qualitätslevel						
Sigma Variation	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0	2700	465	63	6,8	0,57	0,034	0,002
0,5	6440	1382	236	32	3,4	0,71	0,019
1	22832	6433	1350	233	32	3,4	0,39
1,5	66803	22800	6200	1350	233	32	3,4

**Tabelle 1: „Six Sigma Qualitätslevel“<sup>156</sup>**

Tabelle 1 zeigt die Anzahl von fehlerhaften Teilen pro Million für die angegebenen Sigma Abweichungen.

## 5.2 Ziele

Zu Beginn wurde Six Sigma nur zur Verbesserung der Herstellungsprozesse genutzt. Erst später wurden Projekte auch zur Verbesserung der Distribution, des Marketings und der Bearbeitung der Kundenbestellungen durchgeführt. Die Verbesserungsprozesse konzentrieren sich im speziellen auf die Eliminierung von Schwankungen und Fehlern bei allen Prozessen der Organisation,<sup>157</sup> wodurch sowohl die Kosten, als auch die Zeit zur Fertigung eines Produktes minimiert werden sollen. Darüber hinaus soll mit der Six Sigma Strategie der Kundenwert durch die Verbesserung der Produktqualität erhöht werden. Beide Ziele gleichzeitig zu verfolgen, wird oft als widersprüchlich beurteilt, da in der

<sup>155</sup> Henderson/Evans (2000) S. 261f; (zit. nach Evans, 1993).

<sup>156</sup> Ebenda, S. 262 (zit. nach Tadikamala, 1994).

<sup>157</sup> Ebenda, S. 261 (zit. nach Smith, 1993; Fortenot et al., 1994).

Praxis die Meinung herrscht, dass eine Steigerung der Qualität nur mit erheblichen zusätzlichen Investitionen möglich ist.<sup>158</sup>

Heute können die Ziele des Six Sigma aus zwei Perspektiven betrachtet werden. Zum einen aus statistischer Sicht, dabei dürfen maximal 3,4 fehlerhafte Teile pro Million Möglichkeiten produziert werden, somit soll eine Erfolgsrate von 99,9997% erreicht werden.<sup>159</sup> Und zum anderen aus wirtschaftlicher Sicht, als eine Unternehmensstrategie bei der der Geschäftserfolg, die Wirksamkeit und die Wirtschaftlichkeit aller Operationen (Produkte, Dienstleistungen, Prozesse, etc.) unter Nutzung von Teamarbeit und einer fest vorgelegten Vorgehensweise optimiert und verbessert, sowie die Kundenbedürfnisse und –erwartungen erfüllt beziehungsweise übertroffen werden sollen.<sup>160</sup> Beide Perspektiven zusammen ergeben die Six Sigma Methode.

### **5.3 Gründe**

Die Gründe für die Einführung von Six Sigma sind vielfältig und decken sich zum Teil schon mit dessen Zielen. So kommt es durch die Nutzung von Six Sigma zu einer sprunghaften Steigerung der Qualität.<sup>161</sup> Die verbesserte Qualität führt zu einem konstanten Servicelevel, der somit die Kundenzufriedenheit erhöht und die Kosten, die mit schlechter Qualität (Reputationsverlust, Garantieansprüche, Nach- und Reparaturarbeiten, Ausschuss und Inspektionen von gelieferten oder produzierten Gütern) verbunden sind, senkt. Durch die Eliminierung von Fehlern und Defekten, wird die Prozessfähigkeit verbessert. Dies bedeutet, dass die Prozesse vorhersehbarer, zuverlässiger und die Ausbeute, sowie der Cash Flow erhöht werden.<sup>162</sup>

Das besondere an Six Sigma ist jedoch, dass langfristige Erfolge bereits nach kurzer Zeit erzielt werden können. So können schon im ersten Jahr

---

<sup>158</sup> Bendell/Marra (2002), S. 18; Bendell (2006), S. 256.

<sup>159</sup> Kwak/Anbari (2006), S. 708f. (zit. nach Antony/Banuelas, 2002).

<sup>160</sup> Ebenda, S. 708; Lee-Mortimer (2006), S. 11.

<sup>161</sup> Bergbauer (2006), S. 3.

<sup>162</sup> Ebenda, S. 5; Bendell (2000), S. 15.



Erträge durch Projekte erzielt werden, wodurch das Unternehmen eine bessere Position im Wettbewerb erreichen kann.<sup>163</sup> Die Six Sigma Methode verspricht eine Kostensenkung von mindestens \$ 200.000 für jedes erfolgreich durchgeführte Projekt. Im Zeitraum von ein bis zwei Jahren werden in der Regel zwei bis drei Projekte von Black Belts durchgeführt.<sup>164</sup>

## 5.4 Arten

Seit der Entstehung von Six Sigma haben sich viele Arten entwickelt (siehe Abbildung 6). Vergleiche Franza/Chakravorty (2007), Chakrabarty/Chuan Tan (2007) und Bergbauer (2006). Die bekanntesten, der DMAIC Prozess (Define, Measure, Analyze, Identify, Control) und der DFSS Prozess (Design For Six Sigma) und im Speziellen der DMADV Prozess (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) werden in diesem Kapitel näher vorgestellt.

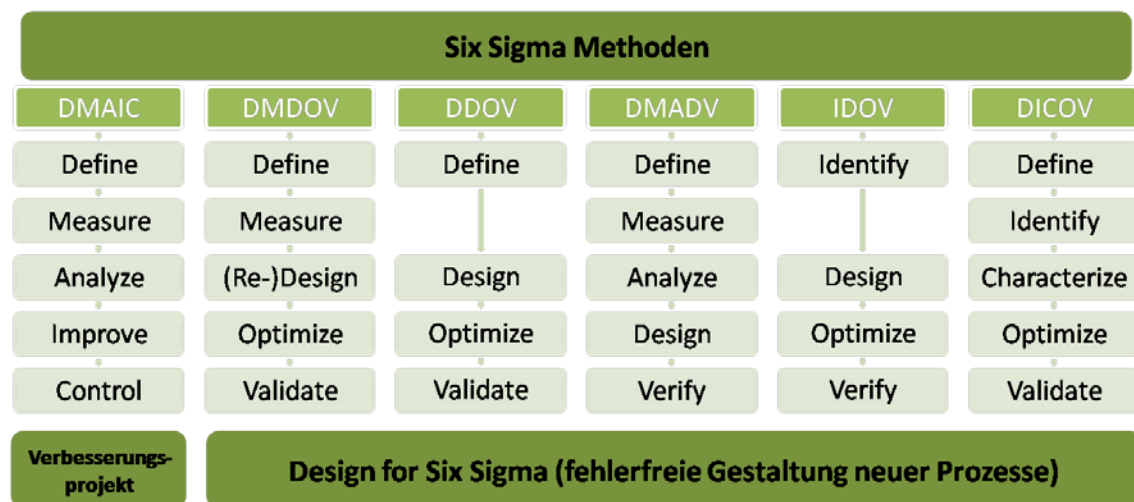


Abbildung 6: „Six Sigma Methoden“<sup>165</sup>

### 5.4.1 DMAIC Prozess

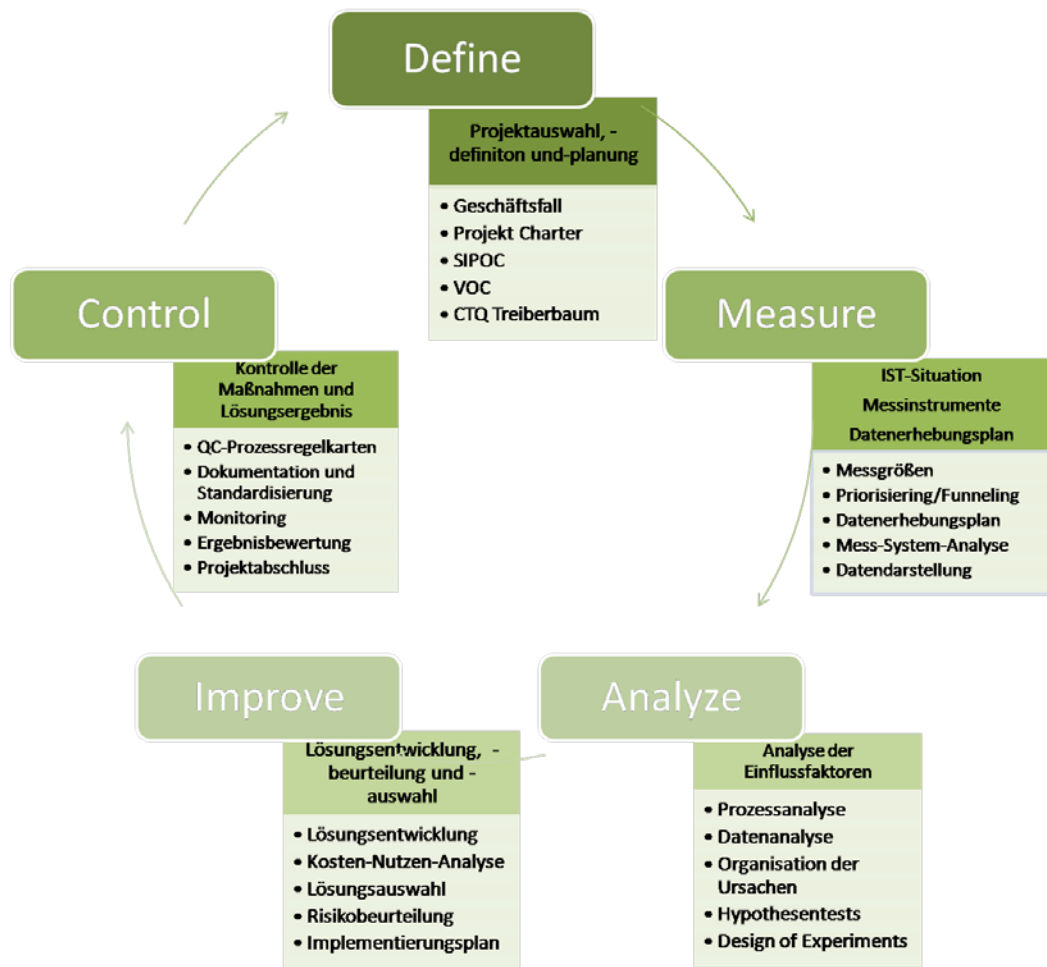
Der DMAIC Prozess wird verwendet, um bestehende Prozesse zu verbessern, und soll nicht wertschöpfende Arbeitsschritte eliminieren, sowie das Entstehen von Fehlern verhindern.<sup>166</sup>

<sup>163</sup> Pfister (2007), S. 55.

<sup>164</sup> Foster jr. (2007), S. 7 (zit. nach Bisgaard/DeMast, 2006).

<sup>165</sup> Bergbauer (2006), S. 113.

<sup>166</sup> Ebenda, S. 9; Kwak/Anbari (2006), S. 709.



**Abbildung 7: Der DMAIC Prozesskreislauf<sup>167</sup>**

Abbildung 7 gibt einen Überblick über die einzelnen Schritte des DMAIC Kreislaufes, deren Ziele und die dabei verwendeten Werkzeuge.

Wie bereits erwähnt, finden bei Six Sigma Methoden aus der Statistik und dem Qualitätsmanagement Anwendung, sie werden bei Six Sigma nur auf konzentriertere Weise verwendet.<sup>168</sup> Sollen die Projekte auch erfolgreich sein, müssen zu Beginn Werkzeuge und Methoden, die für die Durchführung von Bedeutung sind, festgelegt werden. Damit die Werkzeuge richtig genutzt werden und der DMAIC Prozess richtig durchgeführt wird, müssen Spezialisten, die Belts genannt werden,

<sup>167</sup> Lee-Mortimer (2006), S. 12; Bergbauer (2006), S. 18; 32; 48; 74; 92; Töpfer (04. 05. 2004); Schmieder (2005).

<sup>168</sup> Pfister (2007), S. 57.

ausgebildet werden.<sup>169</sup> Auf die Ausbildung, die Arten der Belts und deren Aufgaben wird in einem späteren Kapitel (5.5.9 Beteiligte) noch näher eingegangen.

#### 5.4.1.1 Define Phase:

Das Ziel dieser Phase ist die Projektauswahl, deren Definition und Planung.<sup>170</sup> Dazu werden vor allem das Projekt Charter, das SIPOC, die VOC und der CTQ Treiberbaum verwendet.

Das Projekt Charter entspricht einem Vertrag, der von allen Hauptverantwortlichen unterschrieben werden muss, und dient der Identifizierung des Problembereichs und der Randbedingungen. Das Projekt Charter muss einen Titel, eine genaue Projektbeschreibung und die Ziele des Projektes enthalten. Dabei werden auch der Umfang des Projektes und dessen Grenzen festgelegt. Darüber hinaus müssen im Project Charter wichtige kritische Merkmale aus der Sicht des Kunden (CTQs), Einflussgrößen und Messgrößen, sowie deren Zusammenhänge festgehalten werden. Außerdem werden in ihm auch noch die Schlüsselrollen, die Auswirkungen auf das Tagesgeschäft und ein Terminplan mit Meilensteinen vermerkt. Anschließend wird das SIPOC erstellt, um eine Übersicht des Prozesses und wesentliche Elemente zu erlangen. Es wird in entgegengesetzter Richtung erstellt (also vom Kunden bis zum Lieferanten).<sup>171</sup> Im nächsten Schritt werden die Kundenanforderungen, durch die VOC festgestellt. Auf diese Weise sollen Informationen über die Art des Produktes, dessen Eigenschaften und Spezifikationen, die zur Kundenzufriedenheit beitragen, sowie Schwerpunkte für Verbesserungen gefunden werden. Abschließend werden die Kundenwünsche umgewandelt, sodass messbare Größen gewonnen werden. Natürlich können in dieser Phase noch weitere

---

<sup>169</sup> Bergbauer (2006), S. 10.

<sup>170</sup> Schmieder (2005).

<sup>171</sup> Bergbauer (2006), S24f.

Werkzeuge angewandt werden, um detailliertere Informationen zu gewinnen.<sup>172</sup>

#### 5.4.1.2 Measure Phase:

In dieser Phase werden Messgrößen, die benötigt werden um die Prozesse zu quantifizieren, festgelegt, Hypothesen gesammelt, die Datenerhebung geplant und das Mess-System auf seine Vertrauenswürdigkeit überprüft.

Zu Beginn werden Messgrößen aus dem SIPOC und dem CTQ Treiberbaum der Define Phase ausgewählt. Aus diesen werden beim Funneling wenige wichtige bestimmt, dabei werden deren Bedeutung und deren Risiko mittels FMEA ermittelt und zur Absicherung ein Ursachen-Wirkungs-Diagramm und eine Ursachen-Wirkungs-Matrix erstellt. Anschließend wird der Datenerhebungsplan erstellt, der festlegt, welche Fragen beantwortet werden sollen, auf welche Weise und wo gemessen werden soll und wie dabei vorgegangen wird. Darüber hinaus muss auch die Stabilität der Messgrößen und die Schlüssigkeit der Daten geprüft werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Mess-System Analyse, bei der die Vertrauenswürdigkeit von Daten mit Methoden, wie der Gage R&R, dem Verhältnis Präzision zu Toleranz und der zerstörenden Prüfung, festgestellt wird. Zum Schluss der Datenerhebungsphase werden die Daten grafisch dargestellt, um so Trends oder Muster erkennen zu können. Nach Abschluss der Visualisierung der Daten erfolgt die Berechnung der Prozessfähigkeit und des Prozess Sigmas.<sup>173</sup>

#### Cp und Cpk Wert:

Der Cp-Wert gibt die Prozessfähigkeit an, indem er das Verhältnis der Spezifikationsspanne zur Streuung des Prozesses misst, ohne dabei die Lage des Mittelwertes zu berücksichtigen. Er errechnet sich aus der Division der Differenz von oberer (USL) und unterer (LSL) Spezifikationsgrenze durch die sechsfache Standardabweichung.

---

<sup>172</sup> Bergbauer (2006), S. 25f.

<sup>173</sup> Bergbauer (2006), S. 31ff.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{S \text{ Standardabweichung}} = \frac{USL - LSL}{3\sigma - (-3\sigma)} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \text{Prozesspotential}$$

Der Cpk-Wert bezeichnet den kritischen Fähigkeitsindex (Prozesspotential), auch er gibt das Verhältnis zwischen Spezifikationsgrenze und Streuung an, berücksichtigt dabei aber den Mittelwert. Der Cp-Wert entspricht dem Cpk-Wert, wenn die Prozesse zentriert sind, andernfalls ist der Cpk-Wert kleiner als der Cp-Wert. Der Cpk-Wert ergibt sich aus dem Minimum der unteren Fähigkeitsgrenze (CPL), die sich aus der Division der Differenz von unterer Spezifikationsgrenze und Mittelwert durch die dreifache Standardabweichung errechnet, und der oberen (CPU) Fähigkeitsgrenze, die sich aus der Division der Differenz von oberer Spezifikationsgrenze und Mittelwert durch die dreifache Standardabweichung errechnet.

$$CPL = \frac{LSL - \bar{x}}{3\sigma}$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min(CPU, CPL)$$

Die hier errechneten Werte beziehen sich auf die kurzfristige Prozessleistung, für die langfristige werden kontinuierliche Daten benötigt.<sup>174</sup>

#### Prozess Sigma:

Die Art der Berechnung des Prozess Sigmas ist von der Datenart und der Spezifikationsgrenze abhängig. Stehen für die Berechnung keine stetigen Daten zur Verfügung, so berechnet sich das Prozess Sigma aus den DPMO, die sich aus der Fehlerquote multipliziert mit 1.000.000 ergibt.

$$DPMO = \text{Fehlerquote} * 1.000.000$$

Die Fehlerquote entspricht der Fehlerrate durch die Anzahl der Fehlerquellen, wobei die Fehlerrate sich aus der Anzahl der fehlerhaften Einheit dividiert durch die Gesamtzahl der produzierten Einheiten berechnet.

---

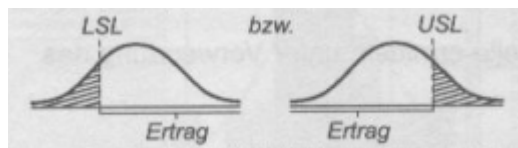
<sup>174</sup> Ebenda, S. 44; Mollenhauer et al., S. 124f.

$$\text{Fehlerrate} = \frac{\text{Anzahl fehlerhafte Einheiten}}{\text{Gesamtzahl produzierte Einheiten}}$$

$$\text{Fehlerquote} = \frac{\text{Fehlerrate}}{\text{Anzahl Fehlerquellen}}$$

Das Prozess Sigma wird anschließend aus der Sigma Tabelle abgelesen (Siehe Anhang A: Six Sigma Tabelle).<sup>175</sup>

Existiert eine ausreichende Anzahl an stetigen Daten und ist die Spezifikation einseitig (Siehe Abbildung 8), so wird im ersten Schritt der z-Wert berechnet. Dieser ergibt sich entweder aus der Division der Differenz von unterer Spezifikationsgrenze und Mittelwert durch die Standardabweichung oder aus der Division der Differenz von oberer Spezifikation und Mittelwert durch die Standardabweichung.



**Abbildung 8: „Einseitige Spezifikationen“<sup>176</sup>**

$$z_{LSL} = \frac{LSL - \bar{x}}{\sigma}$$

$$z_{USL} = \frac{USL - \bar{x}}{\sigma}$$

Nimmt man davon den absoluten Betrag erhält man das langfristige Prozess Sigma. Addiert man dazu 1,5 ergibt sich das kurzfristige Prozess Sigma.

$$|z| + 1,5 = \sigma_{ST}$$

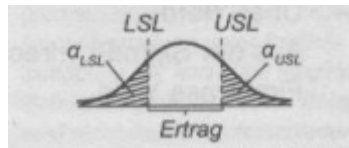
Ist die Spezifikation jedoch nicht einseitig (siehe Abbildung 9), müssen beide z-Werte errechnet werden. Von den absoluten Beträgen der beiden werden aus der Z-Tabelle die Flächen  $\alpha_{LSL}$  und  $\alpha_{USL}$  ermittelt. Subtrahiert man die beiden Werte von 1 und multipliziert das Ergebnis mit 100, so erhält man den Ertrag des Prozesses in Prozent und kann aus der Sigma

<sup>175</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 127; Töpfer.

<sup>176</sup> Mollenhauer et al. (2007), S 128.

Tabelle (siehe Anhang A: Six Sigma Tabelle) das kurzfristige Prozess Sigma ermitteln.<sup>177</sup>

$$\text{Ertrag} = (1 - \alpha_{LSL} - \alpha_{USL}) * 100$$



**Abbildung 9: „Beidseitige Spezifikationen“<sup>178</sup>**

#### 5.4.1.3 Analyze Phase:

Die Analyze Phase dient dazu Gründe von Fehlern zu erkennen, zu verifizieren und zu quantifizieren, sowie dem Sammeln von Ideen für die Improve Phase. Darüber hinaus sollen genauere Kenntnisse über den Prozessablauf gewonnen werden, sodass überflüssige Prozesse erkannt werden können. Dazu wird die ursprüngliche Problembeschreibung des Projekt Charters überprüft und gegebenenfalls geändert. Darauf hin wird der Prozess analysiert, dabei wird der Prozess auf Grundlage des SIPOCs der Define Phase tiefergehend analysiert und in Fluss-Diagrammen dargestellt. Danach werden die in der vorherigen Phase erhobenen Daten mit statistischen Werkzeugen (wie den Hypothesentests, der P-Wert Analyse, der Regression, dem Mittelwert, dem Konfidenzintervall, der ANOVA und der MultiVari Studie) untersucht. Für die Hypothesentests werden die Ursachen organisiert. Dabei werden diese in einem Ursachen-Wirkungs-Diagramm veranschaulicht, deren Einfluss auf den Problembereich gewichtet in einer Ursachen-Wirkungs-Matrix dargestellt, und deren Risiken mit der FMEA untersucht. Zuletzt wird das DOE zum Vergleich von Konzepten, zur Bestimmung signifikanter Faktoren, Parameter, Variablen und deren Einfluss, durchgeführt.<sup>179</sup>

---

<sup>177</sup> Ebenda, S. 122ff; Bergbauer (2006), S. 44.

<sup>178</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 128.

<sup>179</sup> Bergbauer (2006), S. 47f; Töpfer (04. 05. 2004).

#### 5.4.1.4 Improve Phase:

Nun sollen Lösungen entwickelt, beurteilt und ausgewählt, in einer Testphase durchgeführt und bei Erfolg ein Implementierungsplan erstellt werden.

Bei der Entwicklung der Lösung werden Kreativitätstechniken, wie zum Beispiel das Brainstorming, die 6-3-5 Methode, die 6 denkenden Hüte, die SCAMPER Methode oder der Morphologische Kasten angewandt. Die gefundenen Lösungen werden anschließend mit einer Kosten-Nutzen-Analyse auf deren Aufwand und Einsparungspotential untersucht. Anhand dieser Analyse, mit Hilfe einer Auswahlmatrix und von Simulationen wird eine Lösung ausgewählt. Für diese wird erneut eine Risikobewertung durch die FMEA durchgeführt, sodass der neue Prozess so gut verstanden wird, und dass potentielle Fehler, die dieser birgt, vorgebeugt werden kann. Anschließend wird ein Pilotprojekt durchgeführt und seine Ergebnisse bewertet. Der letzte Schritt dieser Phase ist das Erstellen eines Implementierungsplans, der die Rollenverteilung, den Aufgabenplan, die Ressourcenplanung, die Stakeholder Planung und die Kontrollen Planung beinhaltet.<sup>180</sup>

#### 5.4.1.5 Control Phase:

In der letzten Phase sollen die Verbesserungen eingeführt und dafür gesorgt werden, dass diese auch dauerhaft erfolgreich sind. Dafür werden Qualitätsregelkarten, die eine Prozessbeschreibung und die wesentlichen Kennzahlen und Parameter des Prozesses zur Überwachung enthalten. Darüber hinaus müssen die Veränderungen dokumentiert und standardisiert werden und an die betroffenen Abteilungen geleitet werden, sodass die Mitarbeiter über die Veränderungen informiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Dokumentation an den jeweiligen Informationsbedarf angepasst ist, und dass die Standardisierung des Prozesses noch Handlungsspielräume zulässt. Gegebenenfalls werden die Mitarbeiter im Umgang und der Durchführung mit den Prozessen

---

<sup>180</sup> Bergbauer (2006), S. 73ff.



trainiert. Nachdem die Umsetzung erfolgt ist, wird der neue Prozess überwacht, die Ergebnisse bewertet und die Verbesserungen nachgewiesen. Die Belts müssen auch noch einen Erfahrungsbericht verfassen, um für spätere Projekte Verbesserungspotential zu erkennen. Abschließend werden die Erfolge noch von der Geschäftsleitung honoriert.<sup>181</sup>

#### **5.4.2 DFSS Prozess**

Der DFSS Prozess wird verwendet um neue Prozesse von vornherein optimal und nach Six Sigma Kriterien und Leistungen zu gestalten.<sup>182</sup> Die Nutzung des DFSS Prozesses macht die Einführung von neuen Produkten und Services effizienter, zuverlässiger und fähig die Kundenanforderungen und – erwartungen zu erfüllen.<sup>183</sup> Dabei stehen dem Unternehmen mehrere Methoden zur Verfügung. Die meist genannte ist die DMADV. Diese Methode ist nahezu identisch mit der DMAIC Methode und birgt nur zwei zusätzliche Werkzeuge, die QFD und das TRIZ.<sup>184</sup>

Das QFD dient dazu besser auf die Kundenbedürfnisse eingehen zu können und wird in mehreren Stufen (4 Qualitätshäusern) durchgeführt.

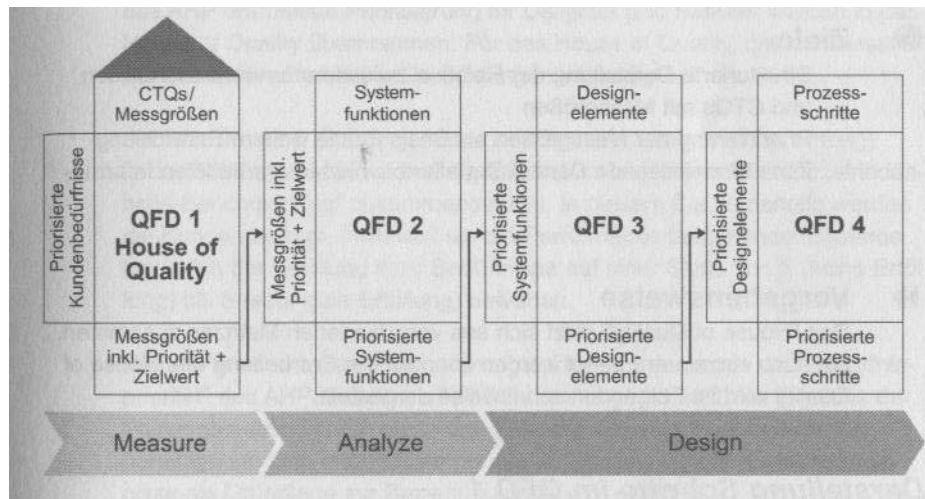
---

<sup>181</sup> Bergbauer (2006), S. 91ff.

<sup>182</sup> Vgl. Kwak/Anbari (2004), S. 710 (zit. nach Tennant, 2002).

<sup>183</sup> Vgl. Franza/Chakravorty (2007), S. 1982 (zit. nach Anthony, 2002).

<sup>184</sup> Vgl. Bergbauer (2006), S. 115.



**Abbildung 10: „Qualitätshäuser des QFD“<sup>185</sup>**

Im ersten Qualitätshaus sollen die Beziehungen zwischen Kundenbedürfnissen und CTQs mit den Messgrößen dargestellt, die Messgrößen priorisiert und die gewonnenen Informationen zusammengefasst werden.<sup>186</sup> Im zweiten Qualitätshaus werden die Aufgaben innerhalb des Unternehmens und der Einfluss von Messgrößen auf diese dargestellt und anschließend in eine Rangfolge gebracht.<sup>187</sup> Im dritten werden die Elemente des Designs identifiziert und ebenfalls nach deren Wichtigkeit gereiht.<sup>188</sup> Im letzten Qualitätshaus werden die wesentlichen Arbeitsschritte eines Prozesses erforscht.<sup>189</sup>

Die TRIZ wird genutzt, um Unstimmigkeiten innerhalb eines Konzeptes und von Konzepten selbst auszumerzen. Dafür werden konkrete Probleme mit allgemeinen verglichen und die Lösungen derer für die Lösung des konkreten Problems angepasst. Beim TRIZ werden fünf Problemgruppen unterschieden. Die technischen Widersprüche, bei denen eine Handlung verbessert wird, wobei dies jedoch eine andere Handlung beeinträchtigt, die physikalischen Widersprüche, hier wirken nicht nur gewünschte Effekte auf ein Produktionsteil, sondern auch nachteilige, die unvollkommenen funktionalen Strukturen, bei denen nützliche Funktionen

<sup>185</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 103.

<sup>186</sup> Ebenda, S. 104.

<sup>187</sup> Ebenda, S. 142.

<sup>188</sup> Ebenda, S. 245.

<sup>189</sup> Ebenda, S. 287.

unzureichend sind, oder benötigte fehlen, die ausufernde Komplexität, bei der das bestehende System zu kompliziert ist oder zu hohe Kosten verursacht und die Systemoptimierungen, bei der das bestehende Konzept verbessert werden muss, damit ein Vorteil gegenüber der Konkurrenz errungen werden kann.<sup>190</sup>

Aus Gründen der Gleichartigkeit mit dem DMAIC Prozess wird auf eine detailliertere Erklärung des DMADV verzichtet.

## **5.5 Implementierung**

Six Sigma ist ein unternehmensweites Programm. Die Einführung beginnt bei der Unternehmensleitung, wird von dieser angestoßen und nach unten eingeführt. Dabei ist es von großer Bedeutung, dass alle im Unternehmen ausreichend informiert und geschult werden.<sup>191</sup> Bei der Einführung sollte in folgenden Schritten vorgegangen werden.

Zu Beginn muss für das Verständnis der Six Sigma Methoden gesorgt werden. Dies beinhaltet auch, dass die Unternehmensleitung das Programm leitet und Ressourcen freigibt. Darüber hinaus muss das Unternehmen sowohl die Anforderung, als auch die Leistungsfähigkeit von Six Sigma erfüllen. Der nächste Punkt besteht darin, dass die Organisation nach Six Sigma Kriterien aufgebaut wird und Schlüsselrollen festgelegt werden. Im Anschluss werden dann die Belts ausgewählt und ausgebildet. Daraufhin erfolgen der Projektteil und die Analyse der Ergebnisse, welche die durchgeführten Projekte erzielt haben. Zum Abschluss sollen noch ein eigenes Projektcontrolling und eine Wissensmanagementabteilung aufgebaut werden.<sup>192</sup>

Eine vollständige Einführung dauert in der Regel ungefähr 24 Monate, dies beinhaltet eine 5-monatige Trainingsphase für Belts und weitere 12 – 14 Monate für die unternehmensweite Einführung. Die Einführung sollte

---

<sup>190</sup> Ebenda, S. 169f.

<sup>191</sup> Bergbauer (2006), S. 8.

<sup>192</sup> Ebenda S. 8, 147; Töpfer (2004), S. 19.

keinesfalls beschleunigt werden, da dieser Zeitraum von großer Bedeutung für die Akzeptanz von Six Sigma bei den Mitarbeitern ist.<sup>193</sup>

Wurde das Programm erst einmal erfolgreich im eigenen Unternehmen eingeführt, so sollten anschließend die Lieferanten miteingebunden werden, indem Belts des Unternehmens Mitarbeiter der Lieferanten trainieren und beraten. Gemeinsame Projekte sollen mit diesen durchgeführt werden, und die Erfolge, die auf Grund der Zusammenarbeit entstehen, auch gemeinsam verwertet und gerecht verteilt werden. Die Verträge müssen dann so gestaltet werden, dass die entstandenen Vorteile nur unter den Vertragspartnern genutzt werden können.

Als letzter Schritt sollte dann der Konsument miteingebunden werden. Dabei wird der Kunde in den Verbesserungsprozess miteinbezogen und soll auch aktiv daran teilnehmen. Dies ist besonders bei der Neugestaltung von Prozessen und neuen Produkten für das Unternehmen von Bedeutung, da in diesem Fall kaum Erfahrungen über die Bedürfnisse des Kunden bekannt sind. Die Einbindung des Kunden bietet das größte Potential, da dabei der Kundennutzen vollständig berücksichtigt wird und dadurch eine stärkere Marktposition erlangt werden kann.<sup>194</sup>

Darüber hinaus wurden bei der Einführung von Six Sigma folgende für den Erfolg wichtige Faktoren festgestellt:

#### **5.5.1 Management Beteiligung und Engagement:**

Die Unternehmensleitung muss die Einführung von Six Sigma kontinuierlich unterstützen und Enthusiasmus zeigen. Denn nur wenn diese von der Einführung überzeugt ist, kann auch die Einstellung von Mitarbeiter verändert werden und eine Restrukturierung der Organisation, sowie eine kulturelle Veränderung ohne größere Schwierigkeiten

---

<sup>193</sup> Töpfer (2004), S. 19 (zit. nach Töpfer, 2004, S. 165).

<sup>194</sup> Bergbauer (2006), S. 8; Banuelas Coronado/Antony (2002), S. 96 (zit. nach Pande et al., S. 2000).

erfolgen.<sup>195</sup> Darüber hinaus muss, dass Top Management dafür sorgen, dass benötigte Ressourcen zur Verfügung stehen und die Mitarbeiter an Schulungen teilnehmen. Des Weiteren muss das Management an Projekten teilnehmen, die Projektfortschritte überwachen und monatliche Rückblicke mit Master Black Belts durchführen. Six Sigma sollte Teil einer jeden Tätigkeit im Unternehmen sein.<sup>196</sup> Ohne ausreichende Unterstützung des Managements kann es zu Zweifeln über die Wichtigkeit von Six Sigma kommen. Dies führt wiederum zu einer Demoralisation der Anstrengung.<sup>197</sup>

### **5.5.2 Infrastruktur des Unternehmens:**

Bevor mit der Einführung begonnen wird, muss darauf geachtet werden, dass im Unternehmen genügend Ressourcen, eine langfristige Strategie, ein gutes Kommunikationssystem und die Bereitschaft zu Teamwork bestehen.<sup>198</sup> Dabei sollte jedoch nicht vergessen werden, dass jeder Mitarbeiter ein gewisses Maß an Weiterbildung benötigt, sodass für Verständnis auf allen Ebenen des Unternehmens gesorgt wird.<sup>199</sup>

### **5.5.3 Verknüpfung von Six Sigma mit der Unternehmensstrategie:**

Bei der Auswahl von Projekten ist stets darauf zu achten, dass diese auch die finanziellen und operativen Ziele des Unternehmens verfolgen.<sup>200</sup> Um den positiven Einfluss von Six Sigma zu verdeutlichen, sollten die Verbindung von Projekten mit der Unternehmensstrategie, deren Beitrag zur Erreichung und deren finanziellen Erträge aufgezeigt werden.<sup>201</sup>

### **5.5.4 Kulturelle Veränderung und Kommunikation:**

Bei der Einführung von Six Sigma findet eine Veränderung der Firmenwerte und –kultur statt. Sowohl die Strukturen innerhalb des Unternehmens, als auch die Infrastruktur des Unternehmens müssen neu

---

<sup>195</sup> Henderson/Evans (2000), S. 269 (zit. nach Hendericks/Kelbaugh, 1998).

<sup>196</sup> Ebenda, S. 270; Banuelas Coronado/Antony (2001), S. 93 (zit. nach Halliday, 2001; Eckes, 2000); Antony/Banuelas (2002), S. 21 (zit. nach Eckes, 2000).

<sup>197</sup> Antony/Banuelas (2002), S. 21 (zit. nach Pande et al., 2000).

<sup>198</sup> Banuelas Coronado/Antony (2002), S. 93.

<sup>199</sup> Pfister (2007), S. 57; Kwak/Anbari (2004), S. 712f.

<sup>200</sup> Banuelas Coronado/Antony (2002), S. 95 (zit. nach Pande et al., 2000).

<sup>201</sup> Ebenda, S. 96.

gestaltet werden. Häufig stößt dies auf Widerstand von Seiten der Mitarbeiter. Um dies zu vermeiden, sollten die Mitarbeiter über die Gründe der Veränderungen und die Vorteile, die diese sowohl für das Unternehmen, als auch die Mitarbeiter selbst darstellt, aufgeklärt werden, sowie im Umgang mit Six Sigma geschult werden. Dadurch können auch Ängste vor dem „Neuen“ abgebaut werden. Zusätzlich muss wie auch bei den anderen Methoden (Just in Time, Kanban, Poka Yoke) die Kommunikation verbessert und verstärkt werden.<sup>202</sup>

### **5.5.5 Training und kontinuierliche Ausbildung:**

Die Ausbildung dient besonders zum besseren Verständnis der Grundlagen, Werkzeuge und Techniken von Six Sigma. Das Training ist Teil der kommunikativen Techniken und stellt sicher, dass Manager und Mitarbeiter die komplexen Techniken (Team-Tools, Prozess-Tools, Führungs-Tools) wirksam verwenden und einsetzen. Die Intensität des Trainings ist abhängig vom Grad des Belts. Es ist von großer Bedeutung, die Schlüsselrollen und die Verantwortlichkeiten von Mitarbeitern zu identifizieren. Außerdem sind ein kontinuierlicher Lernprozess und eine Anpassung an die neuesten Trends und Techniken sehr hilfreich. Das Training hilft, dabei Vertrauen aufzubauen. Durch vorsichtige Planung und Trainingsprojekte können bereits Einsparungen erzielt werden, die die Kosten der Ausbildung schon decken.<sup>203</sup>

### **5.5.6 Projektmanagement, -auswahl:**

Die durchzuführenden Projekte müssen vorsichtig ausgewählt und sorgfältig geplant werden, sodass der Nutzen, der dem Unternehmen durch das Projekt entsteht, maximiert wird. Bereits zu Beginn muss überprüft werden, ob das Projekt durchführbar ist, und sowohl den Unternehmenszielen, als auch den Kundenwünschen entspricht.<sup>204</sup>

---

<sup>202</sup> Ebenda, S. 94; Kwak/Anbari (2004), S. 712f.; Antony/Banuelas (2002), S. 21f.

<sup>203</sup> Kwak/Anbari (2004), S. 713 (zit. nach Hoerl, 2001); Antony/Banuelas (2002), S. 22f.; Lee-Mortimer (2006), S. 17 (zit. nach Slaney).

<sup>204</sup> Kwak/Anbari (2004), S. 712.

Bei der Auswahl von Projekten können folgende Kriterien herangezogen werden:

- Höchster Ertrag
- Größte Verbundenheit zum Unternehmensziel
- Größter Vorteil gegenüber der Konkurrenz
- Größte Profitabilität
- Verbesserung der Kundenzykluszeit
- Größte Leistungserbringung
- Verbesserung der Kundenzufriedenheit<sup>205</sup>

Werden die Projekte nicht sorgfältig geplant und auf deren Durchführbarkeit überprüft, kann dies dazu führen, dass Fristen nicht eingehalten werden können und Beteiligte enttäuscht sind und frühzeitig aufgeben, sodass das Projekt als Ganzes fehlschlägt.<sup>206</sup>

#### **5.5.7 Verknüpfung zu Lieferanten:**

Bei der Nutzung von Six Sigma ist es für das Unternehmen wesentlich, dass auch die Lieferanten gewissen Anforderungen entsprechen. So müssen diese stets pünktlich liefern und den Qualitätsanforderungen von Six Sigma entsprechen. Um den Lieferanten dazu anzuregen, diese Bedingungen zu erfüllen, muss eine Win-Win Situation entstehen, sodass dem Lieferanten auch Vorteile besonders gegenüber seinen Konkurrenten entstehen.<sup>207</sup>

#### **5.5.8 Verknüpfung zu Kunden (Anfang und Ende von Six Sigma):**

Zu Beginn ist es von großer Bedeutung die Kundenwünsche, deren Anforderungen bezüglich Lieferzeiten, Zuverlässigkeit und Qualität zu erkennen.<sup>208</sup> Denn nur so können Projektziele, die den Wert und die Leistung des Unternehmens maximieren, festgelegt werden. Darüber hinaus sollen die Kunden nach erfolgreicher Einführung von Six Sigma

---

<sup>205</sup> Banuelas Coronado/Antony (2002), S. 98.

<sup>206</sup> Antony/Banuelas (2002), S. 22 (zit. nach Pande et al., 2000).

<sup>207</sup> Ebenda, S. 23 (zit. nach Pande et al., 2000); Banuelas Coronado/Antony (2002), S. 97.

<sup>208</sup> Antony/Banuelas (2002), S. 23 (zit. nach Harry/Schroeder, 2000); Banuelas/Coronado/Antony (2002), S. 96 (zit. nach Pande et al., 2000).

auch in den Verbesserungsprozess und den Gestaltungsprozess neuer Produkte eingebunden werden, sodass diese von vornherein den Kundenwünschen und –erwartungen entsprechen. Auf diese Weise erzielt das Unternehmen einen erheblichen Vorsprung den Konkurrenten gegenüber.<sup>209</sup>

### **5.5.9 Beteiligte**

Bei Six Sigma ist es besonders wichtig, dass Schlüsselrollen und deren Aufgabenbereiche klar definiert sind, aus diesem Grund werden diese und ihre Besonderheiten hier beschrieben.

- Change Manager:

Der Change Manager ist für die Veränderung der Prozesse und der Vorgehensweisen im Unternehmen verantwortlich. Er muss ein Umfeld schaffen, in dem die angestrebten Ziele erreicht werden können.<sup>210</sup>

- Prozesseigner:

Auch dieser ist für die Prozesse verantwortlich. Darüber hinaus muss er dafür sorgen, dass die Nutzung und die Erfolge von Six Sigma andauern.<sup>211</sup>

- Business Analysten:

Sie sind Kaufleute, die die Auswirkungen (Nutzen für das Unternehmen, Kostensenkung etc.) von Projekten ermitteln und Erfolge von Projekten bestätigen<sup>212</sup>

- Sponsor (Management):

Die Sponsoren sind für die Reihenfolge, in der Projekte durchgeführt werden, zuständig. Darüber hinaus steuern sie diese, geben dafür benötigte Ressourcen frei und beseitigen mögliche Barrieren. Nach Abschluss von Projekten sind sie auch noch für die Honorierung dieser verantwortlich.<sup>213</sup>

---

<sup>209</sup> Bergbauer (2006), S. 8.

<sup>210</sup> Pfister (2007), S. 57.

<sup>211</sup> Schmieder (2005).

<sup>212</sup> Bergbauer (2006), S. 13

<sup>213</sup> Ebenda.



- Champions:

Sie sind Mitglieder der Geschäftsleitung und im Umgang mit Six Sigma voll ausgebildet. Als Mitglieder der Geschäftsleitung sind sie mit der Leitung der Einführung betraut.<sup>214</sup> Darüber hinaus sind sie auch für die Auswahl der Projekte und den dabei Beteiligten zuständig. Bei der Auswahl der Projekte müssen sie auch darauf achten, dass diese in Zusammenhang mit den Unternehmenszielen stehen. Pro Organisationseinheit sollte ein Champion ernannt werden.<sup>215</sup>

- Master Black Belts:

Die Master Black Belts sind für die Priorisierung der Projektauswahl und die Ausbildung von Spezialisten zuständig. Auch sie sind vollwertig ausgebildet und haben schon langjährige Six Sigma Erfahrung. Sie sind die direkten Ansprechpartner der Champions und unterstützen die Black Belts. Ihre Ausbildung dauert nach der Black Belt Ausbildung noch weitere vier Wochen. Es sollte ein Master Black Belt für fünf Black Belts zur Verfügung stehen.<sup>216</sup>

- Black Belts:

Auch die Black Belts sind vollständig ausgebildet und arbeiten Vollzeit an den Verbesserungsprojekten.<sup>217</sup> Sie sind die Anwendungsexperten und wissen deshalb welche Fähigkeiten und welches Wissen bei der Durchführung der Projekte zur Anwendung kommen sollen.<sup>218</sup> Die Black Belts verwirklichen zirka 4 – 6 Projekte pro Jahr. Ihre Ausbildung sollte zwischen 20 und 25 Tagen dauern, wobei der theoretische Teil immer wieder von Praxisblöcken unterbrochen wird, bei denen bereits an Verbesserungsprojekten gearbeitet wird.<sup>219</sup> Die Anzahl der Black Belts sollte in etwa 1-2% der gesamten Belegschaft ausmachen.<sup>220</sup>

- Green Belts:

Sie arbeiten nur durchschnittlich 20 Prozent ihrer Arbeitszeit an Projekten. Ihr Training ist deshalb zeitlich weniger intensiv als das der Black Belts, es

---

<sup>214</sup> Henderson/Evans (2000), S. 270.

<sup>215</sup> Töpfer (2004), S. 19f.

<sup>216</sup> Ebenda, S. 20; Bergbauer (2006), S. 13.

<sup>217</sup> Henderson/Evans (2000), S. 270.

<sup>218</sup> Töpfer (2004), S. 20.

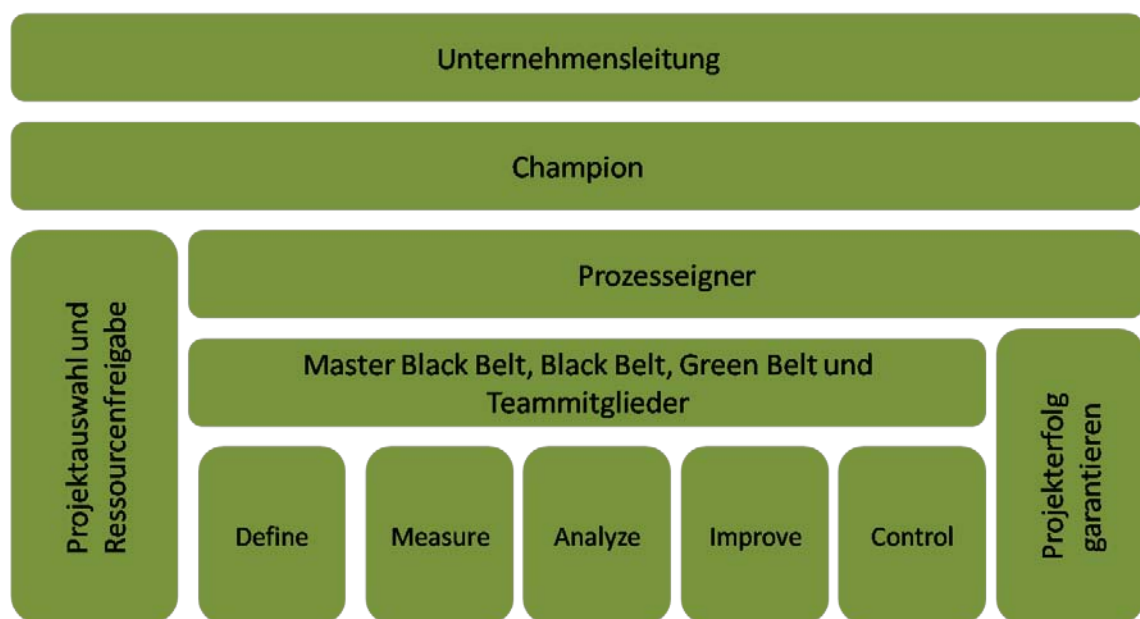
<sup>219</sup> Bendell (2000), S. 15f.; Bergbauer (2006), S. 13.

<sup>220</sup> Töpfer (2004), S. 20.

dauert in etwa nur 2 Wochen, wird aber ebenfalls von Trainingsblöcken unterbrochen. Ihr Aufgabenbereich besteht aus der Durchführung und Unterstützung von Projekten und der Arbeit in Teams. Sie sind nur teilzeitbeschäftigt und greifen auf die Kenntnisse der Black Belts zurück. Ihr Anteil an der gesamten Belegschaft sollte in etwa 2–5% betragen.<sup>221</sup>

- Mitarbeiter:

Die Mitarbeiter sind die Prozessexperten und zeigen, da sie täglich mit den Prozessen arbeiten, deren Probleme auf. Sie unterstützen die Projektteams bei der Verbesserung der Prozesse und setzen diese anschließend vor Ort um.<sup>222</sup>



**Abbildung 11: „Projekthierarchie“<sup>223</sup>**

Abbildung 11 zeigt die Hierarchie und die Beteiligung innerhalb von Six Sigma und während der Durchführung von Projekten.

## 5.6 Probleme und Kritik

- Zielsetzung

Auch bei der Einführung von Six Sigma begehen Unternehmen Fehler. So konzentrieren sich viele Unternehmen häufig nur auf die Erreichung eines Zieles – meist auf die Senkung der Kosten, da

<sup>221</sup> Ebenda; Bendell (2000), S. 15; Bergbauer (2006), S. 13.

<sup>222</sup> Bergbauer (2006), S. 13.

<sup>223</sup> Schmieder (2004).

dessen Erfolg leichter nachweisbar ist, als jenes der Erhöhung des Kundennutzens.<sup>224</sup>

- Auswahl und Qualifikationen der Belts und der Mitarbeiter

Darüber hinaus suchen Unternehmen die Spezialisten größtenteils nur außerhalb des Unternehmens. Diesen fehlt es allerdings an praktischer Erfahrung, die firmeninterne Prozesse betrifft. Darüber hinaus mangelt es ihnen häufig an kulturellem Einfühlungsvermögen, dies erschwert wiederum die Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern.

Ein weiteres Problem ergibt sich bei hochqualifizierten Black Belts, da diese sich möglicherweise nur auf die Auswertung und Analyse von Daten konzentrieren und dabei die Arbeit in Teams vernachlässigen. Bei der Auswahl ist es deshalb wichtig, die richtige Balance zwischen technischen, praktischen und sozialen Fähigkeiten bei den Spezialisten zu finden. Die Spezialisten sollten außerdem motiviert sein, ihre Management- und Teamfähigkeiten zu erweitern.<sup>225</sup>

- Klare Rollenverteilung

Six Sigma scheitert auch dann, wenn die Rollen und Ressourcen im Unternehmen nicht klar verteilt sind, oder Spezialisten ihren Aufgaben nicht nachkommen.<sup>226</sup>

- Auswahl von Projekten

Probleme können auch bei der Projektauswahl auftreten, so kann ein Projekt nicht zu den gewünschten Erfolgen führen, wenn zuviel auf einmal erreicht werden soll, oder dem Team nicht genügend

---

<sup>224</sup> Bendell/Marra (2002), S. 18; Bendell (2000), S. 256.

<sup>225</sup> Lee-Mortimer (2006), S. 17.

<sup>226</sup> Antony, J./Kumar, M./Labib, A. (2008), S. 486.

Zeit zur Verfügung steht, sodass diese die Verbesserungen nicht ausreichend planen und analysieren können.<sup>227</sup>

- Bürokratie und Hürden

Häufig sehen Unternehmen Six Sigma als den Schlüssel zum Erfolg und folgen dessen Regeln blind. Auf diese Weise wird stur nach den Regeln vorgegangen und mögliche Verbesserungen werden nicht umgesetzt. Anstelle der Effektivität steht die korrekte Durchführung von Six Sigma im Vordergrund.

Erfolge müssen bei Six Sigma mit Hilfe von Daten und Fakten bewiesen werden. Dies kann dazu führen, dass die Motivation der Mitarbeiter sinkt, da diese auf Grund der Bürokratie und der Hürden, die entstehen, wenn sich das Unternehmen zu sehr an die Richtlinien (den mathematischen und statistischen Beweis von Erfolgen) hält, unzufrieden sind. Somit kann Six Sigma nur zu Erfolgen führen, wenn sich das Unternehmen ein gewisses Maß an Flexibilität beibehält und dessen Nutzung nicht zu blindem Gehorsam führt.<sup>228</sup>

Abschließend sei noch erwähnt, dass Probleme die bereits bei Just in Time (siehe Kap. 2.5 Probleme und Kritik) und Kanban (siehe Kap. 3.6 Probleme und Kritik) erwähnt wurden, auch bei Six Sigma zu Probleme führen können.

---

<sup>227</sup> Ebenda.

<sup>228</sup> Jarrar/Neely.

## 6 Die Modelle

Um die oben beschriebenen Methoden zu vergleichen und das kostengünstigste bei optimaler Bestellmenge herauszufinden, wird das Economic Order Quantity Modell herangezogen. Die hier angewandten Kostenfunktionen basieren auf den Arbeiten von Fazel/Fischer/Gilbert (1998), Schniederjans/Cao (2000) und Tsou/Chen (2005) und wurden an die Bedürfnisse dieser Arbeit und den darin beschriebenen Methoden angepasst.

### 6.1 EOQ Kostenfunktion

Die in der Praxis gebräuchliche EOQ Kostenfunktion wird hier um die Kosten schlechter Qualität erweitert. Die Gesamtkosten des Economic Order Quantity Modell setzen sich somit aus den jährlichen Kaufkosten, den jährlichen Bestellkosten, den jährlichen Lagerhaltungskosten und den Kosten für schlechte Qualität zusammen.

*jährliche Gesamtkosten = jährliche Kaufkosten + jährliche Bestellkosten +  
jährliche Lagerhaltungskosten + jährliche Kosten schlechter Qualität*

Die jährlichen Kaufkosten setzen sich zusammen, aus dem Lieferpreis von Teilen  $P_{EOQ}$  und der Bestellmenge  $Q$ . Die Bestellkosten ergeben sich aus den fixen Bestellkosten  $k$  (pro Bestellung), der Nachfrage  $D$  und der Bestellmenge  $Q$  ( $kD/Q$ ).

Es wird angenommen, dass ein fehlerhaftes Endprodukt dem Kunden ersetzt wird, deshalb beinhalten die Lagerhaltungskosten zusätzlich jene Menge, die auf Lager gehalten werden muss, um fehlerhafte Produkte gleich ersetzen zu können  $pQ$ .  $p$  entspricht, dabei dem prozentuellen Anteil an fehlerhaften Teilen. Dabei ist der Anteil an fehlerhaften Teilen größer als null, wenn keine Investitionen in die Verbesserungen der Qualität getätigt werden. Wird jedoch optimal in die Verbesserung der Qualität investiert, so beträgt die Anzahl an fehlerhaften Teilen null.

$$\begin{cases} p > 0 & \text{wenn } I = 0 \\ p = 0 & \text{wenn } I = I^* \end{cases} \quad (1)$$

Die Lagerhaltungskosten setzen sich dann zusammen aus den jährlichen Kosten zur Lagerung eines Teiles  $h$ , und der durchschnittlichen Menge, die auf Lager gehalten wird  $Q(h+ph)/2$ .

Die Kosten schlechter Qualität berechnen sich aus der Wahrscheinlichkeit  $T$ , dass die Bestellmenge fehlerhaft ist, der Bestellmenge und den Kosten  $Cr$ , die auf Grund der schlechten Qualität entstehen. Auch hier wird angenommen, dass bei optimaler Investition in ein Verbesserungsprogramm, die Wahrscheinlichkeit, dass fehlerhafte Produkte vorhanden sind, gleich null ist. Andernfalls entspricht die Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Produkte  $T$ .

$$\begin{cases} T > 0 & \text{wenn } I < 0 \\ T = 0 & \text{wenn } I = I^* \end{cases} \quad (2)$$

Die Gesamtkosten des EOQ Modells berechnen sich somit folgendermaßen:

$$TC_{EOQ} = P_{EOQ}D + \frac{kD}{Q} + \frac{Q(h+ph)}{2} + CrTQ \quad (3)$$

Das Ziel ist genau die Menge zu bestellen, bei der die Gesamtkosten minimiert werden. Setzt man die erste Ableitung der Gesamtkosten gleich null und löst man anschließend nach  $Q$  auf, so erhält man die optimale Bestellmenge  $Q^*$ .

$$Q^* = \frac{\sqrt{2kD}}{\sqrt{h+ph+2CrT}} \quad (4)$$

Die optimale Bestellmenge ist abhängig von der Nachfrage, den fixen Bestellkosten, sowie den Lagerhaltungskosten, der Fehlerquote und der Wahrscheinlichkeit, dass fehlerhafte Teile vorhanden sind, sowie den damit verbundenen Kosten schlechter Qualität.

## 6.2 JIT Kostenfunktion

Die Gesamtkosten des Just in Time Modells setzen sich aus dem Preis der Nachfrage, der Nachfrage, den jährlichen Bestellkosten, den Investitionen die für die Umsetzung des Just in Time Programms benötigt werden, und der Ersparnis, die durch die geringere Lagermenge entsteht, zusammen.

*jährliche Gesamtkosten = jährliche Kaufkosten + jährliche Bestellkosten + Investitionen für Just in Time – Kostenersparnis durch geringeren Lagerbedarf*

In diesem Modell wird angenommen, dass der Lieferant selbst noch nicht mit Just in Time arbeitet, wodurch er höhere Lagerbestände halten muss, um die Nachfrage pünktlich zu erfüllen. Die daraus resultierenden Kosten wird er zum Teil auf das Unternehmen umwälzen, sodass der Preis pro Stück  $P_{JIT}$  mit Just in Time größer ist, als der der Economic Order Quantity ( $P_{JIT} > P_{EOQ}$ ). Da bei Just in Time häufigere Lieferungen erfolgen, wird angenommen, dass das Unternehmen mit dem Lieferanten fixe Bestellkosten  $k_{JIT}$  vereinbart. Wie oben bereits erwähnt, müssen gewisse Vorkehrungen, die mit Investitionen  $I_{JIT}$  verbunden sind, getroffen werden, damit Just in Time auch erfolgreich ist. Durch Just in Time wird weniger Lagerplatz benötigt, die Kostenersparnis, die dadurch entsteht, wird durch die Quadratmeterersparnis  $N$  und die Kosten pro Quadratmeter  $c$  dargestellt. Da bei Just in Time also keine Lagerbestände mehr existieren, muss von vornherein hohe Qualität geliefert werden und auch produziert werden. Wodurch sowohl die Kosten der Lagerhaltung, als auch die Kosten schlechter Qualität entfallen.

Die Gesamtkosten berechnen sich also wie folgt:

$$TC_{JIT} = P_{JIT}D + k_{JIT} + I_{JIT} - cN \quad (5)$$

### 6.2.1 EOQ vs JIT

Um nun festzustellen, bei welcher Nachfrage, welches Bestellverfahren dem anderen vorzuziehen ist, also bei welcher Menge der Kostenunterschied gleich null ist und bei welcher der Kostenunterschied maximal ist, werden die beiden Kostenfunktionen einander gegenübergestellt.

Z entspricht dem Kostenunterschied der Gesamtkosten des EOQ und von JIT.

$$Z = TC_{EOQ} - TC_{JIT} \quad (6)$$

Durch einsetzen der Gleichungen (3) und (5) erhält man die Zielfunktion.

$$Z = P_{EOQ}D + \frac{kD}{Q} + \frac{Q(h+ph)}{2} + CrTQ - P_{JIT}D - k_{JIT} + cN - I_{JIT} \quad (7)$$

Anschließend wird die optimale Bestellmenge  $Q^*$  (siehe Gleichung (4)) eingesetzt.

$$Z = kD \sqrt{\frac{h(1+p) + 2CrT}{2kD}} + \frac{h(1+p)}{2} \sqrt{\frac{2kD}{h(1+p) + 2CrT}} + CrT \sqrt{\frac{2kD}{h(1+p) + 2CrT}} + D(P_{Eoe} - P_{JIT}) + cN - k_{JIT} - I_{JIT} \quad (8)$$

Der Indifferenzpunkt, jener Punkt, bei dem die Nachfrage jener Menge entspricht, bei der die Kosten von EOQ und Just in Time gleich sind, wird durch null setzen von Z und anschließendem Auflösen der Funktion nach D erhalten.

$$D_{Ind} = \frac{1}{(P_{JIT} - P_{EOQ})^2} \{ -(P_{JIT} - P_{EOQ})(k_{JIT} + I_{JIT} - cN) + k[h(1+p) + 2CrT] \pm \sqrt{-2k(P_{JIT} - P_{EOQ})(k_{JIT} + I_{JIT} - cN)[h(1+p) + 2CrT] + k^2(h(1+p) + 2CrT)^2} \} \quad (9)$$

Der Indifferenzpunkt ist somit abhängig von den Lieferantenpreisen der beiden Methoden, den laufenden Bestellkosten des EOQ Modells und auch den fixen Bestellkosten unter JIT, den Investitionen und der



Lagerplatzersparnis unter JIT, sowie den Lagerhaltungskosten und den Kosten schlechter Qualität, die beim EOQ Modell entstehen.

Durch die Ableitung der Gleichung Z, welche anschließend gleich null gesetzt wird, wird jener Nachfragelevel errechnet, bei dem der Kostenunterschied der beiden Bestellverfahren maximal ist.

$$D_{\max} = \frac{k[h(1+p) + 2CrT]}{2(P_{JIT} - P_{EOQ})^2} \quad (10)$$

Der maximale Kostenunterschied von Just in Time und dem Economic Order Quantity Modell, ist abhängig von den Preisen der beiden Modelle, den Bestellkosten, den Lagerhaltungskosten und den Kosten schlechter Qualität, die beim EOQ Modell entstehen.

### **6.3 PY/Six Sigma Kostenfunktion**

Für den Vergleich von Poka Yoke und Six Sigma mit dem Economic Order Quantity Modell wird das gleiche Modell verwendet, da die Gesamtkosten der beiden sich lediglich in der Höhe der Investition, die für die Umsetzung der Programme benötigt werden, unterscheiden.

Die Gesamtkosten bei Poka Yoke und Six Sigma setzen sich zusammen aus den jährlichen Kaufkosten, den jährlichen Bestellkosten, den jährlichen Lagerhaltungskosten, den Kosten auf Grund schlechter Qualität und der Investition, die getätigt werden muss, um das jeweilige Programm umzusetzen.

*jährliche Gesamtkosten = jährliche Kaufkosten + jährliche Bestellkosten + jährliche Lagerhaltungskosten + jährliche Kosten schlechter Qualität + Investitionen für Poka Yoke/Six Sigma*

Die jährlichen Kaufkosten setzen sich aus dem Preis pro Stück  $P_{PY}$  und der Nachfrage zusammen. Da das Unternehmen von seinen Lieferanten ebenfalls hohe Qualität verlangt, wird auch hier angenommen, dass der Preis pro Stück bei Poka Yoke/Six Sigma höher als der beim EOQ Verfahren ist  $P_{PY} > P_{EOQ}$ . Die Bestellkosten berechnen sich genau wie

beim EOQ Modell. Damit Poka Yoke/Six Sigma erfolgreich ist, müssen auch hier Investitionen  $I_{PY}$  getätigt werden. Es wird angenommen, dass diese  $I^*$  entsprechen ( $I_{PY} = I^*$ ).

Die Kostenfunktion errechnet sich somit wie folgt:

$$TC_{PY} = P_{PY}D + \frac{kD}{Q} + \frac{Q(h+ph)}{2} + C_rTQ + I_{PY} \quad (11)$$

Da angenommen wird, dass optimal in die Methoden investiert wird, entspricht sowohl der Anteil an fehlerhaften Teilen, als auch die Wahrscheinlichkeit, dass schlechte Qualität produziert wird gleich null. ( $p = 0$  und  $T = 0$ ). Dadurch entfallen die Kosten für zusätzlich auf Lager gehaltene Ware und auch die Kosten die auf Grund schlechter Qualität entstehen. Durch Vereinfachen der Gleichung (11) erhält man dann die Gesamtkostenfunktion für Poka Yoke und Six Sigma (Gleichung (12)).

$$TC_{PY} = P_{PY}D + \frac{kD}{Q} + \frac{Qh}{2} + I_{PY} \quad (12)$$

### 6.3.1 EOQ vs PY/Six Sigma

Die Gesamtkosten von Poka Yoke/Six Sigma werden nun ebenfalls den Gesamtkosten des Economic Order Quantity Modells gegenübergestellt (13), (14) und die optimale Bestellmenge eingesetzt (15), um durch null setzen der Funktion Z erneut die Nachfragemenge zu erhalten bei der die Kosten der Modelle gleich sind (16).

$$Z = TC_{EOQ} - TC_{PY} \quad (13)$$

$$Z = P_{EOQ}D + \frac{phQ}{2} + CrTQ - P_{PY}D - I_{PY} \quad (14)$$

$$Z = D(P_{EOQ} - P_{PY}) + \sqrt{\frac{2kD}{h(1+p) + 2CrT}} \frac{ph}{2} + CrT \sqrt{\frac{2kD}{h(1+p) + 2CrT}} - I_{PY} \quad (15)$$

Der Punkt, an dem der Kostenunterschied zwischen dem Economic Order Quantity Modell und Poka Yoke beziehungsweise Six Sigma gleich null ist (16), ist abhängig von der Differenz der beiden Lieferpreise, den Lagerhaltungskosten und den Kosten schlechter Qualität, die beim

Economic Order Quantity Modell entstehen, sowie den Bestellkosten und der Investition, die für die jeweilige Methode (PY oder Six Sigma) getätigt wird.

$$D_{ind} = \frac{1}{4(P_{PY} - P_{EOQ})^2 (h(1+p) + 2CrT)}$$

$$[-4I_{PY} (P_{PY} - P_{EOQ})(h(1+p) + 2CrT) + k(hp + 2CrT)^2]$$

$$\pm (hp + 2CrT) \sqrt{k(8I_{PY} (P_{PY} - P_{EOQ})(h + hp + 2CrT) + k(hp + 2CrT)^2)}$$
(16)

Anschließend wird die Funktion Z wieder abgeleitet und gleich null gesetzt, um erneut jenen Nachfragelevel zu berechnen, bei dem der Kostenunterschied maximal ist.

$$D_{max} = \frac{hk(ph + 2CrT)^2}{8(P_{PY} - P_{EOQ})^2 (h + hp + 2CrT)}$$
(17)

Der Punkt an dem der Kostenvorteil von Poka Yoke beziehungsweise von Six Sigma am größten ist, ist abhängig von der Differenz der Preise, den Lagerhaltungskosten und den Kosten schlechter Qualität bei der Nutzung des Economic Order Quantity Modells, sowie den Bestellkosten.

## 6.4 Beispiele

Um die oben berechneten Ergebnisse zu veranschaulichen, werden sie an dieser Stelle anhand von Beispielen noch illustriert. Es wird angenommen, dass der Preis des Gutes unter dem Economic Order Quantity Model € 225,-/Stk. beträgt. Die geschätzten Bestellkosten betragen € 1.500,- pro Bestellung und die jährlichen Lagerhaltungskosten pro Stück € 33,75 (15% vom Preis des Gutes). Weiters wird angenommen, dass 25 % der Teile fehlerhaft sind, wenn nicht in ein Verbesserungsverfahren investiert wird. Die Kosten für schlechte Produkte, die den Kunden erreichen werden auf € 5.000,- geschätzt und die Wahrscheinlichkeit, dass dies der Fall ist beträgt 40 %. Folgende Zahlen gelten somit für alle Beispiele,  $P_{EOQ} = € 225,-/Stk.$ ,  $k = € 1.500,-/Bestellung$ ,  $h = € 33,75/Stk./Jahr$ ,  $p = 0,25$ ,  $Cr = € 5.000,-/Stk.$ ,  $T = 0,4$ .

### 6.4.1 EOQ vs JIT

Wie bereits erwähnt, überträgt der Lieferant, die Kosten, die ihm durch zusätzliche Lagerbestände entstehen auf den Verkaufspreis seiner Waren, deshalb wird angenommen, dass der Preis, den das Unternehmen pro Gut bezahlt, € 240,-- beträgt. Darüber hinaus beträgt der Fixpreis für die Bestellungen pro Jahr € 18.000,-- und die Investitionen, die das Unternehmen für die Einführung von Just in Time pro Jahr tätigt € 4.000,--. Durch die Einführung von Just in Time wird weniger Lagerplatz benötigt. Es wird angenommen, dass diese Ersparnis 5.000 m<sup>2</sup> beträgt. Da diese jedoch nur einmalig ist und dem Unternehmen im Jahr der Einführung, dadurch eine erhebliche Kostenersparnis entsteht, die unwillkürlich dazu führt, dass Just in Time in diesem Jahr als Erfolg verbucht werden kann, der in den darauf folgenden Jahren jedoch nicht wieder erreicht wird, wird die Platzersparnis auf 10 Jahre verteilt, sodass sich eine Platzersparnis von 500 m<sup>2</sup> pro Jahr ergibt. Der Quadratmeterpreis wird auf € 25,-- geschätzt. Wie bereits erwähnt entfallen bei Just in Time außerdem die Kosten für die Lagerhaltung, und die Kosten für schlechte Qualität. Somit ergeben sich für Just in Time folgende zusätzlichen Parameter:  $P_{JIT} = € 240,--/\text{Stk.}$ ,  $k_{JIT} = € 18.000,--/\text{Jahr}$ ,  $I_{JIT} = € 4.000,--/\text{Jahr}$ ,  $c = € 25,--/\text{m}^2$ ,  $N = 500\text{m}^2/\text{Jahr}$ .

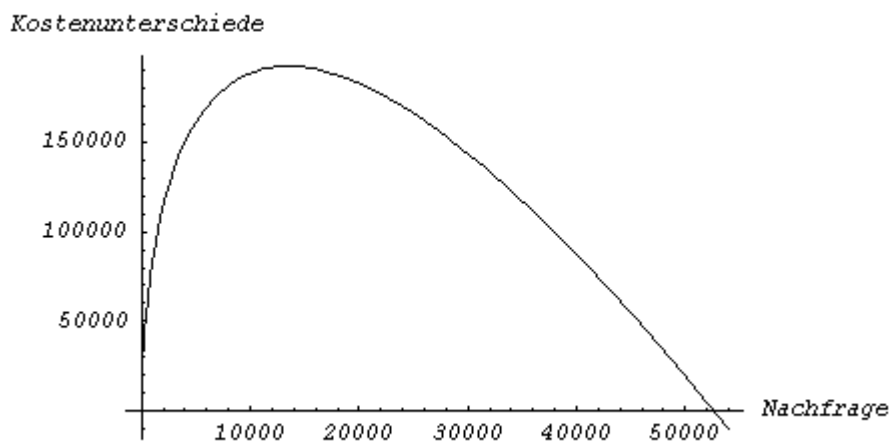
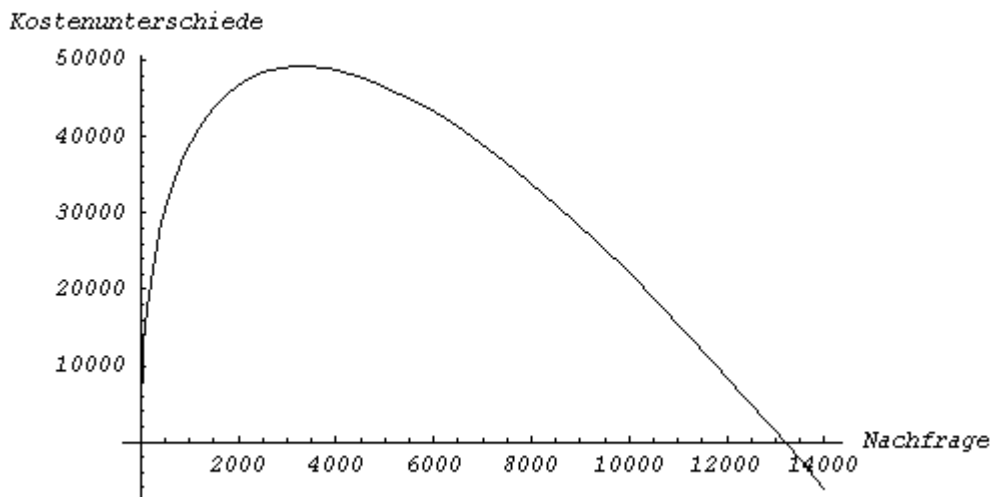


Abbildung 12: Kostenunterschied zwischen EOQ und JIT

In Abbildung 12 wird nun der Kostenunterschied der beiden Bestellverfahren abhängig von der Nachfrage dargestellt (einsetzen in (8)). Sie zeigt, dass ab einer Nachfrage (einsetzen (9)) von 8 Stück bis zu einer von 52.622 Stück die Methode von Just in Time die günstigere ist. Bei einer Nachfrage von 13.474 Stück ist der Kostenvorteil von Just in Time gegenüber dem Economic Order Quantity Modell am größten (einsetzen (10)). Steigt die Nachfrage über diesen Punkt hinaus, beginnt der Kostenvorteil von Just in Time zu sinken und ab der Nachfrage von 52.622 Stück (Indifferenzpunkt) ist es kostengünstiger nach dem Economic Order Quantity Modell zu bestellen.

#### **6.4.2 EOQ vs PY**

Auch bei Poka Yoke wird angenommen, dass das Unternehmen einen höheren Preis pro Gut, als beim Economic Order Quantity Modell, bezahlen muss. Um auch das Just in Time Modell mit dem Poka Yoke Modell vergleichen zu können, wird hier der gleiche Preis verwendet, wie bei Just in Time.  $P_{PY} = € 240,-$ . Da Verbesserungen mit Poka Yoke einfach und nahezu ohne zusätzliche Kosten eingeführt werden kann, betragen die für Poka Yoke getätigten Investitionen hier nur € 500,- pro Jahr. Wie bereits erwähnt wird darüber hinaus auch angenommen, dass ausreichend in die Methode investiert wird, sodass  $I_{PY} = I^*$ . Deshalb belaufen sich die Kosten schlechter Qualität auf null und es werden auch keine zusätzlichen Teile auf Lager gehalten. Dadurch ergeben sich für Poka Yoke folgende zusätzliche Parameter.  $P_{PY} = € 240,-/Stück$ ,  $I_{PY} = € 500,-/Jahr$ .



**Abbildung 13: Kostenunterschied zwischen EOQ und Poka Yoke**

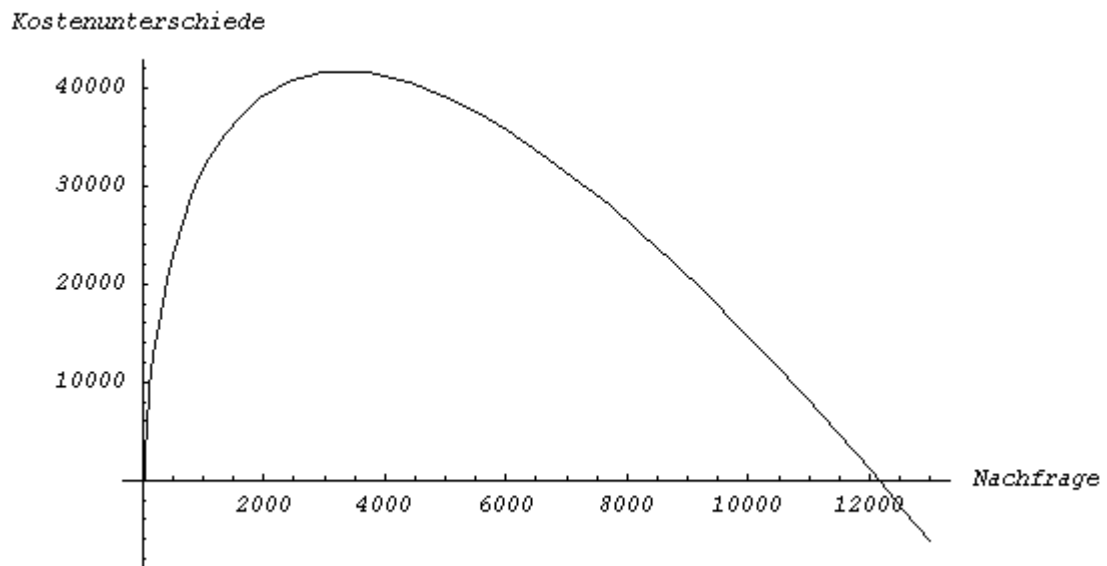
In Abbildung 13 wird wiederum der Kostenunterschied der beiden Bestellverfahren dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass bei einer Nachfrage von 3.313 Stück der Kostenunterschied maximal ist (17) und der Vorteil von Poka Yoke somit am größten. Geht die Nachfrage über diesen Punkt hinaus, so sinkt der Kostenvorteil von Poka Yoke wieder bis zu jener Nachfrage, bei welcher die Kosten beider Methoden gleich sind. In diesem Beispiel entspricht der Indifferenzpunkt (16) einer Nachfrage von 13.183 Stück, geht die Nachfrage über diesen Punkt hinaus ist es kostengünstiger nach EOQ zu bestellen/produzieren.

#### 6.4.3 EOQ vs Six Sigma

Wie in Kap. 6.3 PY/Six Sigma Kostenfunktion bereits erklärt, unterscheiden sich die Modelle von Six Sigma und Poka Yoke nur darin, dass die Investitionen die bei Six Sigma getätigt werden, höher sind, als jene von Poka Yoke. ( $I_{PY} < I_S$ ). Auch hier werden die Investitionen, die das Unternehmen aufwendet, auf 10 Jahre aufgerechnet. Bei einer Gesamtinvestition von geschätzten € 80.000,--, belaufen sich die jährlichen Investitionskosten auf € 8.000,--. Es wird angenommen, dass diese Investitionen ausreichen, damit keine zusätzlichen Waren auf Lager gehalten werden müssen und die Kosten schlechter Qualität entfallen, ( $I_S = I^*$ ). Darüber hinaus wird hier, wie auch bei Poka Yoke, angenommen,

dass ein höherer Preis für Waren bezahlt werden muss, da Lieferungen hoher Qualität gefordert wird. Auch hier wird der gleiche Preis wie für JIT und PY verwendet. Es ergeben sich somit lediglich folgende zusätzliche Parameter:  $P_s = € 240,-/Stk.$ ,  $I_s = € 8.000,-/Jahr.$

In Abbildung 14 wird erneut der Kostenunterschied zwischen den EOQ Modell und Six Sigma dargestellt. Der Kostenvorteil von Six Sigma beginnt ab einer Nachfrage von 23 Stück (16). Da für die Gesamtkosten von Six Sigma und Poka Yoke die gleichen Funktionen verwendet werden und die Investitionen, die in die jeweilige Methode investiert werden, keinen Einfluss auf die Nachfrage, bei der der Kostenunterschied maximal ist, haben, ist jener Punkt, an dem der Kostenunterschied zwischen Economic Order Quantity und Six Sigma maximal ist (17), mit dem des Poka Yoke Beispiels identisch. Dieser entspricht also ebenfalls einer Nachfrage von 3.313 Stück. Ab diesem Punkt sinkt der Kostenvorteil von Six Sigma wieder bis zu einer Nachfrage von 12.160 Stück (16). Ab dieser Menge ist es kostengünstiger das EOQ Bestellverfahren zu nutzen.



**Abbildung 14: Kostenunterschied zwischen EOQ und Six Sigma**

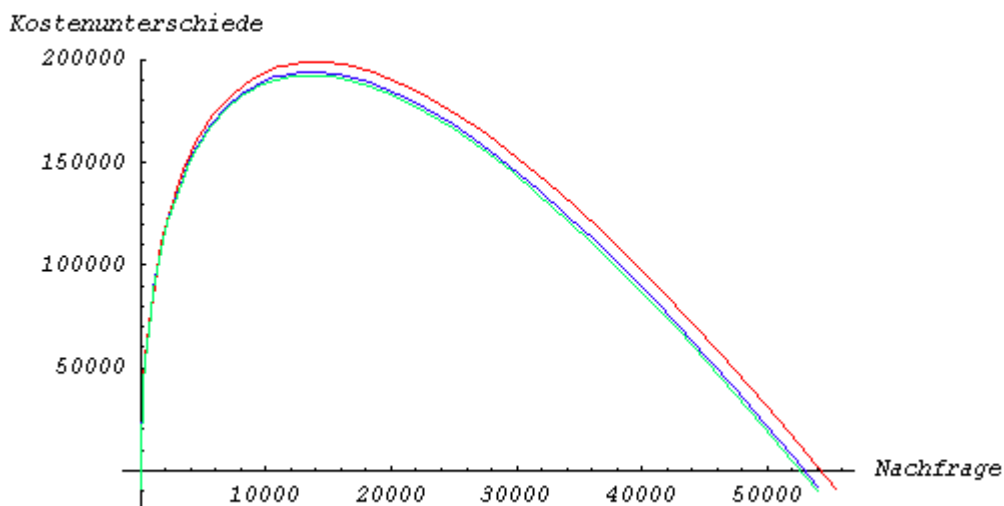
#### 6.4.4 Auswirkungen veränderter Parameter

Um festzustellen, ob die Kostenvorteile der Methoden immer bestehen, werden nun einige Parameter, von denen der Indifferenzpunkt der Nachfrage und jene Nachfrage, bei der der Kostenunterschied maximal ist, abhängig sind, verändert. Im konkreten sind dies, die Lagerhaltungskosten, der Anteil an fehlerhaften Teilen und die Wahrscheinlichkeit von fehlerhaften Teilen.

##### 6.4.4.1 JIT

- Lagerhaltungskosten:

Zu Beginn wird untersucht, wie sich die Höhe der Lagerhaltungskosten auf den Kostenvorteil auswirkt. Dafür wird angenommen, dass die Lagerhaltungskosten 15% (€ 33,75), 25% (€ 56,25) und 60% (€ 135) des Preises/Gut ( $P_{EOQ} = € 225,-$ ) betragen. Der Anteil an fehlerhaften Teilen und die Wahrscheinlichkeit von fehlerhaften Teilen werden konstant gehalten ( $p = 25\%$ ,  $T = 40\%$ ).



**Abbildung 15: EOQ vs JIT Einfluss der Lagerhaltungskosten**

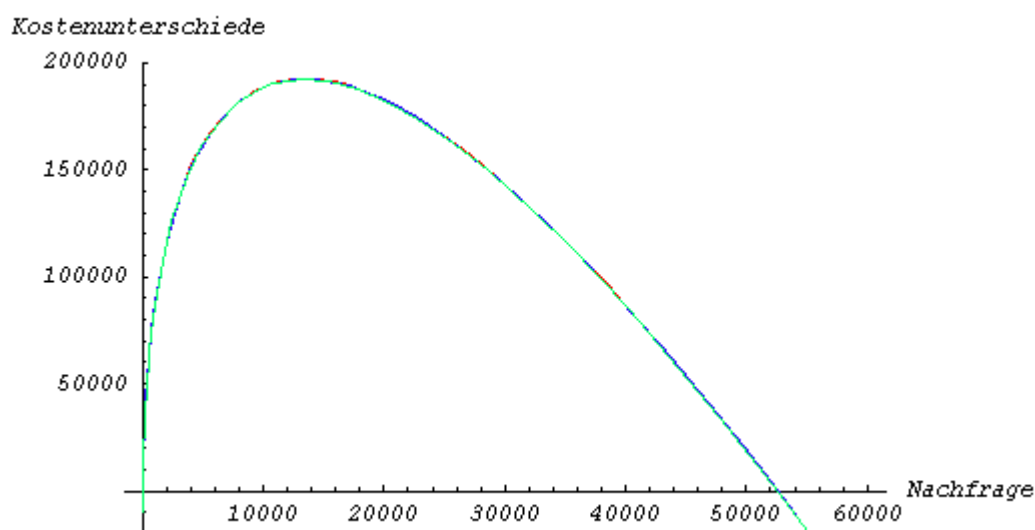
Abbildung 15 zeigt nun, wie sich die Höhe der Lagerhaltungskosten auf den Kostenunterschied auswirkt. Die rote Kurve gibt den Kostenvorteil bei Lagerhaltungskosten von 60% an. Dieser beginnt ab einer Nachfrage von



7 Stück und besteht bis zu einer Nachfrage von 54.309 Stück. Der Kostenunterschied ist maximal bei einer Nachfrage von 13.896 Stk. Die blaue Kurve bezieht sich auf Lagerhaltungskosten von 25%. In diesem Fall beginnt der Kostenvorteil bei einer Nachfrage von 8 Stk. und endet bei einer von 52.997. Der Kostenvorteil ist maximal bei einer Nachfrage von 13.568. Die grüne Kurve gibt den Kostenunterschied bei Lagerhaltungskosten von 15% an. Dies bedeutet, dass JIT zwischen einer Nachfrage von 8 – 52.622 Stk. dem EOQ vorzuziehen ist. Der Kostenunterschied, ist dabei bei einer Nachfrage von 13.474 Stk. am größten. Daraus lässt sich ableiten, dass der Einfluss der Lagerhaltungskosten auf den Kostenunterschied nicht sehr groß ist. (Siehe auch Tabelle 2: EOQ vs JIT Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.)

- Anteil fehlerhafter Teile:

Im Anschluss wird untersucht, wie sich die Veränderung der Anteile von fehlerhaften Teilen auswirkt. Dabei werden für p 5%, 15% und 25% eingesetzt und die Lagerhaltungskosten und die Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Teile wieder konstant gehalten (h = 15% und T = 40%).

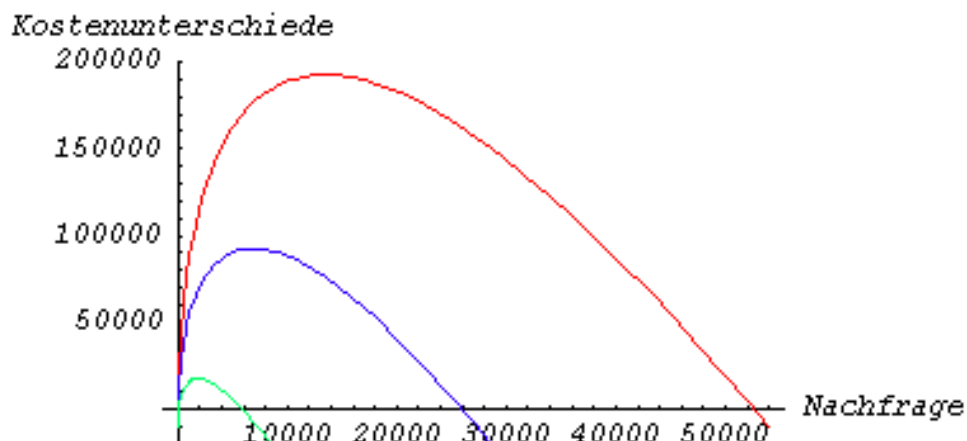


**Abbildung 16: EOQ vs JIT Einfluss des Anteils an fehlerhaften Teilen.**

Hier fällt auf, dass sich die unterschiedlich hohen Prozentanteile an fehlerhaften Teilen kaum auf den Kostenvorteil auswirken. So unterscheidet sich die Nachfrage, bei der die Nutzung von Just in Time kostengünstiger ist, um weniger als 100 Stk. (Siehe Tabelle 2: EOQ vs JIT Einfluss der Parameter  $h$ ,  $p$  und  $T$  auf die Nachfrage.)

- Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Teile:

Zuletzt wird noch analysiert, wie groß der Einfluss der Wahrscheinlichkeit von Teilen schlechter Qualität auf den Kostenunterschied ist. Dafür wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit 5%, 20% und 40% beträgt. Die Lagerhaltungskosten und auch der Anteil an fehlerhaften Teilen wird erneut konstant gehalten ( $h = 15\%$ ,  $p = 25\%$ ).

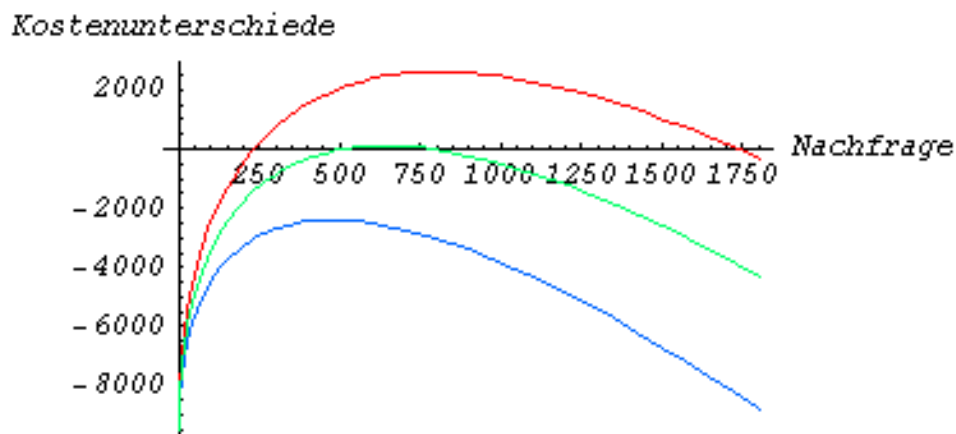


**Abbildung 17: EOQ vs JIT Einfluss der Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität.**

Die rote Kurve zeigt den Kostenunterschied bei einer Wahrscheinlichkeit an fehlerhaften Teilen von 40%. Die Nachfrage, bei der die Nutzung von JIT besser ist liegt zwischen 8 und 52.622 Stk. und der Kostenunterschied zwischen JIT und EOQ ist maximal bei einer Nachfrage von 13.474. Die blaue Kurve gibt den Kostenunterschied bei einer Wahrscheinlichkeit von

20% an, in diesem Fall ist JIT dem EOQ Modelle vorzuziehen zwischen einer Nachfrage von 15 und 25.947 Stk. und der Kostenunterschied maximal bei einer Nachfrage von 6.807. Bei einer Wahrscheinlichkeit von 5% liegt der Kostenvorteil von JIT nur mehr zwischen einer Nachfrage von 68 und 5.894 Stk. (Siehe Tabelle 2: EOQ vs JIT Einfluss der Parameter  $h$ ,  $p$  und  $T$  auf die Nachfrage.) Aus Abbildung 17 wird somit ersichtlich, dass die Wahrscheinlichkeit, dass Teile schlechter Qualität auftreten, den größten Einfluss auf den Kostenunterschied hat – je geringer die Wahrscheinlichkeit ist, desto geringer ist der Vorteil der Nutzung von JIT.

Da die Wahrscheinlichkeit, dass Teile schlechter Qualität auftreten, den größten Einfluss auf den Kostenvorteil von JIT hat, wird an dieser Stelle noch untersucht bis zu welchem Prozentsatz der Kostenvorteil besteht.



**Abbildung 18: Wahrscheinlichkeit bei der der Kostenvorteil von JIT verloren geht.**

Abbildung 18 zeigt jenen Punkt an dem der Kostenvorteil von JIT verloren geht (grüne Kurve). Dies ist der Fall bei einer Wahrscheinlichkeit von 1,5%. Dabei ist es nur mehr zwischen einer Nachfrage 511 und 785 Stück kostengünstiger nach dem JIT Modell zu bestellen. Die blaue Kurve stellt die Wahrscheinlichkeit von 1% dar in diesem Fall ist das EOQ Modell immer das kostengünstigere.

Tabelle 2 zeigt die Veränderung der Nachfrage, bei der der Kostenunterschied zwischen EOQ und JIT gleich null ( $D_{ind}$ ) beziehungsweise maximal ist ( $D_{max}$ )

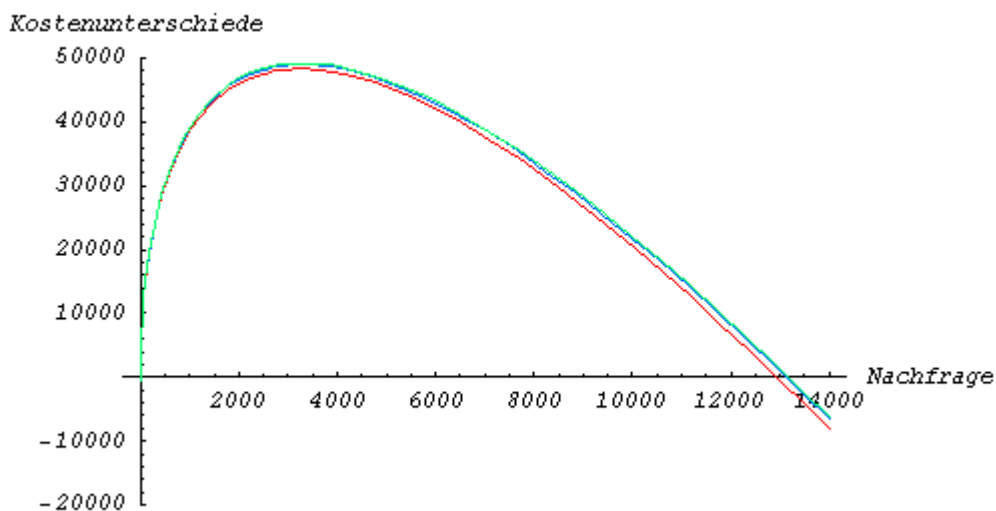
JIT		T = 5%			T = 20%			T = 40%		
		$D_{ind}$		$D_{max}$	$D_{ind}$		$D_{max}$	$D_{ind}$		$D_{max}$
		ab	bis		ab	bis		ab	bis	
h = 15%	p = 5%	69	5.803	1.785	16	25.857	6.785	8	52.532	13.452
	p = 15%	69	5.849	1.796	15	25.902	6.796	8	52.577	13.463
	p = 25%	68	5.894	1.807	15	25.947	6.807	8	52.622	13.474
h = 25%	p = 5%	66	6.122	1.864	15	26.172	6.864	8	52.847	13.530
	p = 15%	65	6.198	1.882	15	26.247	6.882	8	52.922	13.549
	p = 25%	64	6.274	1.901	15	26.322	6.901	8	52.997	13.568
h = 60%	p = 5%	55	7.235	2.139	15	27.275	7.139	7	53.949	13.806
	p = 15%	54	7.416	2.184	15	27.455	7.184	7	54.129	13.851
	p = 25%	53	7.597	2.229	15	27.636	7.229	7	54.309	13.896

**Tabelle 2: EOQ vs JIT Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.**

#### 6.4.4.2 Poka Yoke

- Lagerhaltungskosten:

Erneut wird untersucht, wie sich die Veränderung der Lagerhaltungskosten auf das Modell auswirkt. Es gelten die gleichen Annahmen wie bei JIT.

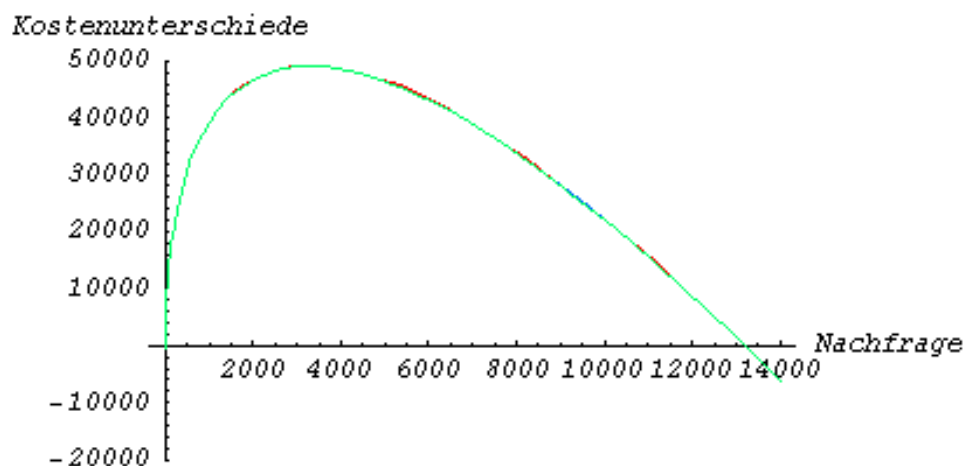


**Abbildung 19: EOQ vs PY Einfluss der Lagerhaltungskosten**

Aus Abbildung 19 wird ersichtlich, dass auch bei Poka Yoke die Höhe der Lagerhaltungskosten keinen großen Einfluss auf den Kostenvorteil hat. So ist es kostengünstiger zwischen einer Nachfrage von 0 – 12.944 Stk. (rote Kurve), 0 – 13.129 Stk. (blaue Kurve) und von 0 – 13.183 Stück (grüne Kurve) nach Poka Yoke zu produzieren/bestellen. Aus Tabelle 3 kann man erkennen, dass sich die Nachfrage, bei der der Kostenunterschied zwischen EOQ und PY maximal ist, um weniger als 60 Stück unterscheidet.

- Anteil fehlerhafter Teile:

Auch hier wird die Auswirkung von unterschiedlich hohen Anteilen an fehlerhaften Teilen untersucht.

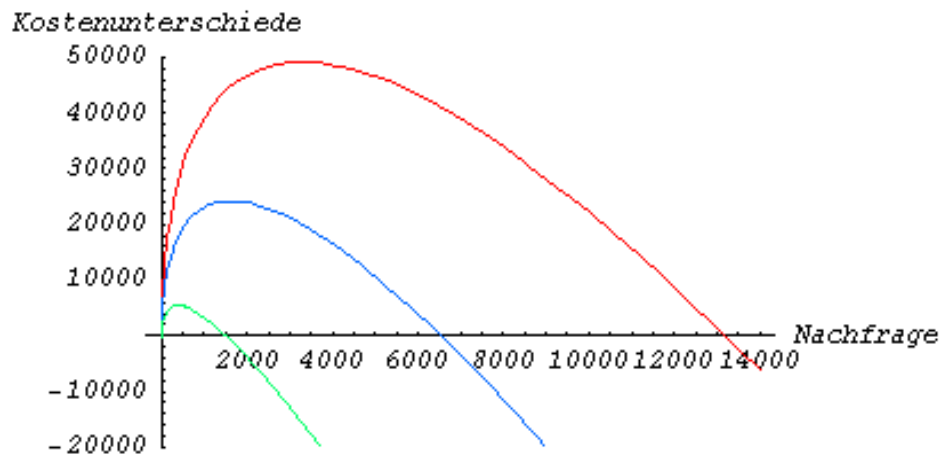


**Abbildung 20: EOQ vs PY Einfluss des Anteils an fehlerhaften Teilen.**

In Abbildung 20 kann man ebenfalls erkennen, dass der Anteil an fehlerhaften Teilen die geringsten Auswirkungen auf den Kostenvorteil hat. Die Nachfrage an dem die Kosten von EOQ und Poka Yoke gleich sind, unterscheidet sich in den einzelnen Fällen um weniger als 30 Stück und die Nachfrage, bei der der Kostenunterschied maximal ist, um nur 5 Stück (Siehe Tabelle 3).

- Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Teile:

Die Auswirkung der Wahrscheinlichkeit, dass Teile schlechter Qualität bestehen, wird wiederum unter den gleichen Bedingungen wie unter JIT analysiert ( $h = 15\%$ ,  $p = 25\%$  und  $T = 5\%$  (grün),  $20\%$  (blau) und  $40\%$  (rot)).

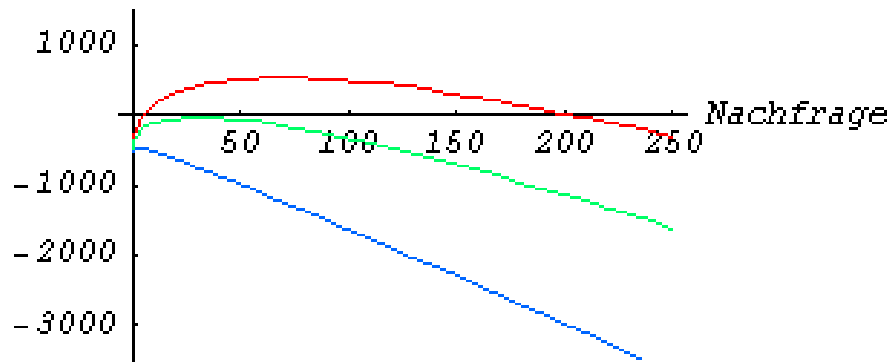


**Abbildung 21: EOQ vs PY Einfluss der Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität.**

Abbildung 21 führt zu dem gleichen Ergebnisse wie Abbildung 17. Die Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität hat den größten Einfluss auf den Kostenvorteil. So besteht in diesem Fall der größte Kostenvorteil bei einer Wahrscheinlichkeit von 40%, also zwischen einer Nachfrage von 0 und 13.183 Stück (rote Kurve). Je geringer die Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität, desto kleiner ist auch der Bereich, in dem es kostengünstiger ist nach Poka Yoke zu bestellen beziehungsweise zu produzieren.

Auch hier wird wieder untersucht, ab welcher Wahrscheinlichkeit der Kostenvorteil von Poka Yoke entfällt.

*Kostenunterschiede*



**Abbildung 22: Wahrscheinlichkeit bei der der Kostenvorteil von PY verloren geht.**

Die rote Kurve (Abbildung 22) gibt den Kostenvorteil von Poka Yoke bei einer Wahrscheinlichkeit von 1% an. Dabei ist es kostengünstiger nach Poka Yoke zu produzieren/bestellen, zwischen einer Nachfrage von 6 und 204 Stück. Beträgt die Wahrscheinlichkeit nur mehr 0,5% (grüne Kurve) oder weniger (blaue Kurve) ist es in jedem Fall kostengünstiger das EOQ Modell zu verwenden.

PY		T = 5%			T = 20%			T = 40%		
		D <sub>ind</sub>		D <sub>max</sub>	D <sub>ind</sub>		D <sub>max</sub>	D <sub>ind</sub>		D <sub>max</sub>
		ab	bis		ab	bis		ab	bis	
h = 15%	p = 5%	1	1.499	392	0	6.495	1.640	0	13.161	3.307
	p = 15%	1	1.511	395	0	6.506	1.643	0	13.172	3.310
	p = 25%	1	1.522	397	0	6.517	1.646	0	13.183	3.312
h = 25%	p = 5%	1	1.440	377	0	6.427	1.623	0	13.091	3.289
	p = 15%	1	1.459	381	0	6.446	1.628	0	13.110	3.294
	p = 25%	1	1.477	386	0	6.464	1.633	0	13.129	3.299
h = 60%	p = 5%	1	1.266	333	0	6.201	1.567	0	12.854	3.230
	p = 15%	1	1.309	344	0	6.246	1.578	0	12.899	3.241
	p = 25%	1	1.353	355	0	6.290	1.589	0	12.944	3.253

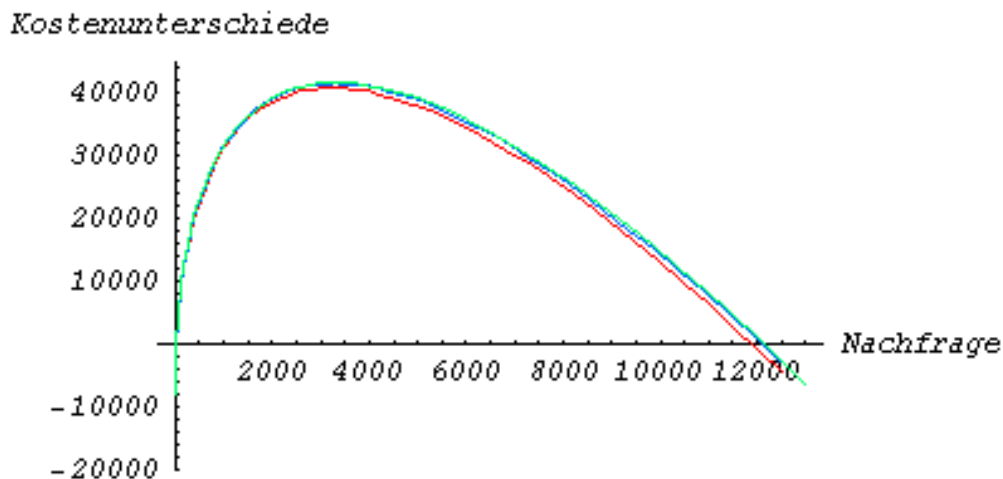
**Tabelle 3: EOQ vs PY Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.**

Aus Tabelle 3 kann abgelesen werden, wie sich der Kostenvorteil von Poka Yoke verändert, wenn sich die verschiedenen Parameter verändern (h, p und T).

#### 6.4.4.3 Six Sigma

- Lagerhaltungskosten:

Auch für Six Sigma wird die Auswirkung unterschiedlich hoher Lagerhaltungskosten analysiert. Dafür werden erneut die gleichen Veränderungen wie bei JIT und Poka Yoke vorgenommen.



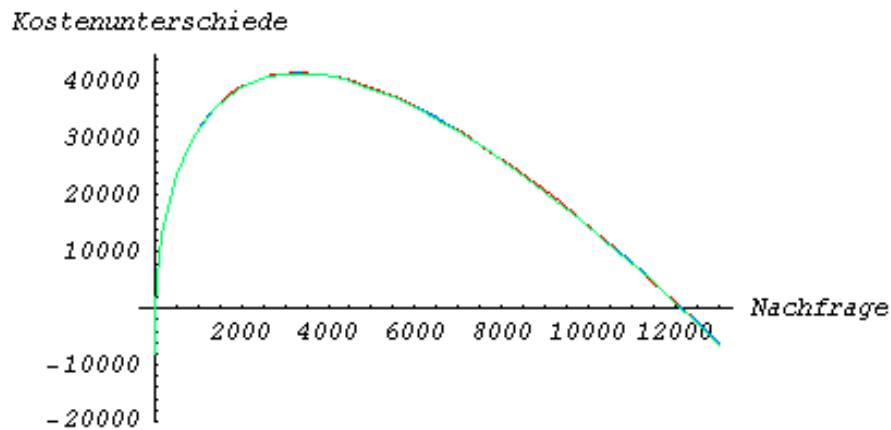
#### **Abbildung 23: EOQ vs Six Sigma Einfluss der Lagerhaltungskosten.**

Die Analyse zeigt, dass die Auswirkungen gleich sind, wie bei Just in Time und Poka Yoke und die Höhe der Lagerhaltungskosten somit nur geringen Einfluss auf den Kostenvorteil von Six Sigma gegenüber dem EOQ Modell hat.

- Anteil fehlerhafter Teile:

Es werden wiederum die Auswirkungen des Anteils an fehlerhaften Teilen untersucht ( $p = 5\%$ ,  $15\%$  und  $25\%$ ). Diese Analyse führt ebenfalls zu den gleichen Ergebnissen wie jene von JIT und Poka Yoke (Siehe Abbildung 24).

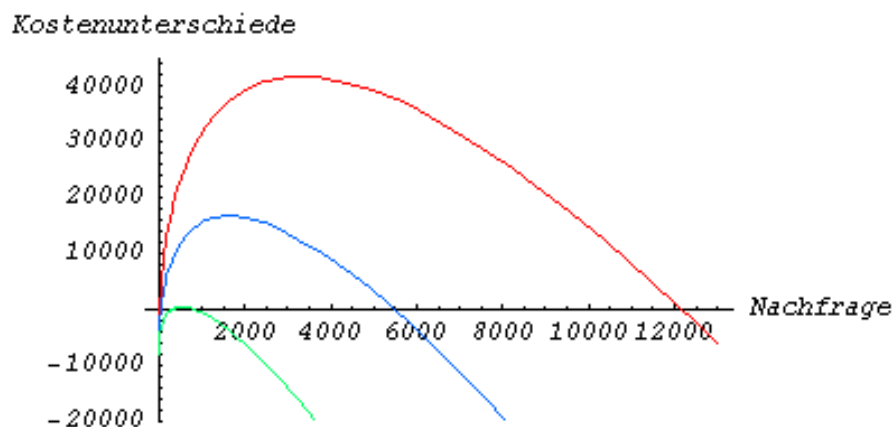




**Abbildung 24: EOQ vs Six Sigma Einfluss des Anteils an fehlerhaften Teilen.**

- Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Teile:

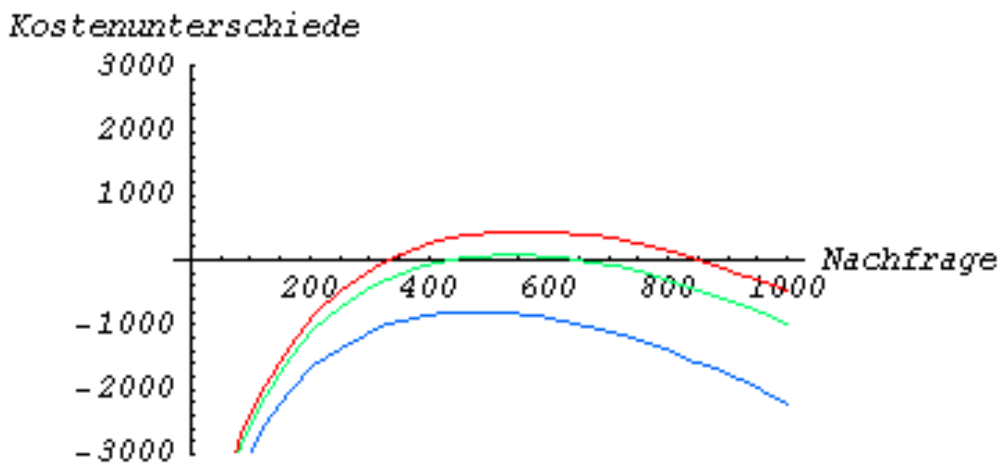
Zuletzt wird erneut überprüft wie sich die Wahrscheinlichkeit von Teilen schlechter Qualität auswirkt. Da Six Sigma nicht mehr kostengünstiger bei einer Wahrscheinlichkeit von 5% ist, werden hier für T folgende Werte angenommen. 7% (grün), 20% (blau) und 40% (rot).



**Abbildung 25: EOQ vs Six Sigma Einfluss der Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität.**

Abermals zeigt Abbildung 25, dass die Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität den größten Einfluss auf den Kostenvorteil hat.

Neuerlich wird deshalb eruiert, bei welcher Wahrscheinlichkeit der Kostenvorteil verloren geht. Im Fall Six Sigma entspricht dieser einem Prozentsatz von 6,7% (grüne Kurve). Bei dieser Wahrscheinlichkeit ist es zwischen einer Nachfrage von 438 Stück und 650 Stück noch kostengünstiger nach Six Sigma zu produzieren/bestellen. Die rote Kurve stellt die Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität von 7% und die blaue eine von 6% dar.



**Abbildung 26: Wahrscheinlichkeit bei der der Kostenvorteil von Six Sigma verloren geht.**

Tabelle 4 zeigt neuerlich wie sich der Kostenvorteil verändert, wenn sich die Höhe der Lagerhaltungskosten, des Anteils an fehlerhaften Teilen und der Wahrscheinlichkeit von Teilen schlechter Qualität ändert.

Six Sigma		T = 5%		T = 7%			T = 20%			T = 40%		
		D <sub>ind</sub>	D <sub>max</sub>	D <sub>ind</sub>		D <sub>max</sub>	D <sub>ind</sub>		D <sub>max</sub>	D <sub>ind</sub>		D <sub>max</sub>
				ab	bis		ab	bis		ab	bis	
h = 15%	p = 5%	-	-	348	817	558	52	5.443	1.640	23	12.137	3.307
	p = 15%	-	-	340	836	561	52	5.454	1.643	23	12.149	3.310
	p = 25%	-	-	333	855	564	52	5.465	1.646	23	12.160	3.312
h = 25%	p = 5%	-	-	412	690	542	53	5.374	1.623	24	12.068	3.289
	p = 15%	-	-	388	733	547	53	5.393	1.628	24	12.086	3.294
	p = 25%	-	-	369	771	552	53	5.412	1.633	23	12.105	3.299
h = 60%	p = 5%	-	-	475	599	535	55	5.146	1.567	24	11.830	3.230
	p = 15%	-	-	392	726	546	55	5.191	1.578	24	11.875	3.251
	p = 25%	-	-	351	811	557	54	5.236	1.589	24	11.920	3.253

**Tabelle 4: EOQ vs Six Sigma Einfluss der Parameter h, p und T auf die Nachfrage.**

#### 6.4.5 Diskussion der Ergebnisse

Vergleicht man die drei Methoden untereinander, so erkennt man, dass Just in Time den größten Vorteil gegenüber dem EOQ Modell bietet. Dies liegt daran, dass bei Just in Time nicht nur die Kosten schlechter Qualität und jene für zusätzlich auf Lager gehaltenen Teile eingespart werden können, sondern auch die gesamten laufenden Lagerhaltungskosten. Zudem entsteht unter der Nutzung von JIT auch noch die Kostenersparnis auf Grund des geringeren Lagerplatzbedarfes.

Auch wenn JIT den größten Kostenvorteil bietet, so setzt dieser bei Poka Yoke jedoch schon bei einer geringeren Nachfrage ein. Bei Poka Yoke beginnt der Kostenvorteil bereits bei einer Nachfrage von 0 beziehungsweise 1 Stück, bei JIT hingegen erst bei einer Nachfrage von 7 Stück (Vgl. Tabelle 2 und 3). Der Kostenvorteil hält bei JIT jedoch länger an.

Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass im Gegensatz zu JIT und PY der Kostenvorteil von Six Sigma bei einer Wahrscheinlichkeit von 5% bereits verloren gegangen ist. Der Grund dafür liegt in den hohen Investitionskosten von Six Sigma.

Aus dem Vergleich der Methoden wird ersichtlich, dass dem Unternehmen durch höhere Investitionen in diesem Modell keine zusätzlichen Kostenvorteile entstehen. Da bei Poka Yoke der Indifferenzpunkt bei einer höheren Nachfrage liegt, als bei Six Sigma, ist die Poka Yoke Methode in diesem Fall Six Sigma vorzuziehen.

Bei der Analyse der Auswirkungen der unterschiedlichen Parameter, konnte außerdem festgestellt werden, dass der Anteil an fehlerhaften Teilen den geringsten Einfluss auf den Kostenvorteil hat und die Höhe der Lagerhaltungskosten ebenfalls einen relativ geringen, im Vergleich zur Wahrscheinlichkeit, dass Teile schlechter Qualität bestehen, die den größten Einfluss auf den Kostenvorteil hat.

Somit kann aus den oben durchgeführten Beispielen, die Schlussfolgerung, dass einfachere Methoden mit geringeren Investitionen und eine Lieferantenstrategie nach dem Pull-System unter der Bedingung, dass hohe Qualität geliefert wird, vorzuziehen ist, getroffen werden.

## 7 Schlusswort

In dieser Arbeit wurden zu Beginn einige bekannte Methoden zur Verbesserung der Qualität vorgestellt und deren Einführung erläutert. Auch wenn in dieser Arbeit die Implementierung jeder Methode allein aufgezeigt wurde, so erscheint es dennoch sinnvoll mehrere davon zu kombinieren, weil sie vieles, wie z.B. die Ziele und auch Teile der Einführung, gemeinsam haben.

Da auch die einfacheren und weniger kostenintensiven Methoden (Just in Time, Poka Yoke) schon große Kostenvorteile bieten und diese auch bei Six Sigma Anwendung finden können, erscheint es zweckmäßig zu Beginn diese einzuführen und erst wenn diese zu keiner weiteren Senkung der Kosten führen, sollten Methoden, die mit höheren Investitionen verbunden sind, eingeführt werden. Darüber hinaus sollte jedes Unternehmen, vor der Einführung einer Qualitätsmanagementmethode, sich mit den verschiedenen Möglichkeiten, die ihm zur Verfügung stehen, genau auseinandersetzen, um so jenes auszuwählen, welches ihm den größten Nutzen verschafft. Da gewisse Teile von den jeweiligen Methoden nicht für alle Branchen geeignet sind, sollte das Unternehmen auch über Alternativen oder eine Kombination der verschiedenen Methoden nachdenken.

Anschließend wurden Modelle aufgestellt, mit denen die Gesamtkosten der jeweiligen Methode mit denen des Economic Order Quantity Modells verglichen werden sollten, um auf diese Weise jene Methode zu finden, bei der der Kostenvorteil am größten ist. Dabei wurde festgestellt, dass der Kostenunterschied von vielen Parametern abhängig ist (Preise, Lagerhaltungskosten, Bestellkosten, Kosten schlechter Qualität, Höhe der Investitionen in eine Methode).

Die Analyse ergab, dass JIT den größten Vorteil bietet, auch wenn der Kostenvorteil bei Poka Yoke bereits bei einer geringeren Nachfragemenge eintritt. Darüber hinaus bietet Six Sigma auf Grund der hohen

Investitionen, die für die Implementierung und Ausbildung getätigt werden müssen, bei einer geringen Wahrscheinlichkeit an Teilen schlechter Qualität keinen Kostenvorteil mehr.

Zuletzt wurde noch untersucht, wie sich die Veränderung der Lagerhaltungskosten, der Anteile fehlerhafter Teile und der Wahrscheinlichkeit von Teilen schlechter Qualität auf den Kostenvorteil auswirken. Dabei wurde festgestellt, dass der Anteil fehlerhafter Teile den geringsten Einfluss hat. Der Einfluss der Lagerhaltungskosten ist ebenfalls relativ geringen und der der Wahrscheinlichkeit von Teilen schlechter Qualität am größten.

Ein Vergleich von Kanban mit dem Economic Order Quantity Modell wurde in dieser Arbeit nicht durchgeführt, da hier nur einstufige Modelle berücksichtigt wurden. Eine mehrstufige Betrachtung – über mehrere Prozessstufen und deren Pufferlager – wie jenes von Wang/Sarker (2006) - erscheint bei Kanban jedoch sinnvoll, denn nur so kann der volle Umfang von Kanban dargestellt werden. Eine mehrstufige Betrachtung konnte jedoch aus Gründen der Komplexität und des Umfangs in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus fanden auch mögliche Mengenrabatte, die beim Economic Order Quantity Modell für gewöhnlich gewährt werden, aus Gründen der Vereinfachung keine Berücksichtigung. Diese könnten in zukünftige Betrachtungen miteinbezogen werden.

## Literaturverzeichnis

**Andersson**, R., Eriksson, H., Torstensson, H. (2006), Similarities and differences between TQM, six sigma and lean, The Total Quality Management Magazine, Vol. 18, Nr. 3, S. 282-296.

**Antony**, J., Banuelas, R. (2002), Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program, Measuring Business Excellence, Vol. 6, Nr. 4, S. 20-27.

**Antony**, J., Kumar M., Labib A. (2008), Gearing Six Sigma into UK manufacturing SMEs: results from a pilot study, Journal of the Operational Research Society, Vol. 59, S. 482-493.

**Banuelas Coronado**, R., Antony, J. (2002), Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations, The Total Quality Management Magazine, Vol. 14, Nr. 2, S. 92-99.

**Barlow**, G.L. (2002), Just-in-time: Implementation within the hotel industry - a case study, International Journal of Production Economics, Vol. 80, S. 155-167.

**Beard**, L., Butler, S.A. (2000), Introducing JIT Manufacturing: It's easier than you think, Business Horizons, S. 61-64.

**Bendell**, T. (2006), A review and comparison of six sigma and the lean organisations, The Total Quality Management Magazine, Vol.18, Nr. 3, S. 255-262.

**Bendell**, Toni (2000), What is six sigma?, Quality world, S. 14-17.

**Bendell**, T., Marra, T. (2002), Six sigma analysed, Quality world , S. 16-18.

**Bergbauer**, A.K., Kleemann, B., Raake, D. (2006), Six Sigma in der Praxis - Das Programm für nachhaltige Prozessverbesserung und Ertragssteigerung, 2. Aufl., Expert Verlag, Renningen.

**Billesbach**, T.J. (1991), A study of the implementation of Just-in-Time in the United States, Production and Inventory Management Journal, Vol. 32, Nr. 3, S. 1-4.

**Bockerstette**, J.A. (1988), Misconceptions Abound Concerning Just-In-Time Operating Philosophy, Industrial Engineering, Vol. 20, Nr. 9, S. 54-58.

**Boutellier**, R. (Hrsg.) (2003), Kanban - Optimale Steuerung von Prozessen, 2. Aufl., Hanser Verlag, München/Wien.

**Chakrabarty**, A., Chuan Tan, K. (2007), The current state of six sigma application in services, *Managing Service Quality*, Vol. 17, Nr. 2, S. 194-208.

**Crémer**, J. (1995), Towards an economic theory of incentives in just-in-time manufacturing, *European Economic Review*, Vol. 39, S. 432-439.

**Cua**, K.O., McKone, K.E., Schroeder, R.G. (2001), Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance, *Journal of Operations Management*, Vol. 19, S. 675-694.

**Dickmann**, E., Dickmann, P. (2007), Kanban - Elemente des Toyota Produktionssystem, in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 10-14.

**Dickmann**, P. (2007), Die Kanban-Steuerung, in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 121-126.

**Dickmann**, P. (2007), Hybride Steuerungskonzepte, in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 143-148.

**Dickmann**, P. (2007), Logistik-Controlling, im schlanken Materialfluss, mit der Value Cycle Analyse (VCA), in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 166-173.

**Dickmann**, P. (2007), Poka Yoke - Fehlervermeidungsstrategie, in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 39-44.

**Dickmann**, P. (2007), *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.

**Epps**, R.W. (1995), Just-In-Time Inventory Management: Implementation of A Successful Program, *Review of Business*, Vol. 17, Nr. 1, S. 40-44.

**Fazel**, F., Fischer, K.P., Gilbert, E.W. (1998), JIT purchasing vs. EOQ with a price discount: An analytical comparison of inventory costs, *International Journal of Production Economics*, Vol. 54, S. 101-109.

**Fisher**, M. (1999), Process improvement by poka-yoke, *Work Study*, Vol. 48, Nr. 7, S. 264-266.

**Foster jr.**, S.T. (2007), Does Six Sigma Improve Performance?, *Quality Management Journal*, Vol. 14, Nr. 4, S. 7-20.



- Franza**, R.M., Chakravorty, S.S. (2007), Design for Six Sigma (DFSS): A case study, Management of Engineering and Technology, Vol. 5, Nr. 9, S. 1982-1989.
- Fullerton**, R.R., McWatters, C.S. (2001), The production performance benefits from JIT implementation, Journal of Operations Management, Vol. 19, S. 81-96.
- Geiger**, G., Hering, E., Kummer, R. (2003), Kanban – Optimale Steuerung von Prozessen, in Boutellier, R. (Hrsg.), Kanban - Optimale Steuerung von Prozessen, 2. Aufl., Hanser Verlag, München/Wien
- Gerlach**, J., Dickmann, E. (2007) Kanban-Karten, in: Dickmann, P. (Hrsg.), Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 191-201.
- Gilbert**, J.P. (1990), The state of JIT implementation and development in the USA., International Journal of Production Research, Vol. 28, Nr. 6, S. 1099-1109.
- Henderson**, K.M., Evans, J.R. (2000) Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company, Benchmarking: An International Journal, Vol. 7, Nr. 4, S. 260-281.
- Im**, J.H. (1989), How does Kanban work in American companies?, Production and Inventory Management Journal, Vol. 30, Nr. 4, S. 22-24.
- Inman**, A.R., Brandon, L.D. (1992), An Undesireable Effect of JIT, Production and Inventory Management Journal, Vol. 33, Nr. 1, S. 55-58.
- Johnston**, S.K. (1989), JIT: Maximizing Its Success Potential, Production and Inventory Management Journal, Vol. 30, Nr.1, S. 82-86.
- Karamasin**, M., Ribing, R. (2007), Die Gestaltung wissenschaftlicher Arbeiten, 2. Aufl. Facultas Verlags- und Buchhandlungs AG, WUV, Wien.
- Koufteros**, X.A., Vonderembse, M.A., Doll, W.J. (1998), Developing measures of time-based manufacturing, Journal of Operations Management, Vol. 16, S. 21-41.
- Kwak**, Y.H., Anbari, F.T. (2006), Benefits, obstacles, and future of six sigma approach, Technovation, Vol. 26, Iss. 5-6, S. 708-715.
- Lee-Mortimer**, A. (2006), Six Sigma: a vital improvement approach when applied to the right problems, in the right environment, Assembly Automation, Vol. 26 Nr. 1, S. 10-17.

**Lummus**, R.R., Duclos-Wilson, L. (1992), When JIT is Not JIT, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 33, Nr. 2, S. 61-65.

**Lunau**, S. (Hrsg.) (2007), *Design for Six Sigma<sup>+Lean</sup> Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.

**Markham**, I.S., Mathieu, R.G., Wray, B.A. (2000), Kanban setting through artificial intelligence: a comparative study of artificial neural networks and decision trees, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 11, Nr. 4, S. 239-246.

**McLachlin**, R. (1997), Management initiatives and just-in-time manufacturing, *Journal of Operations Management*, Vol. 15, S. 271-292.

**Mehra**, S., Inman, R.A. (1992), Determining the Critical Elements of Just-in-Time Implementation, *Decision Sciences*, Vol. 23, Nr. 1, S. 160-174.

**Mollenhauer**, J.-P., Staudter, C., Meran, R. et al. (2007), *Design for Six Sigma<sup>+Lean</sup> Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren*, in: Lunau, S. (Hrsg.): *Design for Six Sigma<sup>+Lean</sup> Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.

**Pfister**, J. (2007), Six Sigma, in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 55-59.

**Polito**, T., Watson, K. (2006), Just-in-Time under Fire: The five major constraints upon JIT practices, *The Journal of American Academy of Business*, Vol. 9, Nr. 1, S. 8-13.

**Schneider**, H.M., Buzacott, J.A., Rücker, T. (2005), *Operative Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte und Modelle des Informations- und Materialflusses in komplexen Fertigungssystemen*, Oldenburg Verlag, München/Wien.

**Schniederjans**, M.J., Cao, Q. (2000), A note on JIT purchasing vs. EOQ with a price discount: An expansion of inventory costs, *International Journal of Production Economics*, Vol. 65, S. 289-294.

**Schonberger**, R.J. (1993), The human side of Kanban, *Industrial Engineering*, Vol. 25, Nr. 8, S. 34-36.

**Schürle**, P. (2007), Kanban - der Weg ist das Ziel, in: Dickmann, P. (Hrsg.): *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 181-184.

**Shah**, R., Ward, P.T. (2007), Defining and developing measures of lean production, *Journal of Operations Management*, Vol. 25, S. 785-805.

**Spector**, R.E. (2006), How Constraints Management Enhances Lean and Six Sigma, Supply Chain Management Review, S. 42-47.

**Sugimori**, Y., Kusunoki, K., Cho, F. et al. (1977), Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system, International Journal of Production Research, Vol. 15, Nr. 6, S. 553-564.

**Swanson**, C.A., Lankford, W.M. (1998), Just-in-time manufacturing, Business Process Management Journal, Vol. 4, Nr. 4, S. 333-341.

**Tardif**, V., Maaseidvaag, L. (2001), An adaptive approach to controlling kanban systems, European Journal of Operational Research, Vol. 132, S. 411-424.

**Töpfer**, A. (2004), Six Sigma: Projektmanagement für Null-Fehler-Qualität in der Automobilindustrie, Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft, Nr. 2, S. 13-24.

**Tsou**, J.-C., Chen, J.-M. (2005), Dynamic model for a defective production system with Poka Yoke, Journal of the Operational Research Society, Vol. 56, S. 799-803.

**Wang**, S., Sarker, B.R. (2006), Optimal models for a multi-stage supply chain system controlled by kanban under just-in-time philosophy, European Journal of Operational Research, Vol. 172, S. 179-200.

**Zäh**, M.F., Aull, F. (2007), Projektmanagement zur Einführung von Kanban-Steuerungen, in: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 184-191.

**Zäh**, M.F., Möller, N. (2007), Dimensionierung von Kanban-Regelkreisen, in: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 126-133.

**Zhu**, Z., Meredith, P.H., Makboonprasith, S. (1994), Defining Critical Elements in JIT Implementation: A Survey, Industrial Management & Data Systems, Vol. 94, Nr. 5, S. 3-10.

## Internet-Quellenverzeichnis

- Gienke, H.** (2000), Kanban - Thema des Monats Mai 2000, [http://www.ebz-beratungszentrum.de/pps\\_seiten/KANBAN/KANBAN.htm](http://www.ebz-beratungszentrum.de/pps_seiten/KANBAN/KANBAN.htm) (12. 02. 2009).
- Häck, S., Eiche, D., Poka Yoke Fehler vermeiden!**, <http://www.tqu.de/downloads/tqupokayoke.pdf> (6. 04. 2009).
- Jarrar, Y., Neely, A., Six Sigma – Friend or Foe?**, <http://www.som.cranfield.ac.uk/som/dinamic-content/research/cbp/CBPupdate1-SixSigmaFriendOrFoe.pdf> (18. 04. 2009).
- Jordan, T.** (2002), A comparative study: Total Quality Management and the Japanese Poka-Yoke Style, [http://www.businesstrainers.net/pdf/TQM\\_vs\\_Poka\\_Yoke.pdf](http://www.businesstrainers.net/pdf/TQM_vs_Poka_Yoke.pdf) (24. 01. 2008).
- Kämpf, R., Agboghorama, A., Gauggel, J.** (2006), Poka Yoke in der Praxis - Thema des Monats Februar 2006, <http://www.ebz-beratungszentrum.de/page6/files/poka-yoke-in-der-praxis-febr06.pdf> (04. 05. 2008).
- Schmieder, M.** (4. 11. 2004) Mit 6-Sigma zu Business Excellence, <http://www.six-sigma-deutschland.de/docs/vortraege/fh-giesen.pdf> (23. 11. 2008).
- Schmieder, M.** (14. 7. 2005) Six Sigma in der Kunststoffbranche, [http://www.six-sigma-deutschland.de/docs/vortraege/SS\\_in\\_der\\_Kunststoffbranche.pdf](http://www.six-sigma-deutschland.de/docs/vortraege/SS_in_der_Kunststoffbranche.pdf) (23. 11. 2008).
- Tesser, S., Poka Yoke – Fehlhandlungen vermeiden**, <http://www.tqu.com/downloads/PokaYokest.pdf> (19. 02.2009).
- Töpfer, A** (04. 05. 2004)., Six Sigma in Banken und Versicherungen, [http://www.six-sigma-akademie.de/downloads/21\\_el\\_neu\\_toepfer\\_banken\\_04\\_05\\_04.pdf](http://www.six-sigma-akademie.de/downloads/21_el_neu_toepfer_banken_04_05_04.pdf) (07. 04. 2009)
- Töpfer, A., Ansatz und Nutzen von Six Sigma**, <http://www.six-sigma-akademie.de/downloads/toepfer.pdf> (07.04. 2009)

# Anhang

## Anhang A: Six Sigma Tabelle<sup>229</sup>

Sigma	DPMO	Ertrag
6,0	3,4	99,99966%
5,9	5,4	99,99946%
5,8	8,5	99,99915%
5,7	13	99,99866%
5,6	21	99,9979%
5,5	32	99,9968%
5,4	48	99,9952%
5,3	72	99,9928%
5,2	108	99,9892%
5,1	159	99,984%
5,0	233	99,977%
4,9	337	99,966%
4,8	483	99,952%
4,7	687	99,931%
4,6	968	99,90%
4,5	1.350	99,87%
4,4	1.866	99,81%
4,3	2.555	99,74%
4,2	3.467	99,65%
4,1	4.661	99,53%
4,0	6.210	99,38%
3,9	8.198	99,18%
3,8	10.724	98,9%
3,7	13.903	98,6%
3,6	17.864	98,2%
3,5	22.750	97,7%
3,4	28.716	97,1%
3,3	35.930	96,4%
3,2	44.565	95,5%
3,1	54.799	94,5%
3,0	66.807	93,3%
2,9	80.757	91,9%
2,8	96.801	90,3%
2,7	115.070	88,5%
2,6	135.666	86,4%
2,5	158.655	84,1%
2,4	184.060	81,6%
2,3	211.855	78,8%
2,2	241.964	75,8%
2,1	274.253	72,6%
2,0	308.538	69,1%
1,9	344.578	65,5%
1,8	382.089	61,8%
1,7	420.740	57,9%
1,6	460.172	54,0%
1,5	500.000	50,0%
1,4	539.828	46,0%
1,3	579.260	42,1%
1,2	617.911	38,2%
1,1	655.422	34,5%
1,0	691.462	30,9%
0,9	725.747	27,4%
0,8	758.036	24,2%
0,7	788.145	21,2%
0,6	815.940	18,4%
0,5	841.345	15,9%
0,4	864.334	13,6%
0,3	884.930	11,5%
0,2	903.199	9,7%
0,1	919.243	8,1%

<sup>229</sup> Bergbauer, A (2006), S. 226

## Anhang B: Deutscher Abstract

Auf Grund der stetig ansteigenden Ansprüche der Kunden, in Bezug auf Qualität, Kosten und der raschen Erfüllung von Bedürfnissen, müssen Unternehmen große Anstrengungen auf sich nehmen, damit sie konkurrenzfähig bleiben. Deshalb erlebten Qualitätsmanagement-Methoden in den letzten Jahren einen „Boom“. In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, welche Qualitätsmanagement-Methode die größte Kostenersparnis im Hinblick auf die Beschaffungsstrategie mit sich bringt, unter der Annahme, dass die Steigerung der Qualität erfolgreich ist.

Zu Beginn werden die Methoden (JIT, Kanban, Poka Yoke, Six Sigma) vorgestellt und die Ziele, deren Nutzen, sowie die wesentlichen Punkte der Implementierung und Probleme, die bei der Nutzung entstehen können, erläutert.

Im Anschluss werden die Methoden mit dem Economic Order Quantity Modell verglichen, um festzustellen, welches System die größte Kostenersparnis bietet. Dabei wird angenommen, dass das Unternehmen die Qualität erfolgreich verbessern konnte, und somit die Kosten der Lagerhaltung, der fehlerhaften Teile und jene für schlechte Qualität als Vergleichskriterien herangezogen werden.

Daraufhin werden die Berechnungen anhand von Zahlenbeispielen veranschaulicht und untersucht, wie sich die Veränderung einzelner Parameter auf den Kostenvorteil auswirkt.

Der Vergleich der unterschiedlichen Methoden zeigt, dass Just in Time den größten Kostenvorteil bietet, und dass die Wahrscheinlichkeit von fehlerhaften Teilen den größten Einfluss auf den Kostenvorteil hat. Der Kostenvorteil sinkt je geringer die Wahrscheinlichkeit von Fehlern ist.

Abschließend wird noch ein Ausblick auf Möglichkeiten zur Erweiterung der beschriebenen Modelle gegeben.



## **Anhang C: Englischer Abstract**

Due to the continual increasing demand of customers, concerning quality, costs and the fulfillment of requirements, businesses have to undertake great efforts for remaining competitive. Therefore quality management methods experienced a real “boom” in the past few years. The purpose of this diploma thesis is now to investigate which quality management method leads to the biggest cost savings under the assumption, that the aim of improving quality is successful.

At the outset the methods (JIT, Kanban, Poka Yoke, and Six Sigma) are introduced and their aims, benefits and the most important steps of the implementation as well as problems, which can occur through the usage of the methods, are explained.

Subsequently the methods are compared to the Economic Order Quantity model for determining the method that offers the largest cost savings under the assumption that the company is successful in improving quality thus the holding costs, costs for defective parts and those for poor quality are approached as criteria for comparison.

Then the calculations are being presented in numerical examples and examined on how the modification of parameters affects cost advantages.

The comparison of the different methods shows, that JIT offers the largest cost advantages and that the probability of defective parts has the strongest influence on the cost advantage. The smaller the probability is the lower are the cost advantages.

Concluding there are given possibilities to expand the models described above.

## Anhang D: Lebenslauf

### Judith Straßer



- 15. 04. 1982 in Linz
  - Österreich
  - [judith.strasser@gmx.at](mailto:judith.strasser@gmx.at)
- 

### Ausbildung

- Seit Oktober 2002 Studium der Internationalen Betriebswirtschaftslehre and der Universität Wien mit Spezialisierung im Logistikmanagement, sowie im Industriellen Management
  - 1997 – 2002: HBLA für wirtschaftliche Berufe, Linz Auhof, Oberösterreich
    - Schwerpunkt Humanökologie
    - 2001 Gesellenprüfung für Koch und Kellner
  - 1992 – 1997: Akademisches Gymnasium, Linz, Oberösterreich
  - 1988 – 1992: Volksschule 14, Linz, Oberösterreich
- 

### Wichtige berufliche Erfahrung

- September 2006: Linz AG, Kundenzentrum, Linz, Abteilung Linz Linien
  - Juni – August 2000: Gasthof Grünauer Hof, Wals-Siezenheim, Servicekraft
  - August 1999 und August 1998: VOG AG, Linz, Verpackungsabteilung
- 

### Sprachkenntnisse

- Deutsch: Muttersprache
  - Englisch: Fließend in Wort und Schrift
  - Spanisch: Gute Kenntnisse
  - Französisch: Grundkenntnisse
- 

### Auslandserfahrung

- Februar – Juli 2006: Auslandsstudium an der Universidad de Navarra in Pamplona, Spanien