



# Magisterarbeit

## **Agilitätsmanagement**

Steigerung der Reaktionsfähigkeit von Fertigungsunternehmen  
durch Quick Response Manufacturing

eingereicht an der

**Montanuniversität Leoben**

erstellt am

**Lehrstuhl Industrielle Logistik**

**Vorgelegt von:**

Johannes Essl  
0335037

**Betreuer/Gutachter:**

Dr.rer.soc.oec. Helmut Zsifkovits

Leoben, 29.05.08

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Magisterarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Johannes Essl

Leoben, 29.05.08

## **Danksagung**

Mein Dank richtet sich in erster Linie an meinen Betreuer am Lehrstuhl für Industrielogistik, Dr.rer.soc.oec. Helmut Zsifkovits. Er hat mir im Zuge der Verfassung dieser Arbeit oft beratend zur Seite gestanden, und mir viel in Sachen strukturiertes wissenschaftliches Arbeit beigebracht. Weiters war Hr.Dr.Zsifkovits jene Person, die mein Interesse für das Thema Unternehmensagilität geweckt hat, und mich in die Grundthematik einführte.

Zudem richtet sich mein Dank an die Leiterin des Lehrstuhls für Industrielogistik, Vertragsprof.Dkfm.Dr.mont. Corinna Engelhardt-Nowitzki, von der ich im Zuge meines Studiums Vieles lernen durfte, das mich auf die Verfassung dieser Arbeit vorbereitet hat.

## Kurzfassung

Ausgangspunkt dieser Arbeit war eine Mitteilung eines Unternehmens aus dem Bereich der Lagerlogistik, das einem stark dynamischen Absatzmarkt gegenübersteht. Die Marktdynamik resultiert für dieses Unternehmen nicht nur aus schwankenden Nachfragemengen eines definierten Produktprogramms, sondern auch aus einer ständig wechselnden Nachfrage für Produktarten. Diese Schwankungen sowohl qualitativer als auch quantitativer Natur zeigten dem Unternehmen in der Vergangenheit immer deutlicher auf, dass die vom Markt geforderten Unternehmenseigenschaften (Reaktionsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit) mit einer traditionellen Unternehmensorganisation bzw. den bisher verwandten Methoden und Prozessen nicht erreicht werden können. Aus dieser Beobachtung resultierte die Fragestellung, welche Konzepte, Methoden und Technologien verwandt werden können, um das Agilitätsvermögen des Unternehmens zu steigern. Konkret war das Unternehmen an einem umfassenden Unternehmenskonzept interessiert, um Agilitätssteigerungen in verschiedenen Unternehmensbereichen und der Supply Chain zu erzielen. Für einen solchen Ansatz sollte insbesondere eine praxisnahe Anleitung zur Einführung im Unternehmen erarbeitet werden. Ziel dieser Arbeit ist, diesen Unternehmensforderungen nachzukommen. Es werden Strukturen, Technologien und Methoden vorgestellt, die nicht auf eine bestimmte Branche oder Unternehmensgröße beschränkt sind, und für Fertigungsunternehmen in Reaktion auf die Marktverhältnisse des einundzwanzigsten Jahrhunderts entwickelt wurden.

## **Abstract**

Initial point of this paper was an observation of a logistics company which faces an extremely dynamic market. Market dynamics for this company are caused not only by fluctuating demand of a defined production program, but also by a permanently altering demand of product types. The fluctuations of qualitative and quantitative manner showed the logistics company more and more that those company features which were requested by the sales market (customer responsiveness, adaptability) could not be attained with a traditional organizational structure or existing methods and business processes. The result of this observation was the research question which concepts, methods and technologies could be applied to increase the company's agility. In particular, the company was interested in an extensive corporate concept to reach agile behaviour in diverse parts of the company and the supply chain. Beside the description of such an approach, practical instructions should be given how to introduce the discussed business concept in the company. The objective of this paper is to describe how agile behaviour can be reached in a manufacturing company. Structures, technologies and methods are introduced which are not restricted to certain industries or company sizes, and which were developed in reaction to changing market forces in the twenty-first century.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kontext und Ziel der Arbeit</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Begriffsdefinitionen</b> .....	<b>3</b>
2.1	Definition Fertigungssystem .....	3
2.2	Definition Agilität .....	3
2.3	Definition Agile Manufacturing.....	4
2.4	Definition Lean Manufacturing.....	4
2.5	Definition Flexibilität.....	5
2.6	Definition Flexible Manufacturing .....	5
2.7	Definition Adaptable Production/ Adaptability.....	6
2.8	Definition Quick Response Manufacturing .....	6
2.9	Definition Computer Integrated Manufacturing.....	7
2.10	Definition Response Time Spiral .....	7
<b>3</b>	<b>Das traditionelle Fertigungsparadigma</b> .....	<b>8</b>
3.1	Die traditionelle Fertigung.....	8
3.2	Traditionelle Leistungsmessung (Materialplanung) .....	10
3.3	Traditionelle Material-Steuerungsmechanismen .....	11
3.4	Traditionelles Rechnungswesen .....	12
3.5	Kritik am traditionellen Paradigma .....	12
3.6	Forderungen des heutigen Marktes.....	17
<b>4</b>	<b>Agile Manufacturing</b> .....	<b>19</b>
4.1	Modelle des Agile Manufacturing .....	19
4.2	Integration im Agile Manufacturing .....	23
4.3	Anforderungen für die Systementwicklung.....	24
4.4	Entwicklungsprozess .....	26
4.5	Interdisziplinäres Design.....	30
4.6	Entwicklung fähigkeits- und wissenserweiternder Systeme.....	31
4.7	Entwicklung eines Fertigungssystems.....	32
4.8	Entwicklung des Rechnungswesen im AM .....	34
4.9	Entwicklung der Supply Chain .....	35
<b>5</b>	<b>Mängel des Agile Manufacturing</b> .....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Quick Response Manufacturing</b> .....	<b>38</b>
6.1	Implementierung von Cellular Manufacturing .....	39
6.2	Best Practice für QRM-Zellen.....	43
6.3	Dynamiken des Fertigungssystems .....	43
6.4	QRM in der Materialplanung .....	48
6.5	QRM in der Materialsteuerung .....	50
6.6	Lieferantenbeziehungen .....	54
6.7	Kundenbeziehungen.....	58
6.8	Externe Materialbereitstellung/ Supply Chain Management .....	59
6.9	QRM in der Auftragsabwicklung.....	59
6.9.1	Organisatorische Prinzipien.....	61
6.9.2	Prinzipien des Informationsmanagement.....	63
6.9.3	Prinzipien der Systemdynamik für Officezellen .....	66

6.10	QRM in der Produkteinführung .....	70
6.11	Ein neues Management-Gedankengut für QRM.....	76
6.12	Organisatorische Struktur, Leistungsmessung .....	77
6.13	Schritte der Implementierung eines QRM-Programms .....	84
<b>7</b>	<b>Vergleich AM – QRM.....</b>	<b>88</b>
7.1	Gemeinsamkeiten AM - QRM.....	88
7.2	Unterschiede AM - QRM.....	90
<b>8</b>	<b>Erkenntnisse der Arbeit.....</b>	<b>92</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>98</b>
9.1	Bücher .....	98
9.2	Online .....	99
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>101</b>

## Formelverzeichnis

Formel 1: Eine beispielhafte Effizienzkennzahl .....	10
Formel 2: Dimensionierung der POLCA-Karten .....	52
Formel 3: Formel der QRM Number .....	78
Formel 4: Formel zur Messung der Durchlaufzeitenreduktion.....	79



## Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Anreize für Abteilungen durch kostenbasierte Strategien.....	14
Tabelle 2: Enabler des Agile Manufacturing .....	21
Tabelle 3: Beispiel für einen Tagging Sheet .....	64
Tabelle 4: Statusindikator für die Erfassung von Durchlaufzeiten.....	79
Tabelle 5: Schritte zur Implementierung von QRM-Projekten .....	85
Abbildung 1: Response Time Spiral für schnelle Maschinen .....	13
Abbildung 2: Economies of Scope.....	18
Abbildung 3: Struktur Agiler Unternehmen .....	20
Abbildung 4: Referenzmodell "Agile Wheel" .....	20
Abbildung 5: Rahmenwerk für die Entwicklung agiler Systeme.....	22
Abbildung 6: Weg zum Agile Manufacturing.....	24
Abbildung 7: Concurrent Engineering für die Produktentwicklung.....	26
Abbildung 8: Entwicklungsprozess agiler Unternehmen .....	27
Abbildung 9: AM-Entwicklungsmodell.....	28
Abbildung 10: Rahmenwerk für interdisziplinäres Design.....	30
Abbildung 11: Implementierung einer Zelle .....	40
Abbildung 12: Effekt der Auslastung auf die DLZ.....	44
Abbildung 13: Einfluss der Losgröße auf die Auslastung U1... ..	45
Abbildung 14: Einfluss der Losgröße auf die DLZ.....	45
Abbildung 15: Einfluss der Losgröße L1 auf Produkt 2 .....	46
Abbildung 16: Einfluss der transfer batching Strategie auf die Durchlaufzeit einer Zelle .....	47
Abbildung 17: Wechselwirkung Zellenplanung/ MRP .....	49
Abbildung 18: POLCA- Karte.....	51
Abbildung 19: POLCA Zyklus für einen bestimmten Auftrag .....	51
Abbildung 20: Response Time Spiral (Lieferant).....	55
Abbildung 21: Phasen der Auftragsabwicklung.....	59
Abbildung 22: Response Time Spiral im Office-Bereich.....	60
Abbildung 23: Beispiel für ein Value-Added-Chart.....	65
Abbildung 24: Traditionelle VS. QRM Sicht von Kapazität .....	67
Abbildung 25: Vertical Migration Strategy.....	69
Abbildung 26: Delayed Differentiation.....	73
Abbildung 27: Vergleich zweier Strategien für Kapazitätsinvestitionen .....	76
Abbildung 28: QRM Organisation.....	87
Abbildung 29: Aufbau der Arbeit .....	101

## Abkürzungsverzeichnis

d.h.	.....	das heißt
z.B.	.....	zum Beispiel
u.A.	.....	unter Anderem
zit	.....	zitiert
PM	.....	Projektmanagement
bzw.	.....	beziehungsweise
v.A.	.....	vor Allem
vgl.	.....	vergleiche
lt.	.....	laut
ggf.	.....	gegebenenfalls
usw.	.....	und so weiter
sog.	.....	sogenannte(r)
evtl.	.....	eventuell
AM	.....	Agile Manufacturing
QRM	.....	Quick Response Manufacturing
DLZ	.....	Durchlaufzeit
FM	.....	Flexible Manufacturing
LM	.....	Lean Manufacturing
JIT	.....	Just in Time
TQM	.....	Total Quality Management
MRP	.....	Manufacturing Resources Planning
CE	.....	Concurrent Engineering
CIM	.....	Computer Integrated Manufacturing
AP	.....	Adaptable Production
LP	.....	Lean Production
CNC	.....	Computer Numerical Control
CAPP	.....	Computer Aided Process Planning
EOQ	.....	Economic Order Quantity
WIP	.....	Work in Progress
ORR	.....	Overhead Reduction Rate
WOP	.....	Workshop Oriented Programming
WS	.....	Warteschlange
RMT	.....	Rapid Modelling Technologie
FTMS	.....	Focused Target Market Segment

# 1 Kontext und Ziel der Arbeit

Im Fertigungssektor war traditionell der Preis der zentrale Wettbewerbsfaktor. Versucht wurde, Kostenreduktionen durch Massenproduktion und Economies of Scale, Arbeitsteilung, Produktionalisierung, verbesserte Maschinenauslastung, und automatisierte Produktion zu erreichen.<sup>1</sup> In den letzten Jahrzehnten haben neue Marktkräfte wie die Globalisierung, die Fragmentierung des Massenmarktes, kürzere Produktlebenszyklen, die zunehmende Anzahl an Unternehmenskooperationen und die Entwicklung der Kundenforderungen (höhere Produktvielfalt, unberechenbare Nachfragen) das Konzept der Massenproduktion unterminiert.<sup>2</sup> Preiswettbewerb alleine war keine gangbare Geschäftsstrategie mehr, und wurde durch andere Aspekte wie Qualität, Flexibilität, Lieferfähigkeit und schließlich Agilität ergänzt. Agilität wird mehr und mehr zur Voraussetzung für Unternehmen, um in einem dynamischen Wettbewerbsumfeld einen Wettbewerbsvorsprung zu erarbeiten und zu sichern.<sup>3</sup>

Trotz dieser Veränderungen des Marktes und Wettbewerbes haben sich die Werte, Strukturen und Organisationsprinzipien im Fertigungssektor kaum verändert, und basieren weiterhin auf veralterten Annahmen über das Fertigungsumfeld. Gegenstand dieser Arbeit ist es, Ansätze zu beschreiben, die dem Fertigungsunternehmen dabei helfen, agiler auf vorhersehbare und unvorhersehbare Veränderungen zu reagieren. In der amerikanischen Literatur werden zwei Ansätze zum Umgang mit ungeplanten Veränderungen unterschieden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Veränderung zu kontrollieren, d.h. präventiv dagegen vorzugehen. Durch Eingriffe in das Fertigungssystem werden Ausmaß und Häufigkeit der Veränderungen beeinflusst. Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Auswirkung einer Veränderung nach deren Eintritt durch einen höheren Flexibilitäts- und Agilitätsgrad zu reduzieren. Die Entscheidung, mit welchen Veränderungen wie umgegangen wird, ist strategischer Natur und wird durch Überlegungen des Risikomanagements beeinflusst.<sup>4</sup>

Im Rahmen dieser Arbeit steht der zweite genannte Managementansatz im Mittelpunkt. Hierfür wird ein neues Fertigungsparadigma benötigt, das auf die neuen Marktkräfte reagiert. Es werden zwei Unternehmenskonzepte untersucht, die in den USA entwickelt wurden: Agile Manufacturing und Quick Response Manufacturing. Bei beiden Ansätzen handelt es sich um neue Unternehmenskonzepte<sup>5</sup> (insbesondere im deutschsprachigen Bereich), die in der Literatur als Nachfolger des in Japan entwickelten Lean Manufacturing gesehen werden. In der Arbeit wird wie folgt vorgegangen: Im Anschluss an die Definition wesentlicher Begrifflichkeiten

---

<sup>1</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 176.

<sup>2</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 28; Goranson (1999), S. 2.

<sup>3</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 232; Kidd (1994), S. 14.

<sup>4</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 14-17.

<sup>5</sup> Vgl.: Goranson (1999), S. xiii.

ten wird das traditionelle, in den meisten europäischen und amerikanischen Unternehmen verwandte Fertigungsparadigma beschrieben. Weiters wird auf die Unzulänglichkeiten dieses Paradigmas in einem dynamischen Markt eingegangen. Anschließend wird das Organisationskonzept Agile Manufacturing (AM) vorgestellt, von dem behauptet wird, dass es zum agilen Unternehmen führt. Nach der Diskussion wesentlicher Inhalte des AM werden Mängel des aktuellen Wissensstandes im AM-Bereich beschrieben. Danach wird auf eine der genannten Wettbewerbsgrundlagen des agilen Unternehmens, Quick Response, fokussiert. Es wird durch das Unternehmenskonzept Quick Response Manufacturing (QRM) institutionalisiert. Der Wissensstand in Sachen QRM ist unabhängig von Industriesegment, Unternehmensgröße und Eigentümerverhältnissen.<sup>6</sup> Über 90% der in einer Umfrage in den USA befragten Manager betonen die Bedeutung von Kennzahlen und Organisationsprinzipien, die gegen QRM arbeiten.<sup>7</sup> Es wird gezeigt, in welchen Unternehmensbereichen QRM welche Veränderungen bewirkt, und wie diese dazu beitragen, die Reaktionsfähigkeit eines Unternehmens zu steigern. Weiters wird auf die vielseitigen Möglichkeiten eingegangen, die für ein Unternehmen mit der Reduktion von Durchlaufzeiten einhergehen. Zudem wird eine praxisnahe Anleitung zur Einführung von QRM im Unternehmen gegeben.

Nach dieser isolierten Betrachtung der beiden Unternehmenskonzepte werden QRM und AM einander gegenübergestellt. Dieser Schritt wurde in der Fachliteratur noch nicht unternommen. Unklar ist momentan, inwieweit AM durch QRM unterstützt wird, und wo es über QRM hinausgeht. Diese Frage muss jedoch beantwortet werden, bevor das in der Literatur besser dokumentierte QRM-Konzept vorgeschlagen werden kann, um Agilität im Unternehmen zu erreichen. Diesbezügliche Erkenntnisse sind umso wertvoller, weil noch gezeigt wird, dass QRM dem Praktiker konkretere Hilfestellungen als AM zur Verfügung stellt, um das Unternehmen auf die neue Wettbewerbssituation einzustellen. Nach der Behandlung von QRM werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Fertigungsparadigmen erarbeitet. Auf dieser Basis werden folgende Kernfragen behandelt:

- Wie ist QRM dem AM gegenüberzustellen? Ist QRM ein Teil von AM, ein alternativer und widersprüchlicher Ansatz, oder geht es über dieses hinaus?
- In welchen Bereichen können Erkenntnisse aus dem QRM den Wissensstand im Bereich AM bereichern?

Durch den breiten Arbeitsfokus kann auf einige Wissensbereiche nicht eingegangen werden. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf menschlichen und organisatorischen Aspekten (z.B. Möglichkeiten der Mitarbeiterflexibilisierung), da diese Punkte bisher weniger behandelt wur-

---

<sup>6</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 11.

<sup>7</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 17.

den als z.B. technologische Aspekte. Auf einzelne Punkte des Change Management, Projektmanagement, Risikomanagement, Systems Engineering und Wissensmanagement wird eingegangen, ohne auf diese gut dokumentierten Fachbereiche<sup>8</sup> genauer einzugehen. Der Aufbau der Arbeit kann als Abbildung dem Anhang entnommen werden.

## 2 Begriffsdefinitionen

### 2.1 Definition Fertigungssystem

„Ein Fertigungssystem ist ein Subsystem eines Fabriksystems zur Herstellung von Einzelteilen mittels Be- und Verarbeitungsmaschinen bzw. Anlagen einschließlich Transport-, Umschlag- und Lagereinrichtungen.“<sup>9</sup> „Ein Fertigungssystem ist eine technisch, organisatorisch (und kostenrechnerisch) selbstständige Allokation von Potentialfaktoren zu Produktionszwecken. „Es besteht aus (elementaren) Arbeitssystemen, die die kleinste Einheit einer Kombination der Potentialfaktoren Betriebsmittel und Arbeitskräfte darstellen und eine oder mehrere Klassen von Transformationen durchführen können.“<sup>10</sup> Fertigungssysteme sind nichtlineare, offene, stochastische und zeitvariante Systeme.<sup>11</sup> Sie bestehen aus einem physischen System<sup>12</sup> (Computer, Maschinen, Gebäude) und einem immateriellen System, das die sozialen Beziehungen zwischen Menschen und die Tätigkeiten, die durch Menschen durchgeführt werden, beschreibt, sowie aus dem Organisationssystem. Die einzelnen Systeme sind verflochten, und können nicht isoliert betrachtet werden.

### 2.2 Definition Agilität

Mit Agilität wird die Fähigkeit beschrieben, in einem Wettbewerbsumfeld kontinuierlicher und unvorsehbarer Veränderungen zu überleben und zu wachsen, indem schnell und wirksam auf sich verändernde Märkte reagiert wird, getrieben durch kundenspezifische Produkte und Serviceleistungen.<sup>13</sup> Agilität bedeutet, Nachfragevolatilität durch wirtschaftliche und zeitgerechte Veränderungen des Fertigungssystems nachzukommen. Anstatt reiner Kostenreduktion stehen die Erhöhung des Durchsatzes und die schnelle Erstellung neuer Produkte (Quick Response) im Vordergrund.<sup>14</sup> Agilitätsziele sind Kreativität, Geschwindigkeit, Flexibilität, Qualität, Robustheit, geringe Kosten, gute Serviceleistungen, Zuverlässigkeit/Robustheit und Innovation.<sup>15</sup> Somit ist Agilität eine Erweiterung des Flexibilitätsbegriffes, beinhaltet Leanness, hat

---

<sup>8</sup> siehe Röhrschneider (2006), Wallmüller(2004), Burghardt (2002), Wieczorrek(2005)

<sup>9</sup> Schenk/Wirth (2004), S. 98.

<sup>10</sup> Dangelmeier (2001), S. 5.

<sup>11</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 144f.

<sup>12</sup> Unter einem System soll eine Gesamtheit von Elementen verstanden werden, die miteinander durch Beziehungen verbunden sind. [Košturiak/ Gregor (1995), S. 2.]

<sup>13</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. v.

<sup>14</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 692.

<sup>15</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 232; S. 360; Goranson (1999), S. 68.

aber auch andere Kernziele.<sup>16</sup> Eine Liste wesentlicher Agilitätsaspekte hat Gunasekaran zusammengestellt.<sup>17</sup> Agilität ist gegenwarts- und zukunftsorientiert. Agilität ist eng mit dem Effektivitätsbegriff verbunden, d.h. der Fähigkeit Strategien und Marktmöglichkeiten wahrzunehmen, welche die zukünftige Entwicklung des Unternehmens positiv beeinflussen.<sup>18</sup>

## 2.3 Definition Agile Manufacturing

AM ist eine Fertigungsphilosophie, die Vorteile der Zeitkompression (schnelle Auftragsabwicklung, schnelle Produktentwicklung) mit einer Reduktion von Kosten durch Vielfalt verbindet, um mit hohem Volumen und hoher Vielfalt für verschiedene Marktnischen zu produzieren. Ziel des AM ist es, eine breite Spanne an kostenniedrigen, hochqualitativen, und kundenindividuellen Produkten in kurzen Durchlaufzeiten und variierenden Losgrößen zu produzieren und zu vertreiben.<sup>19</sup> Reduzierte Kosten, bessere Qualität, höhere Flexibilität und Quick Response sollen ohne Trade-Offs erreicht werden. Dies durch die synthetische Nutzung bekannter Technologien und Methoden, die u.A. aus dem Lean Manufacturing (LM), dem Computer Integrated Manufacturing, dem Total Quality Management (TQM)<sup>20</sup>, dem Manufacturing Resources Planning (MRP) und dem Flexible Manufacturing (FM) stammen.<sup>21</sup> AM verbindet organisatorische Schlantheit mit Flexibilität, und ist somit eine strategische Weiterentwicklung des LM.<sup>22</sup> AM baut auf LM auf und erweitert es durch die Förderung von Mitarbeitern und den Einsatz moderner Technologien.<sup>23</sup> Das Wort „Manufacturing“ darf nicht missverstanden werden. AM betrifft auch andere Unternehmensbereiche (z.B. den Officebereich), und geht über FM hinaus. Weiters kann AM auch in der Serviceindustrie eingesetzt werden.<sup>24</sup>

## 2.4 Definition Lean Manufacturing

LM steht für einen geringeren Ressourceneinsatz (Mensch, Fertigungsfläche, Werkzeuge), geringere Entwicklungszeiten, geringeren Lagerbestand, weniger Fehler, und eine größere Produktvielfalt im Unternehmen. Verschwenderische Aktivitäten und lange Durchlaufzeiten werden durch Just in Time (JIT), Concurrent Engineering<sup>25</sup>, verbesserte Lieferanten- und Kundenbeziehungen und TQM reduziert.<sup>26</sup> Deshalb wird LM mit dem Produktivitätsbegriff

---

<sup>16</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 516.

<sup>17</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 686.

<sup>18</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 55.

<sup>19</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 205.

<sup>20</sup> Total Quality Management ist ein strategischer Ansatz, der darauf abzielt, Qualität kontinuierlich durch Produkt-, Prozess- und Serviceinnovationen zu verbessern. [Gunasekaran (2001), S. 693.]

<sup>21</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 234.

<sup>22</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 687.

<sup>23</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 28.

<sup>24</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 485.

<sup>25</sup> Concurrent Engineering ist ein Konzept, das die Teilnahme aller Funktionseinheiten eines Unternehmens, der Kunden und Lieferanten am Produktentwicklungsprozess beschreibt, um die Time-to-Market zu reduzieren, die Produktqualität zu erhöhen, und die damit verbundenen Kosten zu minimieren. [Gunasekaran (2001), S. 518.] Entwicklungsschritte werden nun parallel durchgeführt. [Gunasekaran (2001), S. 177.]

<sup>26</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 25; Kidd (1994), S. 1; S. 9.

verbunden, d.h. der Fähigkeit die Unternehmensressourcen effizient zu nutzen und zu optimieren.<sup>27</sup> Das Ziel von LM ist, eine Harmonisierung des Durchsatzes in der Batch-Fertigung zu erreichen.<sup>28</sup> Es betrifft wie AM nicht nur die Fertigung sondern auch die Supply Chain. Auch die Aspekte Mensch und Organisation<sup>29</sup> werden wie im AM ausführlich behandelt. Die Barrieren zwischen Abteilungen, Managern und Shopfloor werden abgebaut.<sup>30</sup> Drei bedeutende Konzepte des LM sind die Elimination von Verschwendung, die Flussorientierung (Abbau der funktionalen Organisation, Produktorientierung) und die Pullsteuerung (Kanban).

## 2.5 Definition Flexibilität

Flexibilität ist ein Überbegriff für Anpassungsfähigkeit, Vielseitigkeit und die Fähigkeit der schnellen Rekonfiguration,<sup>31</sup> und ist dem Agilitätsbegriff unterzuordnen. Flexibilität ist auch die Fähigkeit, auf Veränderungen am Markt zu reagieren, neue Technologien zu nutzen, und neue Arbeitspraktiken einzusetzen. Es werden in der Literatur verschiedene Einteilungskriterien für Flexibilitätstypen unterschieden.<sup>32</sup> Slack nennt die Produktflexibilität, die Produktmixflexibilität, die Volumenflexibilität sowie die Lieferflexibilität. Gunasekaran erweitert diese Definition um die Flexibilität eines robusten Systems, d.h. die Fähigkeit eines Systems, auf ungeplante Veränderungen prozesseitig (z.B. durch Maschinenstörungen) oder inputseitig (z.B. durch schlechte Lieferqualität eines Lieferanten) zu reagieren.<sup>33</sup> Jedem Flexibilitätstyp werden zwei Dimensionen zugeordnet. Die erste Flexibilitätsdimension ist It. Slack die sog. Range Flexibility. Sie beschreibt die Spanne an Zuständen, die ein Fertigungssystem annehmen kann. Die zweite Dimension, die sog. Response Flexibility, beschreibt die Leichtigkeit, mit der ein System den Systemzustand wechselt, bezüglich Kosten, Zeit, und organisatorischen Störungen.<sup>34</sup>

## 2.6 Definition Flexible Manufacturing

FM fokussiert darauf, die Fabrik schnell auf die Produktion unterschiedlicher Komponententypen einzurichten. Ein flexibles Fertigungssystem ist ein integrierter, computerkontrollierter Komplex von numerisch kontrollierten Maschinen, automatisierten Material- und Werkzeug-handhabevorrichtungen sowie automatisierten Testvorrichtungen und einem übergeordneten Computerkontrollsystem. Das flexible Fertigungssystem ist eine Komponententechnologie

---

<sup>27</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 55.

<sup>28</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 32.

<sup>29</sup> Organisation beschreibt die Strukturierung der Art, wie Personen zusammenarbeiten [Gunasekaran (2001), S. 158.]

<sup>30</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 141.

<sup>31</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 25; S. 73.

<sup>32</sup> siehe Gunasekaran (2001), S. 538.

<sup>33</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 16.

<sup>34</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 9.

des Computer Integrated Manufacturing.<sup>35</sup> Flexible Manufacturing betrifft im Gegensatz zu Agile Manufacturing den Umgang mit erwarteten Veränderungen.<sup>36</sup>

## 2.7 Definition Adaptable Production/ Adaptability

Anpassungsfähigkeit (Adaptability) beschreibt die Fähigkeit, die Kostenstruktur der Nachfrage anzupassen. So kann der Break Even Point bei niedrigerer Nachfrage gesenkt werden. Adaptable Production (AP) erreicht eine erhöhte Kostensensitivität, indem der Fixkostenblock eines Unternehmens reduziert und auf die variablen Kosten verteilt wird. Somit steht dieses Konzept im Gegensatz zur Lean Production (LP), wo variable Kosten durch reduzierten Ressourceneinsatz gesenkt werden. AP ist kostensensitiver als LP, da die Funktion der variablen Kosten steiler ist. Während LM oft einen hohen Level an Automation einsetzt, um die Arbeitsproduktivität zu erhöhen, setzt AP vermehrt menschliche Arbeit ein, um eine höhere Ressourcenflexibilität zu erzielen. In diesem Punkt stimmt es somit mit AM und QRM überein. Agilität, Leanness und Adaptability sind keine alternativen, sondern sich gegenseitig unterstützenden Konzepte. Z.B. setzen AP und LM auf eine Bildung von Teile- und Produktfamilien, um Work in Progress und Rüstzeiten zu reduzieren.<sup>37</sup>

## 2.8 Definition Quick Response Manufacturing

QRM ist eine Organisationsstrategie und Erweiterung der Time-Based Competition<sup>38</sup>, und ein umfassender Ansatz, um Geschwindigkeit im Unternehmen einzuführen.<sup>39</sup> Es bezieht sich wie AM sowohl auf existierende Produkte (Verkürzung der Auftragsdurchlaufzeiten in der Produktion) als auch auf neu entwickelte Produkte (Verkürzung der Produktentwicklung im Office-Bereich). QRM unterstützt nicht nur die Reduktion externer Durchlaufzeiten (vom Kunden wahrgenommen), sondern auch interner Durchlaufzeiten (verstrichene Zeit von Jobs zum Fluss durch alle Unternehmensbereiche).<sup>40</sup> QRM wurde gestaltet, um in Umfeldern zu funktionieren, wo Produkte hoch kundenspezifisch sind, Kundenbedürfnisse stark unterschiedlich sind, und eine hohe Anzahl an Produkten mit variablem Bedarf vorliegt. QRM greift diese Variabilität durch organisatorische Flexibilität (Überdenken vom Produktdesign, dem Prozessdesign, der Organisationsstruktur), durch Verständnis der Systemdynamik als Resultat dieser Variabilität, durch neue Konzepte wie Time-Slicing und durch die Nutzung von Warteschlan-

---

<sup>35</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 699.

<sup>36</sup> Vgl.: Goranson (1999), S. 68.

<sup>37</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 486ff.

<sup>38</sup> Time Based Competition ist eine Wettbewerbsstrategie, die den Faktor Zeit als zentral für die Erreichung von Wettbewerbsvorteilen ansieht. Versucht wird eine Verkürzung jener Zeiten zu erreichen, die benötigt werden, um Produkte zu entwickeln, zu fertigen, und zu vertreiben. Time Basec Competition tritt in zwei Formen auf, der schnellen Produktentwicklung und dem schnellen Auftragsabwicklungsprozess. [Inman, S.1.]

<sup>39</sup> Vgl.: Suri (1998), S. xxiv.

<sup>40</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 25.



genmodellen zum Management von Kapazität und Losgrößen an. QRM ist wie AM eine Corporate Strategy, die nicht nur den Shopfloor betrifft, sondern das gesamte Unternehmen.<sup>41</sup>

## 2.9 Definition Computer Integrated Manufacturing

Computer Integrated Manufacturing (CIM) ist ein Überbegriff für computerunterstützte Tätigkeiten innerhalb von Logistiksystemen, welche den Design- und Fertigungsprozess verbessern und die Kommunikation von Mensch und Maschine optimieren. Durch die Nutzung von Computernetzwerken werden automatisierte Fertigungssysteme mit anderen Unternehmensfunktionen wie Design, Marketing und Qualität vernetzt.<sup>42</sup> Die Komponenten von CIM umfassen u.A. Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM, Schnittstelle zwischen CAD und Computer Numerical Control-Code), Computer Aided Process Planning (CAPP), Flexible Manufacturing Systems, Automated Guided Vehicles, und Roboter- und Transportsysteme.<sup>43</sup> Der Integration von Informationsverbindungen zwischen Applikationen, Abteilungen, und Unternehmen ist eine notwendige Voraussetzung für AM.<sup>44</sup> Dennoch ist CIM alleine für AM nicht ausreichend.

## 2.10 Definition Response Time Spiral

Ein bedeutendes QRM-Phänomen ist die Response Time Spiral. Sie resultiert aus skalen-/kostenbasierten Managementsystemen und tritt bei Unternehmen in der gesamten Spanne von make-to-stock bis engineer-to-order auf.<sup>45</sup> Bei make-to-order muss der Bedarf an Personal, Equipment und Material geplant werden. Durch lange Durchlaufzeiten sinkt die Planungsgenauigkeit der Endmontage, und das Produktionsprogramm wird anfällig gegenüber Änderungen (aufgrund von Maschinenfehlern, Nacharbeit etc.). Die Änderungen erhöhen den Lagerbestand (z.B. durch die Verzögerung von Auslieferterminen oder durch Eilaufträge). Die Unternehmen notieren längere Referenzdurchlaufzeiten, die den Planungshorizont verlängern, womit die Planung noch anfälliger für Veränderungen und Eillose wird.<sup>46</sup> Bei make-to-stock (geforderte DLZ liegt unter der möglichen, z.B. für saisonale Produkte) ist die Ursache der Response Time Spiral nicht die Planung der Endmontage, sondern die Genauigkeit der Absatzforecasts. Unerwartete Bedarfe und Eilaufträge ändern das Produktionsprogramm, und führen zu Verzögerungen in der Auftragsabwicklung. Die längeren Durchlaufzeiten führen zu einer Erhöhung des Planungsfensters der Forecasts, deren Ungenauigkeit steigt. Bei engineer-to-order ist der Treiber der Designprozess. Da auch hier mehrere Aufträ-

---

<sup>41</sup> Vgl.: Suri (1998), S. xxi.

<sup>42</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 698.

<sup>43</sup> Wang (2003), S. 1.

<sup>44</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 10.

<sup>45</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 57.

<sup>46</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 63.

ge um Ressourcen konkurrieren, muss bei Auftragseingang der Ressourcenbedarf für die verschiedenen Abteilungen vorausgeplant werden. Änderungen der Kundenwünsche, Nacharbeit, Eilaufträge etc. führen zu Verzögerungen und erhöhten Lagerbeständen. Um die Liefertreue zu erhöhen, werden die Referenzdurchlaufzeiten für die verschiedenen Abteilungen erhöht. Die Planungsungenauigkeit steigt weiter. Weitere Ursachen für die Response Time Spiral sind minimalen Losgrößen zur Reduktion von Rüstzeiten, die Bündelung von Losen für Produkte mit langen Rüstzeiten und die Fertigung auf Lager, um Ressourcen auszulasten.<sup>47</sup> Die Response Time Spiral wird reduziert, indem Zeit aus dem System genommen wird. Neue Organisationsstrukturen, Fertigungslayouts, Managementmethoden, Berichtssysteme und Entlohnungssysteme werden verwandt, anstatt Arbeitsdauer und -geschwindigkeit zu erhöhen. Die funktionale Organisation als größtes ORM-Hindernis wird eliminiert.<sup>48</sup>

### 3 Das traditionelle Fertigungsparadigma

#### 3.1 Die traditionelle Fertigung

Die traditionelle Fertigung wird mit fünf Aspekten beschrieben: Dem traditionellen Rechnungswesen, der traditionellen Organisation (funktional, steile Hierarchie, horizontale und vertikale Arbeitsteilung, Spezialisierung, Standardisierung), der traditionellen Steuerung (zentrale Entscheidungen/Problemlösungen), traditioneller Technologie und traditionellem Design.<sup>49</sup> Der Preis ist dominierender Wettbewerbsfaktor. Damit verbunden sind Kostendenken (Economies of Scale) und Effizienzdenken (Ressourcenauslastung) und die Elimination direkter Arbeit. Menschen werden nicht als Ressource betrachtet, sondern als Kostenfaktor, der durch Automatisierung minimiert wird. Der Mitarbeiter nimmt eine passive Rolle ein. Er greift nur in Notfällen ein und führt jene Schritte durch, die nicht automatisiert werden können. Der Kreislauf der Economies of Scale sieht wie folgt aus: Produktstandardisierung und Automatisierung führen zu geringen Stückkosten, die zu Preisreduktionen führen, welche Marktwachstum bewirken, was zu großtechnischer Fertigung führt, welche wiederum mehr Möglichkeiten für Standardisierung und Automatisierung bietet.

Der Fertigungsprozess wird in kleine Arbeitsschritte eingeteilt, die von hoch spezialisierten Arbeitern durchgeführt werden. Die Mitarbeiter werden in einem sehr engen Bereich geschult, in dem sie sehr effizient und kostengünstig arbeiten, und leicht ersetzbar sind. Um sicherzustellen, dass die Mitarbeiter effizient arbeiten, wird eine funktionale und hierarchische Organisation aufgebaut. So können die Mitarbeiter, die in einer Abteilung arbeiten,

---

<sup>47</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 65 - 68.

<sup>48</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 18.

<sup>49</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 103.

voneinander lernen.<sup>50</sup> Ziel ist, die Effizienz des Personals durch spezialisiertes Wissen in dieser Funktion, und durch Supervision (durch einen Manager) zu maximieren. Gleichzeitig soll die Mitarbeiteranzahl reduziert werden. Die einzelnen Abteilungen nehmen einen bestimmten Arbeitsschritt für alle Produkte wahr, womit eine Bedarfsglättung über sämtliche Aufträge erfolgt. Alle Ressourcen eines ähnlichen Typus werden in einer Abteilung gruppiert, um die Gesamtanzahl der Ressourcen je Typus zu minimieren.

Mitarbeiter haben weder die Expertise noch die Verantwortung, um auftretende Probleme zu beheben. Die Manager übernehmen diese Aufgabe. Ziele werden für einzelne Abteilungen gesetzt, da das Personal kein Wissen über andere Unternehmensfunktionen hat. Keine Abteilung hat den Überblick über den gesamten Produkterstellungsprozess. Folglich müssen die Abteilungen durch eine zentrale Planungs-, Steuerungs- und Kontrolleinheit koordiniert werden. Die Fertigungskapazität wird auf den durchschnittlichen Workload abgestimmt. Es entsteht in manchen Wochen ein Arbeitsüberhang, der in späteren abgearbeitet wird. Diese Emanzipationsstrategie unterstützt eine hohe Ressourcennutzung.<sup>51</sup> Ein hoher Auftragsüberhang wird als positiv betrachtet, da er zu einer hohen Auslastung führt. Es werden alle Aufträge angenommen, ungeachtet dessen ob die Fertigung diese bewältigen kann. Eine hohe Auftragslage wird von Aktienunternehmen zitiert, um den Wert einer Aktie zu verdeutlichen.

Das Taylor-Modell ist Paradebeispiel der traditionellen Organisation und Steuerung. Es basiert auf vertikaler und horizontaler Teilung von Arbeit, einer Trennung von Denkarbeit und physischer Arbeit und einer Zentrierung von Entscheidungen. Dadurch wird der Einsatz von Technologien wie NC-Maschinen unterstützt. Der Faktor Technologie steht im Mittelpunkt. Organisation und Mensch sind sekundär. Ein Beispiel dafür ist der Forschungsbereich des Flexible Manufacturing. Arbeitsmethoden werden standardisiert. Der unkontrollierte Einfluss von Mitarbeitern wird minimiert, da er zu Abweichungen von Standardprozessen führt.<sup>52</sup> Einfache und repetitive Tätigkeiten, deren Geschwindigkeit durch Maschinen festgelegt wird, bilden die Grundlage für eine Fertigung mit geringer Vielfalt und hohem Produktionsvolumen.<sup>53</sup> Das Fertigungssystem wird in Komponenten geteilt, die isoliert betrachtet werden. Mitarbeiter werden nur durch finanzielle Anreize motiviert. Das monetäre Anreizschema orientiert sich ausschließlich an individuellen Leistungen. Entwicklungsprojekte werden isoliert betrachtet und durchgeführt. Die Bewertung von Investitionsprojekten erfolgt ausschließlich anhand monetärer Größen. In den Abteilungen des Office-Bereiches erledigen die Mitarbeiter einfache und spezielle Aufgaben, die keine besondere Ausbildung verlangen. Sie werden

---

<sup>50</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 69ff.

<sup>51</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 74.

<sup>52</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 107.

<sup>53</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 127.

durch Aufseher koordiniert, die zwei Aufgaben besitzen: jede Ressource soll soviel arbeiten wie möglich (Effizienz) und permanent ausgelastet sein (Auslastung). Das Effizienzstreben führt zur Bündelung von Arbeitsschritten. Das Auslastungsstreben führt zu einem permanenten Auftragsüberhang. Das traditionelle Unternehmen fertigt in Situationen geringer Auftragslage auch ohne Kundenaufträge (auf Lager). Stehen Maschinen leer, blicken Linienleiter oft mehrere Monate in die Zukunft, um Arbeit zu finden, die die Ressourcen beschäftigt hält.

Es wird in Maschinen mit hoher Geschwindigkeit investiert, um Stückkosten zu minimieren. Die Maschinen sind oft groß und Elemente, die zum umrüsten benötigt werden, oft schwer. Die Maschinen laufen mit hoher Geschwindigkeit, womit die Einstellungen von Beginn eines Loses an sehr genau sein müssen. Daraus resultieren lange Rüstzeiten. Die hohen Rüstkosten führen nach der Economic Order Quantity (EOQ)-Formel zu größeren Losgrößen. Verlangt ein Kundenauftrag weniger Stück, wird auf Lager produziert. Werden dann Standarddurchlaufzeiten genannt, die annehmen, dass ein Teil auf Lager ist, dies aber nicht der Fall ist, ist die Auftragsdurchlaufzeit bedeutend länger. Um dem entgegenzuwirken wird ein Eilauftrag in das System eingeschleust. Stückkosten, Qualität und Lieferperformance sind die wesentlichen Bewertungskriterien für Lieferantenbeziehungen. Die Manager sind darauf bedacht, den Preiswettbewerb zwischen Lieferanten zu forcieren. Um objektiv zu bleiben, distanziert sich das Unternehmen von diesen und gibt keine Informationen weiter. Am Shopfloor werden NC-Maschinen eingesetzt. Bei der Auslieferung warten Aufträge, bis ein Full-Truck-Load erreicht wird, der in Richtung des Empfängers ausgeliefert wird.

### 3.2 Traditionelle Leistungsmessung (Materialplanung)

Die traditionelle Organisation bewertet die Fertigung und die Materialdisposition anhand von Effizienz, Ressourcennutzung und Lieferperformance. Die Materialdisposition sorgt dafür, dass die Fertigung ausgelastet bleibt.<sup>54</sup> Material wird in Sequenzen angeliefert, die eine effiziente Ressourcennutzung erlauben (Bündelung von Komponenten über verschiedene Bestellungen zu einem Fertigungslos, Fertigung ähnlicher Produkte hintereinander zur Reduktion von Rüstzeiten). Hierfür entwirft die Dispositionsabteilung eine geeignete Produktionsplanungssequenz. Eine typische Effizienzkennzahl ist die Abteilungseffizienz.

$$\text{Abteilungseffizienz} = \frac{\text{gesamte Normbearbeitungszeiten}}{\text{gesamte abgelegte Arbeitsstunden}}$$

#### Formel 1: Eine beispielhafte Effizienzkennzahl<sup>55</sup>

Der Zähler ist die Summe über jene Produkte, die entstehen, wenn für jedes Produkt, das in einer Abteilung gefertigt wird, die Produktanzahl mit der dafür vorgesehenen Standardbear-

<sup>54</sup> Vgl.: Stone (2006), S. 4.

<sup>55</sup> Suri (1998), S. 190.

beitungszeit multipliziert wird. Der Nenner repräsentiert die Summe der Arbeitsstunden aller Mitarbeiter der Abteilung. Ist das Ergebnis dieser Kennzahl nicht 100% kann der Verlust u.A. Rüstzeiten, Verzögerungen in der Bearbeitung oder zu spät verfügbaren Werkzeugen und Materialien zugeschrieben werden.

### 3.3 Traditionelle Material-Steuerungsmechanismen

Pull-Systeme haben drei wesentliche Vorteile gegenüber Push-Systemen: die einfache Steuerung, die Verbesserung von Qualitäts- und Maschinenausfallsicherheiten und die Eigenschaft, dass Aufträge nicht „weitergedrückt“ werden, wenn die Nachfolgestation den Job nicht bearbeiten kann.<sup>56</sup> Die geringen Work in Progress (WIP)-Level und die engen Kontrollschleifen fordern die genannten Eigenschaften, damit das System störungsfrei funktioniert. Ein Pull-System motiviert kontinuierliche Verbesserung, da vorhandene Problemquellen unmittelbar aufgezeigt werden. Nachteile von Pull-Systemen mit Kanban-Logik sind:<sup>57</sup>

- Pull Systeme sind für wiederkehrende Fertigungsumgebungen erstellt worden und können für One-of-a-Kind-Fertigungen nicht verwandt werden.
- Ist die Produktpalette breit, führt ein Kanban-System zu hohem WIP, da die Kanban-Karten stets teilespezifisch sind, damit das Steuerungsprinzip funktioniert.
- In einem wachsenden Markt entstehen späte Auslieferungen, da der wachsende Bedarf die Zwischenpuffer leert, es aber eine Zeit dauert, bis an der ersten Arbeitsstation die Notwendigkeit für Veränderungen (z.B. Neuberechnung der Kanban-Karten) erkannt wird. Dann steigt der WIP an, bis eine andere Maschine mit der neuen Produktionsrate nicht Schritt halten kann (verzögerte Rückmeldung). Steigt der Bedarf in der Zwischenzeit weiter, läuft das Pull-System ständig dem Markt hinterher. Für solche Situationen ist eine Push-Komponente erforderlich (siehe ORM-Diskussion).
- Steigt der Bedarf für ein Produkt plötzlich an, und fällt gleichzeitig der Bedarf für andere Produkte, führt ein Pull-System zu zwei Phänomenen: Wie erwähnt kann das Pull-System der wachsenden Nachfrage nicht nachkommen, was zu verspäteten Auslieferungen führt. Weiters produziert das Pull-System für die Produkte mit stagnierender Nachfrage unverändert weiter, bis alle Puffer im System mit WIP gefüllt sind.
- Ist der Produktmix volatil, ist ein Pull-System schwer aufzubauen. Verlangen verschiedene Produkte unterschiedlich lange Bearbeitungszeiten an verschiedenen Maschinen, und werden die Kanban-Bestandslevel mit einem durchschnittlichen Bedarf festgelegt, hängt der Bottleneck vom aktuellen Produktmix ab. Abhängig davon stauen sich die Kanban-Karten an verschiedenen Stellen. Wird das System für den Worst Case dimensioniert, führt dies zu Verschwendung in Form von Bestand. Auf der anderen Seite würde die dynamische Anpassung der Anzahl an Kanban-Karten die Komplexität des Systems erhöhen. Weiters besteht die Gefahr, durch zusätzliche Umstellungen den Bullwhip-Effekt (siehe unten) zu erhöhen, da die Erhöhung der Kanbans für ein Produkt dazu führt, dass weniger Kanbans für ein anderes Produkt die Engpassmaschine passieren. Erhöht man dann die Kanban-Karten für das andere Produkt, erfolgt wiederum eine Unterproduktion für das erste Produkt. Man generiert eine künstliche Response Time Spiral (wird später erklärt).

---

<sup>56</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 223ff.

<sup>57</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 240f.

Reagiert man auf steigenden Bedarf, indem man die notwendigen Umstellungen des Kanbansystems an Maschinen antizipiert, bevor dort ein Kanban-Signal eintrifft, agiert man bereits wie nach einer Push-Strategie.

### 3.4 Traditionelles Rechnungswesen

Bei traditionellen Verrechnungsmethoden für Produktkosten (z.B. flexible Plankostenrechnung) wird der Gesamtverhead des Unternehmens auf die Abteilungen verteilt. Der Overhead je Abteilung wird durch deren Produktionskapazität dividiert (Maschinenstunden oder Arbeitsstunden), und das Ergebnis, die Overhead Recovery Rate dem Produkt je nach Kapazitätsverbrauch zugeschlagen.<sup>58</sup> Traditionelle Rechnungssysteme ordnen somit indirekte Kosten basierend auf direkten Arbeits- oder Maschinenstunden zu, und nutzen ein Zuschlagsverhältnis, das für alle Produkte das gleiche ist. Sie verteilen den Overhead auf alle Produkte, egal ob Standardprodukt oder nicht. D.h. wenn Standardprodukte einen höheren Prozentsatz des Outputs der Fertigung darstellen als kundenindividuelle Produkte, tragen sie einen höheren Prozentsatz des Overhead. Wenn ein Auftrag zum Eilauftrag wird, bedingt dies die Umplanung anderer Aufträge. Durch Umplanung, Materialbewegungen, erhöhte Rüstzeiten, Zusatzschichten etc. steigen die Produktionskosten. Diese Zusatzkosten werden den Aufträgen zugeordnet, die umgeplant werden.

Die Leistungsmessung erfolgt oft ausschließlich mit finanziellen Bewertungsgrößen.<sup>59</sup> Traditionelle Prinzipien der Buchhaltung verlangen eine enge Korrelation zwischen den Berichten der Finanzbuchhaltung und jenen des internen Rechnungswesens. Somit wird letzteres durch die Messgrößen der Finanzbuchhaltung beeinflusst. Dies lässt keinen Platz für langfristige Fertigungsstrategien. Fonds üben Druck auf Unternehmen aus, um kurzzeitige Ergebnisse für Portfolios zu erwirtschaften, da ansonsten der Aktienkurs sinkt. Diese Zielsetzung wird im Unternehmen nach unten kommuniziert, und alle Leistungsgrößen werden darauf ausgerichtet. Mitarbeiter haben keinen Anreiz, langfristig wirksame Problemlösungen zu entwickeln, und Entscheidungen selbst auf strategischer Ebene werden mit finanziellen Messgrößen getroffen, deren Zielsetzung kurzfristige Erfolge sind.<sup>60</sup>

### 3.5 Kritik am traditionellen Paradigma

Das traditionelle Fertigungsparadigma wurde für andere Wettbewerbssituationen entwickelt als sie heute vorliegen. Früher war das Fertigungsumfeld kostengetrieben, mit hohem Absatzvolumen, geringer Marktvielfalt und geringem Wettbewerb. Das Taylor-Modell funktio-

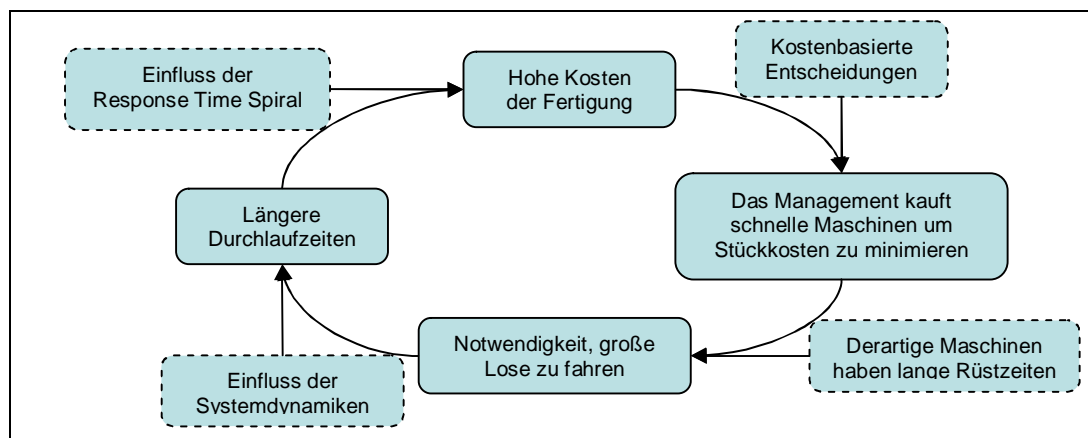
---

<sup>58</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 85.

<sup>59</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 232.

<sup>60</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 446f.

nirt nur in stabilen Umfeldern, und ist für dynamische Wettbewerbssituationen ungeeignet.<sup>61</sup> Es ist inflexibel und kann auf kurzzeitige Marktveränderungen nicht reagieren. Im heutigen Markt ist der Fokus auf Preise nicht mehr ausreichend, sondern muss um andere Faktoren wie Qualität, Produktvielfalt und Lieferfähigkeit erweitert werden.<sup>62</sup> Der Taylorismus nimmt an, dass Probleme in kleine Teile herunter gebrochen werden können, die dann isoliert betrachtet und gelöst werden, und dass die Optimierung der Komponenten zu einem Gesamtoptimum führt. Dies führt zu monodisziplinärem Denken. Die funktionale Organisation fördert einen seriellen Entwicklungsprozess.<sup>63</sup> Das System wird nach technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestaltet. Arbeitspraktiken werden anschließend um ein vorhandenes System entworfen. Veränderungen, die nach einer nachträglichen Bewertung des Systems nach ergonomischen Aspekten vorgeschlagen werden, werden aus Kostengründen oft ignoriert.<sup>64</sup> Nie wird hinterfragt, ob eine Technologie an sich in Bezug auf die Faktoren Mensch/Organisation geeignet ist.



**Abbildung 1: Response Time Spiral für schnelle Maschinen<sup>65</sup>**

Arbeitsteilung und -standardisierung führen zu einer Entfremdung des Personals von seinen Tätigkeiten und bewirken, dass das Personal keine Verantwortung übernehmen will. Die Mitarbeiterfluktuation steigt, was den Overhead in Form indirekter Arbeitskosten (für die Schulung neuer Mitarbeiter) erhöht. Auch Produktivität und Qualität werden negativ beeinflusst.<sup>66</sup> Die aus dem skalen- und kostenbasierten Denken resultierende funktionale Organisation (und die verwandte Emanzipationsstrategie) sind Ursache eines sehr schädlichen Phänomens des QRM, der Response Time Spiral. Eine mögliche Ausprägung der Response Time Spiral für die Nutzung schneller und schwerer Maschinen ist Abbildung 1 zu entnehmen. Aus der Nutzung schwerer Maschinen entstehen Eilaufträge, die zur Verspätung anderer Teile führen,

<sup>61</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 109.

<sup>62</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 12f.

<sup>63</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 120f.

<sup>64</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 211.

<sup>65</sup> Suri (1998), S. 432.

<sup>66</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 111ff.

und die Response Time Spiral verstärken.<sup>67</sup> Wichtige Nachteile einer funktionalen Organisation liegen u.A. in<sup>68</sup>

- langen Routen durch die Fabrik (auch im Officebereich)
- langen und indirekten Kommunikationswegen: Die funktionale Organisation erfordert eine vertikale Hierarchie, da hoch spezialisierte Arbeiter nicht das Wissen haben, um abteilungsübergreifende Probleme zu lösen.
- Effizienzkennzahlen, welche Mitarbeiter zu höherem Durchsatz motivieren: Die Qualität sinkt, Nacharbeit und Ausschuss steigen.
- großen Losgrößen: Die Maschinen, die in den Abteilungen verwandt werden, benötigen lange Rüstzeiten. Handling zwischen Abteilungen wird (aufgrund langer Wegzeiten) minimiert. Die Folge sind große Losgrößen und lange Durchlaufzeiten.
- steigenden Qualitätskosten: Tritt ein Mangel auf, ist der Schaden aufgrund großer Losgrößen beträchtlich. Weiters führt das große Los dazu, dass der Mangel erst lange nach seinem Auftreten bemerkt wird. Die Ursache kann dann nicht mehr festgestellt werden.
- einem Absatzrisiko bei großen Losgrößen (bzw. Mindestlosgrößen).

Die negativen Auswirkungen (z.B. auf Durchlaufzeiten in der Produktentwicklung) der funktionalen Abteilung sind auch der folgenden Abbildung zu entnehmen.

Funktionale Abteilung	Anreiz	Effekt
Design Engineering	Erstelle neue Designs, anstatt bereits entwickelte Teile zu suchen	„not invented here“ Syndrom. Verhindert den Gebrauch von Design for Manufacturing and Assembly <sup>69*</sup> . Zusätzlicher Aufwand für Process Planning, Tooling,...
Einkauf	Wähle die billigsten Lieferanten	Lieferant weit entfernt, erfordert große Bestelllose, ggf. mit schlechter Qualität. Verlängert Produktentwicklungszeiten.
Fertigung	Erhöhe Effizienz und Auslastung von Maschine und Mensch. Minimiere die Stückkosten	Lange Durchlaufzeiten. Geringe Fähigkeiten des Personals (geringe Qualität). Geringere Flexibilität, längere Lernkurve für neue Produkte
Marketing	Erstelle erfolgreiche Marketingcampagnen durch Überarbeitung von Produktspezifikationen oder die Einführung neuer Modelle	Spezifikationen sind ggf. schwer realisierbar. Bringt Chaos in Fertigung und Entwicklung.
Vertrieb	Akzeptiere alle Aufträge	Die Fertigung hat ggf. keine Kapazität. Eilaufträge, Störungsbehebung, und Kurzzeitlösungen.

**Tabelle 1: Anreize für Abteilungen durch kostenbasierte Strategien<sup>70</sup>**

\*DFMA wird nicht unterstützt, da es Zeit in Anspruch nimmt, und zu weniger Teilen führt, die entwickelt werden müssen. Das NIH-Syndrom entsteht, da Mitarbeiter des Design Engineering nicht gerne Teile verwenden, die nicht von ihrer Abteilung entwickelt wurden (für die sie nicht entlohnt wurden).

<sup>67</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 430f.

<sup>68</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 76ff.

<sup>69</sup> DFMA ist eine Kombination der Ansätze Design for Manufacturing und Design für Assembly. Design for Manufacturing fokussiert auf ausgewählte Materialien und Fertigungsprozesse, indem die Einfachheit der Herstellung als wesentliches Produktmerkmal angesehen wird. U.A. spielen dabei Modularisierung und Teileplattformen eine bedeutende Rolle. [Gunasekaran (2001), S. 190.] Design for Assembly strebt nach einer Montage mit geringerer Teilezahl, die einfach zu handhaben sind (für einfachere Teile sind u.A. Inspektion, Handhabung, und Montage leichter). [Suri (1998), S. 412.]

<sup>70</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 394.



Effizienzkennzahlen wie die genannte verursachen lange Durchlaufzeiten, da sie<sup>71</sup>

- Mitarbeiter dazu motivieren, große Lose zu fahren, Rüstzeiten zu minimieren, und so viele Teile wie möglich in einer Periode zu produzieren.
- Mitarbeiter, die anderen helfen um einen Job in Bewegung zu halten, bestrafen.
- eine Maximierung der Auslastung von Mitarbeitern und Maschinen fördern.
- nicht berücksichtigen, dass die Losgröße eines Produktes Einfluss auf die Lieferperformance anderer Produkte hat. Evtl. schaut der Produktionsplaner mehrere Perioden in die Zukunft, um alle Bedarfe für eine Komponente zu bündeln, und mit einem Setup zu fertigen. Dieses große Los besetzt eine Maschine für lange Zeit, und blockiert aktuelle Aufträge, deren gefordertes Fertigstellungsdatum viel früher liegt.

Studien belegen, dass Arbeitseffizienz keine adäquate Messzahl für Produktivität ist. Der statistische Zusammenhang ist oft nicht signifikant. Selbst eine negative Korrelation wurde festgestellt (die Effizienz steigt, während die Produktivität sinkt). In der funktionalen Organisation lösen Manager auftretende Probleme, was zu langen Kommunikationswegen führt. Lange Durchlaufzeiten führen zu einer großen Anzahl an Jobs, die sich gleichzeitig in der Pipeline befinden, und diese wiederum zu einer geringeren Arbeitsmoral, da sich die Mitarbeiter überfordert fühlen. Die Vorfertigung bei geringer Auftragslage führt dazu, dass Kapazität von einem später eintreffenden Kundenauftrag abgezogen wird, der dann evtl. Verspätung hat.

Ansätze wie die Discounted Cashflow Methode motivieren dazu, auf Projekte mit schnellen Renditen zu fokussieren. Sie beziehen sich auf Cash Flows, die direkt aus Investitionen resultieren. Techniken wie CIM bewirken jedoch auch immaterielle Verbesserungen, die nicht einfach bewertet werden können. Weiters generieren derartige Technologien in erster Linie Umsatz und strategische Vorteile, und nur sekundär Kostenreduktionen. Diese Elemente werden durch traditionelle Rechnungstechniken nicht erfolgreich erfasst.<sup>72</sup> Investitionsvorhaben werden mit ihrem Kostensenkungspotential gerechtfertigt, auch wenn bedeutende Wettbewerbsgrößen des heutigen Marktes eine höhere Flexibilität/Reaktionsfähigkeit sind. Durch traditionelle Verrechnungsmethoden für Produktkosten entsteht der Drang, die Produktionskapazität zu erhöhen, etwa durch schnelleres Arbeiten oder erhöhte Maschinenauslastung (da so die ORR sinkt). Dieses Denken verursacht lange Durchlaufzeiten.

Ein weiterer Mangel der genannten Verrechnung ist der Fokus auf direkte Arbeitskosten, die heute nur noch 5-15% der Gesamtkosten der Fertigung ausmachen, während Overhead für 40% der Gesamtkosten steht.<sup>73</sup> Die Zurechnung von Overhead auf Basis der verbrauchten Fertigungskapazität ist eine unangebrachte Vorgehensweise. Ein Beispiel hierfür sind Fabriken, wo sowohl hochautomatisierte als auch manuelle Anlagen vorhanden sind. Hoch auto-

---

<sup>71</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 191f.

<sup>72</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 76ff.

<sup>73</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 88.

matisierte Anlagen verursachen viel Overhead (Programmierung, Instandhaltung), der dann manuellen Anlagen überbelasten könnte, wenn auf Basis direkter Arbeit zugeschlagen wird.<sup>74</sup> Eine andere Art der Kostenverzerrung entsteht wenn Standardprodukte neben kundenspezifischen Produkten gefertigt werden. Die kundenspezifischen Produkte verursachen hier den hohen Overhead (Engineering, Rüstzeiten, Scheduling). Die Konsequenz derartiger Kostenverzerrungen ist ein zu hoher bzw. zu niedriger Marktpreis der Produkte.<sup>75</sup>

Die traditionelle Plankostenrechnung (Varianzanalyse) ist nicht dafür geeignet, Produktkosten genau zu messen, und um zeitgerechte Information für die operative Steuerung zu generieren. Z.B. würde, wenn der Planbeschäftigungsgrad in der Praxis übertroffen wird (in dem auf Lager gefertigt wird), die Beschäftigungsabweichung eine Kostenüberdeckung des Overhead und damit einen Gewinn anzeigen, auch wenn die Übermengen einfach auf Lager liegen. Traditionelle Rechnungsmethoden unterstützen die Ansicht, dass Menschen einen Kostenfaktor anstatt eines Vermögens darstellen. Durch NC-Technologie werden die Steuerungsmöglichkeiten der Mitarbeiter, und die Feedbacks, die sie von den Maschinen erhalten, eingeschränkt. NC-Maschinen bedingen eine zentrale Steuerung, welche für AM/QRM ungeeignet ist. Ein MRP-System kann lange Durchlaufzeiten verursachen. Es arbeitet unter der Annahme unendlicher Kapazitäten. Je Abteilung wird eine von der Grundlast unabhängig Durchlaufzeit hinterlegt. Deshalb nennt jede Abteilung eine Standarddurchlaufzeit, die stets eingehalten werden kann (Worst-Case-Zeiten).

Lange Standarddurchlaufzeiten nährt jedoch die Response Time Spiral (lange Planungshorizonte). Der WIP steigt, da viele Teile zu früh gefertigt werden. Ist eine Abteilung aufgrund hoher Auslastung in einer bestimmten Woche überbelastet, wird dies vom Capacity Requirements Planning (CRP) des MRP-Systems angezeigt. CRP-Berichte basieren jedoch selbst auf der Annahme fixer Durchlaufzeiten.<sup>76</sup> Folglich unterscheiden sich die Ankunft von Teilen und der Workload einer Abteilung oft von den Planwerten des MRP-Systems, was zu Fehlentscheidungen führt. Die Mitarbeiter verlieren das Vertrauen in das System, und warten, bis eine nachfolgende Abteilung einen konkreten Bedarf nennt, bevor reagiert wird. Last-minute-Lösungen sind die Folge, die zu Überstunden und Eilaufträgen führt. Die Verkettung von traditionellen Losgrößenpolitiken und der Infinite-Capacity-Assumption führt zu einem „nervösen“ System, etwa weil kleine Veränderungen in den Lieferterminen aufgrund minimaler Auftragslosgrößen zu großen Veränderungen in den Plänen einzelner Abteilungen führen.<sup>77</sup> Die Situation verschlechtert sich, wenn Vertriebsmitarbeiter aufgrund langer Standarddurchlauf-

---

<sup>74</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 89.

<sup>75</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 90f.

<sup>76</sup> Vgl.: Riezebos (o.J.), S. 13.

<sup>77</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 205 - 208.

zeiten Aufträge annehmen, deren Durchlaufzeit kürzer als die Standardzeit der Fertigung ist. Dies führt zu Eilaufträgen. Im traditionellen Unternehmen gibt es fundamentale Rollen: Stockholder besitzen das Unternehmen. Manager/Aufseher treffen Entscheidungen. Angestellte führen diese aus. Unproduktivität hat ihre Ursachen in dieser Teilung, wo jeder Bereich auf seine eigenen Ziele fokussiert ist.

### 3.6 Forderungen des heutigen Marktes

Economies of Scale werden zunehmend unbedeutend. Economies of Scope bzw. Economies of Speed<sup>78</sup> rücken in den Mittelpunkt. Der Begriff Economies of Scope beschreibt die Fähigkeit, Ressourcen schnell verschiedenen Zwecken zuzuordnen. Der Kreislauf der Economies of Scope ist Abbildung 2 zu entnehmen. Wettbewerbsvorteile werden generiert, indem u.A. dasselbe Equipment genutzt wird, um Produkte günstiger in Kombination als separat zu erzeugen. Viele Produkte werden an denselben Maschinen in kleineren Losen gefertigt, da durch organisatorische und technische Maßnahmen schnelles Umrüsten ermöglicht wird. Die Produktionskosten sind nicht mehr alleinige Kraft für Wettbewerbsfähigkeit. Die Bedeutung, Produktentwicklungszeiten und Fertigungsdurchlaufzeiten zu reduzieren, nimmt zu.<sup>79</sup> Durch die immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen müssen die Time to Market und die Produktentwicklungskosten reduziert werden. Designs dürfen weniger Änderungen in Anspruch nehmen, da ansonsten die Liquidität des Unternehmens gefährdet ist. Dies wird u.A. durch die Integration von Marketing und Produktion in die Entwicklungsprojekte erreicht.<sup>80</sup> Auch Risikoteilung (durch Unternehmenskooperationen) verleiht Abhilfe. Weiters bedeuten die kürzeren Zyklen einen geringeren Umsatz, womit das Unternehmen die Fähigkeit entwickeln muss, schnell auf Marktmöglichkeiten zu reagieren.

Die Wettbewerbsfähigkeit ist heute ein dynamischer Prozess. Die Änderungsrate muss stets zu jener der Konkurrenz in Verbindung stehen. Um einen Wettbewerbsvorsprung zu sichern, muss neben Innovation in kontinuierliche Verbesserung investiert werden. Eine Kultur kontinuierlicher Verbesserung beinhaltet die Implementierung einer lernenden Organisation. Mit den Economies of Scope spielt Flexibilität eine bedeutende Rolle. Sie ist teilweise ein Resultat moderner Technologien (Flexible Manufacturing), aber auch von Organisationsstrukturen und dem Einsatz von Menschen als wichtige Ressource.<sup>81</sup> Um das kontinuierliche Streben nach

---

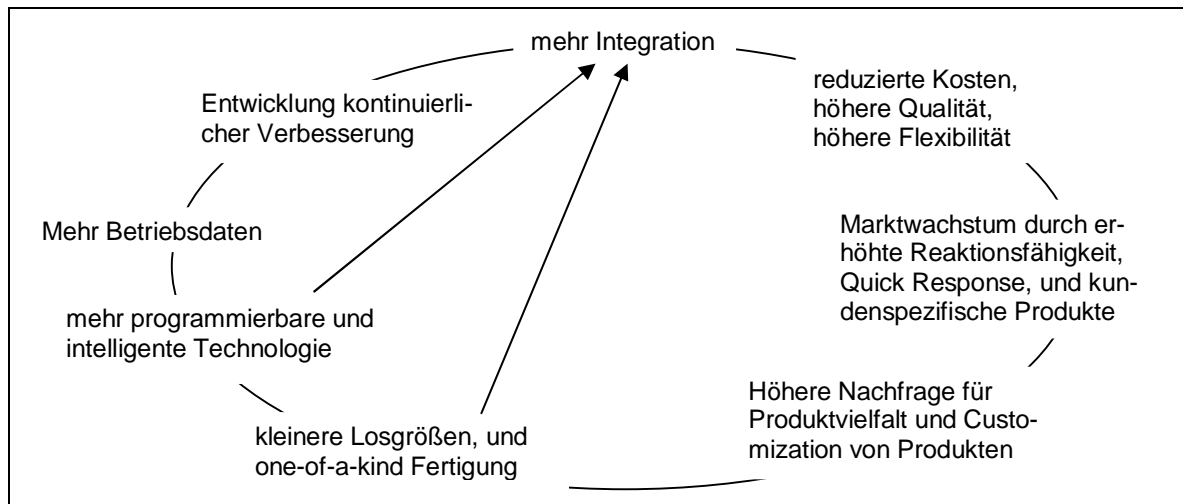
<sup>78</sup> Vorteile, die aus der Beschleunigung der Produktion resultieren, die nicht durch Maßnahmen wie Überstunden und schnelleres Arbeiten erreicht werden, sondern durch strukturelle Veränderungen der Fertigung. [Kleinschmidt (2007), S. 16]

<sup>79</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 66.

<sup>80</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 15ff.

<sup>81</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 19 - 22.

Innovation im Unternehmen zu unterstützen, muss ein Gedankengut geschaffen werden, das Experimentierfreudigkeit und permanentes Lernen unterstützt.<sup>82</sup>



**Abbildung 2: Economies of Scope<sup>83</sup>**

Finanzielle Investitionsmethoden müssen enger mit den strategischen Zielen des Unternehmens verknüpft und durch nichtmonetäre Methoden ergänzt werden müssen.<sup>84</sup> Investitionsentscheidungen können nicht mehr ausschließlich auf Basis der traditionellen Investitionskostenrechnung (z.B. Kapitalwertmethode) getroffen werden, da diese Methoden die strategischen und nicht-finanziellen Vorteile von Investitionen nicht erfassen.<sup>85</sup> Die Vorfertigung sollte vermieden werden, da falls z.B. ein neuer Kundenauftrag mit kurzer Durchlaufzeit eingeht, aber gerade nach langer Rüstzeit ein zukünftiges Los gestartet wurde, die Mitarbeiter sich sträuben werden, das Los abzurechnen. Ein anderer Grund sind Bestandskosten.<sup>86</sup> Das traditionelle Rechnungssystem fördert die Aufrechterhaltung veralteter Fertigungspraktiken, weshalb Veränderungen in der internen Kostenrechnung (Product Costing, Leistungsmessung, Investitionsrechnung) vorgenommen werden müssen, um eine Änderung bestehender Denkweisen zu bewirken.<sup>87</sup> Die Fertigung muss auf die immer häufigere Batch- und Jobbing Production eingestellt werden. Am Shopfloor sind CNC-Maschinen einzusetzen, die eine dezentrale Steuerung unterstützen.

Sinnvolle Losgrößen für ORM können nicht mit dem MRP-System errechnet werden, da dieses fixe Warteschlangenzeiten ungeachtet der Grundlast annimmt.<sup>88</sup> MRP ist hilfreich für eine Planung auf hohem Level, ist jedoch für die Betrachtung einzelner Arbeitstationen ungeeignet. Es sollte ergänzt werden, indem die Produktion in Fertigungszellen gegliedert wird, was

<sup>82</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 22.

<sup>83</sup> Kidd (1994), S. 16.

<sup>84</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 84.

<sup>85</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 75.

<sup>86</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 438f.

<sup>87</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 73.

<sup>88</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 19.

zu einer Komplexitätsreduktion für das MRP-System führt. Für denselben Zweck sollte eine neue Materialsteuerungsmethode eingeführt werden (eine Kombination aus Push und Pull Strategien).<sup>89</sup> Die aus Eilaufträgen entstehenden Zusatzkosten werden dem Auftrag zugeordnet, der die Ursache der Umplanungen war.<sup>90</sup>

## 4 Agile Manufacturing

### 4.1 Modelle des Agile Manufacturing

Um den Wandel zum agilen Unternehmen zu unterstützen wurden verschiedene Modelle entwickelt. Ihnen ist gemein, dass sie auf den vier Agilitätsdimensionen aufbauen.<sup>91</sup> Bereicherung des Kunden: Die Produkte des agilen Unternehmens werden durch den Kunden als Problemlösungen begriffen. Preise für Produkte und Serviceleistungen werden entsprechend ihrem Kundenwert festgelegt, und nicht wie es im jeweiligen Marktsegment üblich ist. Kooperation, um die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern: Um die Unternehmensziele zu erreichen, werden Ressourcen durch Kooperation mit anderen Unternehmensdivisionen, Lieferanten, und Konkurrenten erworben. Eine Unternehmensorganisation, die mit Veränderungen und Unsicherheiten umgehen kann: Die schnelle Rekonfiguration von humanen und physischen Ressourcen ist erforderlich, um Marktmöglichkeiten wahrzunehmen. Eine schnelle Entscheidungsfindung wird durch die dezentrale Bereitstellung von Entscheidungsautorität ermöglicht. Schätze menschliches Wissen und menschliche Fähigkeiten: Im agilen Unternehmen sind Menschen (ihre Fähigkeiten und ihr Wissen) und Information die Differenzierungsfaktoren. Die Sammlung/Verteilung von Information sowie Bildung, Motivation und die Art der Entlohnung des Personals sind bedeutend.

Ein anderer gemeinsamer Grundgedanke der Modelle ist die Integration von Mensch, Organisation und Technologie. Fertigungssysteme werden entsprechend der geplanten Organisation und der gewünschten Rolle der Mitarbeiter in dieser entwickelt.<sup>92</sup> Wettbewerbsgrundlagen des agilen Unternehmens sind kontinuierliche Veränderung, absoluter Kundenfokus, soziale Verantwortung, Qualitätsverbesserung und schnelle Reaktionsfähigkeit (Quick Response).<sup>93</sup> Ein Modell ist das sog. Agile Wheel. Es unterscheidet vier Agilitätsdimensionen: agile Strategie, agile Prozesse, agile Personen und agile Verflechtungen. „Agile Verflechtung“ beschreibt die Zusammenarbeit im Unternehmen und das Lernen von Kunden und Lieferanten. „Agile Personen“ steht für die Entwicklung einer flexiblen und kreativen Arbeiterschaft.<sup>94</sup> Diesen

---

<sup>89</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 20.

<sup>90</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 93.

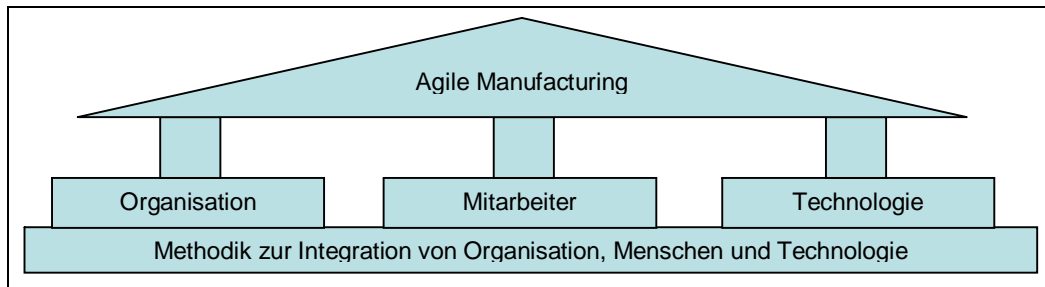
<sup>91</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 389ff.

<sup>92</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 39f.

<sup>93</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 79.

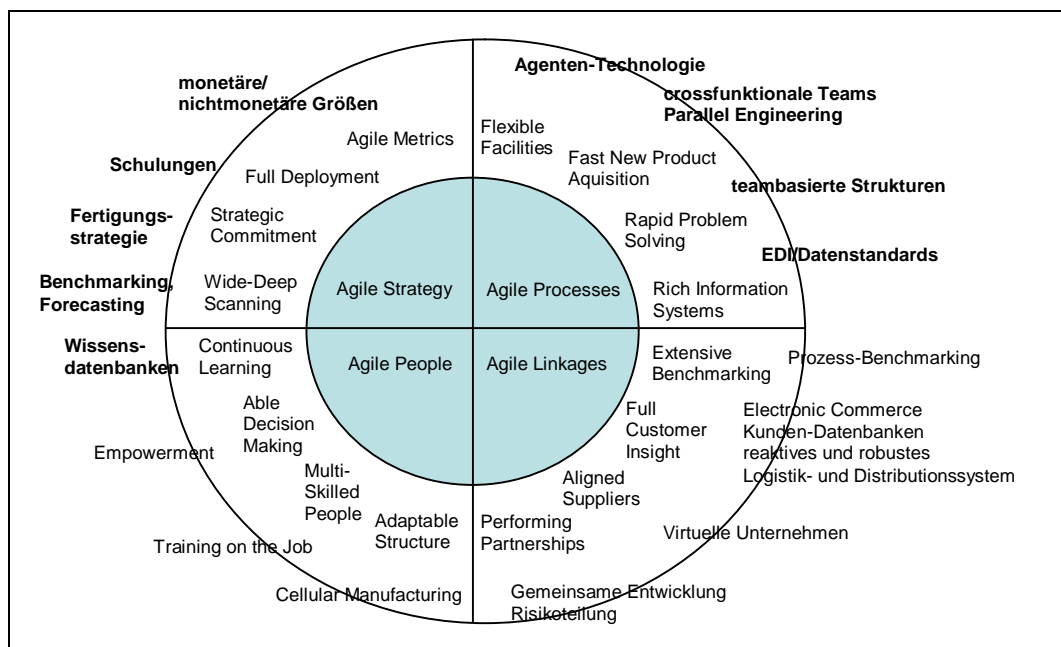
<sup>94</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 118.

Dimensionen können verschiedene Verhaltensroutinen zugeordnet werden. Ein agiles Unternehmen muss sich in allen Dimensionen entwickeln. Abhängig von der Unternehmensstrategie ist der Umfang der Ausprägung einzelner Modellbausteine.



**Abbildung 3: Struktur Agiler Unternehmen<sup>95</sup>**

„Wide-Deep Scanning“ steht für Markt- und Konkurrenzanalysen und ein Verständnis für technologische, soziale und politische Trends. „Strategic Commitment“ steht für einen strategischen Planungsprozess. „Strategic Deployment“ steht für die Kommunikation der Fertigungsstrategie im Unternehmen. „Agile Metrics“ steht für die Messung nichtmonetärer, agilitätsrelevanter Größen (z.B. Durchlaufzeiten). „Flexible Facilities“ steht für Techniken, die eine schnelle und häufige Rekonfiguration der Fertigung erlauben. „Fast New Product Aquisition“ steht für die Erweiterung des Produktprogramms durch strategisch wertvolle Konkurrenzprodukte und eine schnelle Produktentwicklung. „Rapid Problem Solving“ steht für die Institutionalisierung von Problemfindungs- und Problemlösungsprozessen. „Rich Information Systems“ steht für die Unterstützung dezentraler Entscheidungen durch Informationssysteme.



**Abbildung 4: Referenzmodell "Agile Wheel"**

<sup>95</sup> Kidd (1994), S. 11.

„Extensive Benchmarking“ steht für Benchmarking (nach Durchlaufzeiten, Flexibilität) um Partner für Kooperationen auszuwählen. „Full Customer Insight“ ist ein Überbegriff für Methoden, die die Kundennähe zu erhöhen. „Aligned Suppliers“ bezeichnet die intensive Kooperation mit ausgewählten Lieferanten. „Performing Partnerships“ beschreibt den Aufbau unternehmensübergreifender Verbindungen zur Ressourcenteilung, Risikoteilung, und dem Zugang zu neuen Technologien und Märkten. „Multi-skilled People“ steht für die breite Schulung des Personals. „Able Decision Making“ steht für dezentrale Entscheidungskompetenzen. „Continuous Learning“ beschreibt, dass mit der wachsenden Bedeutung von Wissen als Unternehmensressource der Lernprozess zum Kernprozess wird.<sup>96</sup> Wie Abbildung 4 zu entnehmen, können dem Referenzmodell in der Literatur genannte Enabler zugeordnet werden. Technologische Aspekte beziehen sich auf den zweiten Sektor, während organisatorische Konzepte verschiedene Sektoren betreffen.<sup>97</sup> In der Literatur werden zahlreiche Enabler genannt, die miteinander integriert werden, und nicht als Insellösungen betrachtet werden dürfen.<sup>98</sup> Einige Enabler sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Enabler	Funktionen und Ziele	Mittel zur Erreichung
Virtuelle Unternehmen	Vereinfachung der Rekonfiguration der Organisation, da ein einzelnes Unternehmen nicht die Ressourcen hat, um schnell auf Änderungen der Produktnachfrage zu reagieren.	* Ein virtuelles Design, virtuelle Fertigung, und virtuelle Montage durch die Erweiterung bestehender CAD/CAM-Systeme.
Physisch verteilte Teams	Zur Reduktion der time-to-market	* E-mail, Netzwerke * Video Konferenzen
Rapid Partnerships	Zur Nutzung neuer Technologien, Märkten, Ressourcen und Kernkompetenzen.	* Benchmarking, * Electronic Data Interchange
Concurrent Engineering <sup>99</sup>	Zur Elimination von Verschwendung	* Fehler-Möglichkeiten-Einfluss-Analyse * Finite Elemente Analyse
Rapid Prototyping <sup>100</sup>	Zur Reduktion der Produktentwicklungszeit	* CAD, Rapid Prototyping
Electronic Commerce <sup>101</sup>	Zur Reduktion von Durchlaufzeiten, Lieferzeit, und time-to-market	* Internet, EDI

**Tabelle 2: Enabler des Agile Manufacturing<sup>102</sup>**

<sup>96</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 120 - 124.

<sup>97</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 125.

<sup>98</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 35; Goranson (1999), S. 109ff.

<sup>99</sup> Concurrent Engineering ist eine Produktentwicklungsstrategie, die sich durch die Integration von Design- und Fertigungsaktivitäten und eine maximale Parallelisierung von Arbeitspraktiken auszeichnet. [Gunasekaran (2001), S. 42.] Alle Elemente des Produktlebenszyklus von Konzeption bis Entsorgung werden bezüglich Qualität, Kosten und Benutzeranforderungen analysiert und bei der Produktentwicklung berücksichtigt. [Gunasekaran (2001), S. 180f.]

<sup>100</sup> Es existieren verschiedene Formen des Rapid Prototyping, die den Produktentstehungsprozess beschleunigen, und somit die Time-to-Market verkürzen [Gunasekaran (2001), S. 44.]

<sup>101</sup> E-Commerce ist die Fähigkeit Transaktionen, die den Austausch von Gütern oder Serviceleistungen zwischen zwei Parteien oder mehreren umfassen, mithilfe der Nutzung elektronischer Werkzeuge und Techniken durchzuführen. [Gunasekaran (2001), S. 339.]

<sup>102</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 519.

Goldman beschreibt ein Rahmenwerk für AM, das ähnlich aufgebaut ist wie das Agile Wheel. Auch diesem Modell werden zahlreiche Enabler zugeordnet. Die Strukturierung ist etwas unterschiedlich. Z.B. werden organisatorischen Maßnahmen isoliert betrachtet. Die gezeigten vier Gestaltungsstrategien sind erneut zu integrieren.

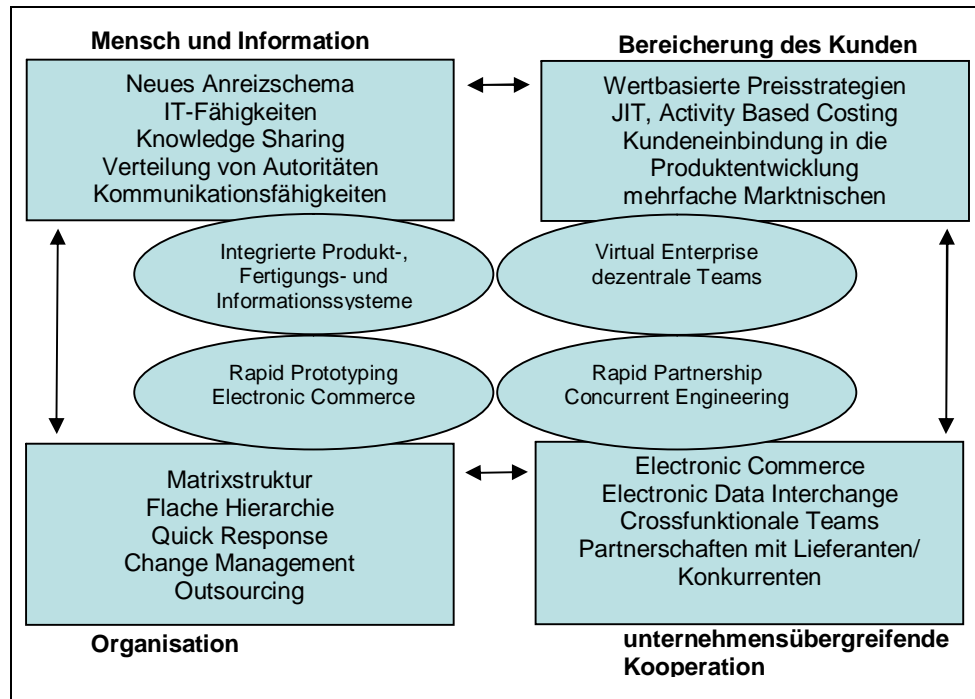


Abbildung 5: Rahmenwerk für die Entwicklung agiler Systeme<sup>103</sup>

Das Modell enthält Voraussetzungen zur Realisierung der vier Gestaltungsstrategien und Enabler um die Integration dieser zu unterstützen. Ohne eine Fertigungsstrategie, geeignete Technologien, eine flexible Organisation, und breit geschultes Personal, zusammengefasst unter dem Akronym S.T.O.P (Strategie, Technologie, Organisation, Menschen) ist Agilität nicht möglich. Der Schlüssel zu Agilität ist, diese vier Elemente zu vereinigen.<sup>104</sup> Ein weiteres Rahmenwerk für AM nennt fünf Wettbewerbsgrundlagen des agilen Unternehmens: kontinuierliche Veränderung, Rapid Response, Qualitätsverbesserungen, sozialer Verantwortung und totaler Kundenfokus.<sup>105</sup> Die Wettbewerbsgrundlagen werden durch Kernkonzepte konkretisiert: Die Entwicklung einer Agilitätsstrategie, die Integration von Organisation, Mensch, und Technologie, und interdisziplinäre Designmethodiken, um diese Integration zu unterstützen. Dem agilen Unternehmen werden Eigenschaften zugeordnet, etwa den Einsatz von Gruppen anstatt Abteilungen für Shopfloor und Büro. Die Teambildung wird durch Bereitstellung von

<sup>103</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 46; S. 518; S. 688.

<sup>104</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 45 - 48.

<sup>105</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 23f.



Unterstützungsstrukturen (Ressourcen, Leistungsmessung) unterstützt. Um Märkte schnell zu erschließen, werden Langzeitkooperationen geschlossen.<sup>106</sup>

Ein flexibles Kooperationsmodell ist die virtuelle Organisation, eine Allianz autonomer Fertigungseinheiten (Fabriken, Unternehmen) für eine bestimmte Zeitspanne, um auf eine gegebene Marktmöglichkeit zu reagieren. Jedes Unternehmen bringt seine Kernkompetenzen in die Kooperation ein. Letztere besitzt im Allgemeinen keine Ressourcen oder eigene Geschäftsprozesse (evtl. ein kleines Büro das Kundenaufträge, Bestellungen, Rechnungen etc. bearbeitet), und wird vom Kunden als ein Unternehmen wahrgenommen.<sup>107</sup> Durch die Kooperation können beide Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern, auf die Infrastruktur, Anlagen und Entwicklungskompetenz des Partners zugreifen, Risiko und Kosten teilen, die Concept-to-Cash-Time senken, auf neue Märkte zugreifen, und leichter umfassende Problemlösungen anbieten.<sup>108</sup> Die virtuelle Kooperation wird hauptsächlich durch Computernetzwerke unterstützt.<sup>109</sup> Die Reaktionszeit spielt im agilen Unternehmen eine bedeutende Rolle.<sup>110</sup> Aktivitäten werden stets parallel durchgeführt. Qualität wird durch die Mitarbeiter am Shopfloor realisiert.<sup>111</sup> Die hierarchische Organisation wird durch eine Netzwerkorganisation verdrängt.<sup>112</sup> Einige Schichten des mittleren Managements müssen hierzu abgebaut werden.

## 4.2 Integration im Agile Manufacturing

Datenstandards und Automation sind wichtige Elemente von Computer Integrated Manufacturing. Die Vernetzung von Computern und Software alleine kann jedoch keine Unternehmensintegration bewirken. Integration bildet die Basis des agilen Unternehmens. Betroffen sind die Integration von Menschen, die Mensch-Computer Integration, und die technologische Integration. Um die Integration von Menschen zu bewirken, müssen sie in Teams zusammenarbeiten.<sup>113</sup> Die Integration von Mensch und Organisation in das Design von Produkten und Fertigungssystemen (z.B. Automatisierungsentscheidungen) beschränkt sich nicht auf Ergonomiebetrachtungen (das Mensch-Computer-Interface).<sup>114</sup> Wird z.B. eine Computer-Aided-Technologie entwickelt, werden alle Integrationsebenen berücksichtigt. Werden Computersysteme gestaltet, müssen sie in eine Architektur eingebettet werden, die aus dem Netzwerk von Teams (intern und extern), der Struktur der Teams, den Wechselwirkungen zwischen Teams und der Kommunikation und Integration zwischen unterstützenden Soft-

---

<sup>106</sup> Lt. Prahalad und Hamel unterstützen Kernkompetenzen den Zugang zu einer Vielzahl an Märkten, bieten erhöhten Kundennutzen der durch den Kunden deutlich wahrgenommen wird, und sind schwer zu imitieren. [Kidd (1994), S. 29.]

<sup>107</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 2; Goranson (1999), S. 65.

<sup>108</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 402.

<sup>109</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 690.

<sup>110</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 152f.

<sup>111</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 12.

<sup>112</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 27.

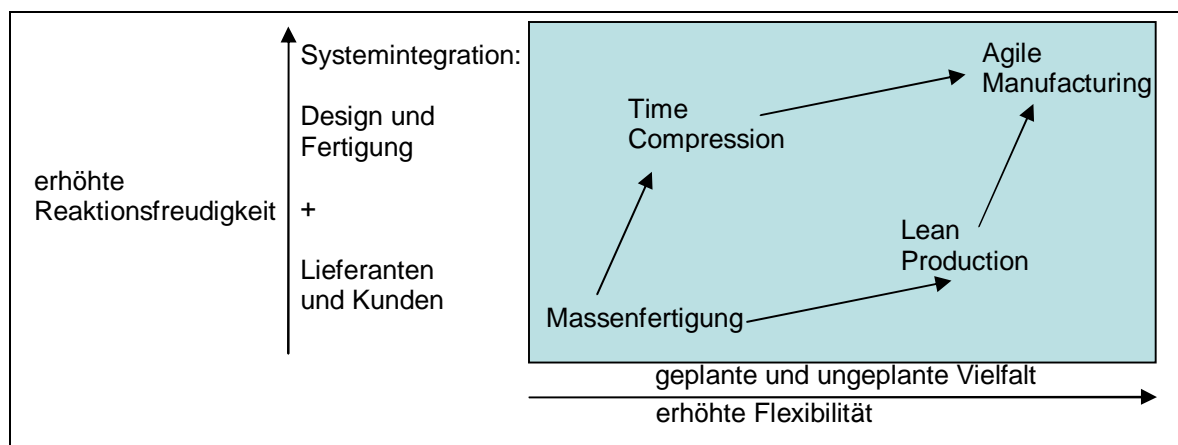
<sup>113</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 41 - 43.

<sup>114</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 122f.

waremodulen besteht. Die Nutzung von leistungsfähigem Personal macht es unnötig, komplexe Aufgaben in einfache Tätigkeiten zu zerlegen.

### 4.3 Anforderungen für die Systementwicklung

Aus strategischer Sicht kann der Weg zum agilen Unternehmen unterschiedlich aussehen. Eine Option ist, durch Prozessintegration (z.B. zwischen Auftragseingang und Fertigung) eine Verkürzung der Durchlaufzeiten zu erzielen (Teil des QRM). Ein anderer Ansatz ist, den Umgang mit geplanter bzw. nicht geplanter Vielfalt zu verbessern. Komplexitätskosten werden durch Veränderungen in Produktdesigns und dem Produktionsprozess reduziert.<sup>115</sup>



**Abbildung 6: Weg zum Agile Manufacturing<sup>116</sup>**

Für die Entwicklung eines agilen Unternehmens werden agile Entwicklungsprozesse benötigt. Die Gestaltung von Systemen (Fertigungssystemen, Computersystemen) ist eine crossfunktionale Aufgabe. Designprobleme haben bestimmte Eigenschaften. Sie sind selten umfassend beschreibbar und auf verschiedene Weisen strukturierbar. Sie sind Gegenstand subjektiver Bewertungen und werden in der Regel hierarchisch organisiert. Viele Problemaspekte treten erst auf, wenn versucht wurde, Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Unsicherheiten bestehen über Ziele und Prioritäten. Viele Randbedingungen sind anfangs nicht bekannt und werden es erst, wenn sie verletzt werden. Eine Optimallösung kann für ein Designproblem nicht vorliegen, da in der Regel konfliktäre Ziele vorliegen.<sup>117</sup> Systemkonzepte stellen eine theoretische Grundlage für AM dar. Systems Engineering (Aufspaltung eines Systems in Subsysteme) kann nur für Probleme eingesetzt werden, wo Ziele zu Projektbeginn klar definiert werden können.<sup>118</sup> Für die Gestaltung sozio-technischer Systeme (Fertigungssysteme) ist dieser Ansatz ungeeignet, da er auf das physische Subsystem (Teil des Fertigungssystems) fokussiert,

<sup>115</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 30.

<sup>116</sup> Gunasekaran (2001), S. 30.

<sup>117</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 166ff.

<sup>118</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 138f.

und soziale Prozesse als außerhalb der Systemgrenzen betrachtet.<sup>119</sup> Ignoriert wird, dass ein Subsystem die Anderen (organisatorisches/psychologisches Subsystem) beeinflusst. Die dynamischen Wechselwirkungen zwischen den Subsystemen müssen jedoch im Auge behalten werden, während diese einzeln betrachtet werden.<sup>120</sup>

Die verwandte Technologie beeinflusst etwa die Organisation und kann diesbezügliche Freiheitsgrade deutlich einschränken. Die Systemanalyse im AM erfolgt auf hoher Ebene, um die Wechselwirkungen der Subsysteme zu studieren. Nur so kann der Komplexität der Designaufgabe entsprochen werden. Dies gilt insbesondere für Fertigungssysteme. Eine zentrale Eigenschaft von offenen Systemen ist die Äquifinalität, die besagt, dass ein Endzustand durch unterschiedliche Anfangsbedingungen und Schritte erreicht werden kann. Somit bestehen Freiheiten hinsichtlich Technologie und Organisation bei der Entwicklung agiler Fertigungssysteme.<sup>121</sup> Ashby's Law legt fest, dass die Vielfalt möglicher Verhaltensweisen eines Systems zumindest so groß sein muss wie die Umfeldvielfalt, gegen die sich das System zu regulieren versucht. Dieses Gesetz hat Implikationen für heutige Fertigungssysteme, die auf eine erhöhte Umfeldvielfalt reagieren müssen. AM betont die Bedeutung der Morphogenic Changes, einem Begriff aus der Theory of Change. Es sind dies fundamentale Veränderungen von Methoden und Prinzipien, anstatt ausschließlicher Korrekturen vorhandener Denkweisen, Techniken und Methoden.

Veränderung muss im dynamischen Markt ein kontinuierlicher Prozess sein, da in einem turbulenten Umfeld nicht feststeht, wie der zukünftige Optimalzustand aussehen soll.<sup>122</sup> Daraus resultiert die Bedeutung flexibler Technologien, anpassungsfähiger Menschen und evolutionärer Konzepte (iterativer Entwicklungsparadigmen).<sup>123</sup> Da eine genaue Spezifikation des Ausgangsproblems nicht möglich ist, und während der Entwicklung von Fertigungssystemen zahlreiche Risiken auftreten, sind Structured Analysis und lineare Designmodelle (z.B. Wasserfallmodell) für AM ungeeignet. Um die Integration von Mensch, Technologie und Organisation zu erreichen, muss eine interdisziplinäre Designmethodik für die Erstellung von Fertigungsunternehmen und Computersystemen erarbeitet werden, die alle Subsysteme simultan betrachtet (Concurrent Engineering) und bei der Formulierung einer Geschäftsstrategie berücksichtigt.<sup>124</sup> Weitere Designprinzipien leiten sich aus den genannten Eigenschaften agiler Unternehmen ab: Die Aufgaben/Rollen der Mitarbeiter werden vorgeschrieben, nicht aber die Art der Aufgabenerfüllung, um die Flexibilität der Gruppenstrukturen zu erhöhen. Organisato-

---

<sup>119</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 139f.

<sup>120</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 163.

<sup>121</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 143; 146.

<sup>122</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 68f.

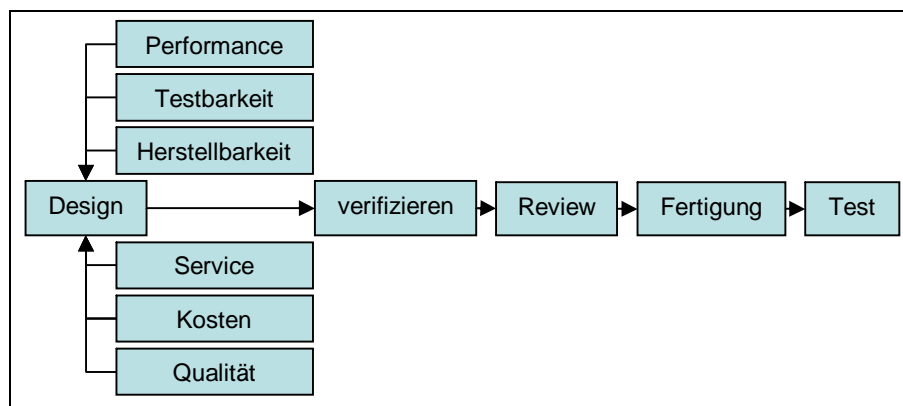
<sup>123</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 150.

<sup>124</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 46; 48f.

rische Grenzen werden so gezogen (Ausrichtung auf Marktsegmente, Bildung von Gruppen), dass sie um komplette Informations- und Materialflüsse herumlaufen.<sup>125</sup> Dezentrale Informationsflüsse und Empowerment ermöglichen, Entscheidungen dort zu treffen, wo sie umgesetzt werden. Systeme der Leistungsmessung und Entlohnung werden für die Organisation in Teams umgestaltet. Die Bedeutung des Entwicklungsteams für Agilitätsprojekte ist hoch, da die Teammitglieder Vorbildwirkung für das restliche Unternehmen haben, und somit die neuen Werte und Gedanken von AM verkörpern müssen.<sup>126</sup> Die National Academy of Engineering hat Grundlagen für World Class Manufacturing Systems festgehalten, die für AM geeignet sind. Etwa wird betont, dass nur das Management wesentliche Änderungen in der Entwicklung zum agilen Unternehmen vorantreiben kann. Die Bedeutung von Experimenten und kontinuierlichem Lernen wird unterstrichen.

## 4.4 Entwicklungsprozess

Neben Trade-offs von Kosten und technischen Optionen werden in der Entwicklung Trade-offs zwischen Benutzerakzeptanz, erforderlichen Benutzerfähigkeiten, Organisationsstruktur und Jobdesign durchgeführt, um mögliche technische Konzepte zu bewerten.<sup>127</sup>



**Abbildung 7: Concurrent Engineering für die Produktentwicklung<sup>128</sup>**

Die Forschung nach Designprozessen wurde in der Regel innerhalb bestimmter Disziplinen (Software, Technik/Organisation) durchgeführt, ohne die Wechselwirkungen der Disziplinen zu berücksichtigen.<sup>129</sup> Für die Gestaltung agiler Fertigungs- und Computersysteme werden wie erwähnt inkrementelle Vorgehensmodelle<sup>130</sup> verwendet. Sie stammen aus dem Software Engineering und können für AM-Unternehmen angepasst werden.<sup>131</sup> Die inkrementelle Vorgehensweise ermöglicht es, einen kleinen Entwicklungsschritt durchzuführen, dessen Auswir-

<sup>125</sup> Vgl.: Goranson (1999), S. 222.

<sup>126</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 154 - 159.

<sup>127</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 214 - 217.

<sup>128</sup> Kidd (1994), S. 61.

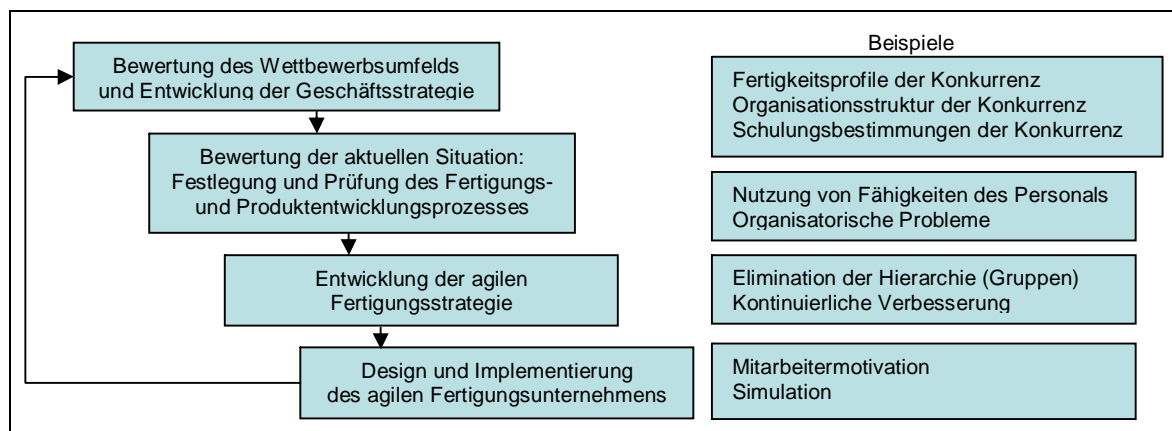
<sup>129</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 165f.

<sup>130</sup> Der Begriff Vorgehensmodell bezeichnet jene Ergebnisse, die aus der Beschreibung von systematischen Vorgehensweisen zur Entwicklung von Softwareanwendungen resultieren. [Bunse/ von Knethen (2002), S. 1.]

<sup>131</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 174.

kungen zu verfolgen, und darauf zu reagieren, was Experimente und kontinuierliches Lernen unterstützt. Konkret wird für AM ein Spiralmodell vorgeschlagen. Dieses Modell ist risikogetrieben, weshalb risikobehaftete Systemelemente schnell (und mit relativ geringen Kosten) voranzutreiben werden, wenn Änderungskosten noch gering sind. Der Entwicklungsprozess wird durch risikoreduzierende Techniken wie Prototyping, Simulation und Benutzereinbindung unterstützt.<sup>132</sup>

Das Spiralenmodell genügt der Tatsache, dass in komplexen Entwicklungsprojekten Problemfindung und Lösung verkettete parallele Aktivitäten sind. Die Problemdefinition wird klar, wenn Lösungen erarbeitet werden. Es werden früh erste Ergebnisse produziert, die mit dem Kunden besprochen werden.<sup>133</sup> Das Spiralenmodell ist für Software Engineering ausreichend, muss jedoch für AM angepasst werden, da sich die Gestaltung von Fertigungssystemen deutlich von jener von Software unterscheidet. Hierzu wird von einem markt- und strategiegetriebenen Gestaltungsprozess für agile Unternehmen ausgegangen.



**Abbildung 8: Entwicklungsprozess agiler Unternehmen<sup>134</sup>**

Aspekte von Organisation und Mensch durchziehen beide Prozessphasen (Audit und Strategieentwicklung bzw. Design und Implementierung), wobei während der zweiten Phase einzelne Entwicklungsprojekte identifiziert und umgesetzt werden.<sup>135</sup> Wird ein agiles Unternehmen entwickelt, wird in der Regel in neues Equipment/Software investiert. Da diese Investitionen teuer sind, und diesbezügliche Entscheidungen nicht rückgängig gemacht werden können, muss das Spiralenmodell derartige Einschränkungen berücksichtigen. Die Annahme des gezeigten linearen Modells ist, dass eine Stufe abgeschlossen werden kann, bevor die nächste beginnt. Sinnvoller ist für komplexe Entwicklungsprojekte, die gezeigten vier Stufen als parallele Aktivitäten zu betrachten. Für die Gestaltung von Unternehmen müssen die Ach-

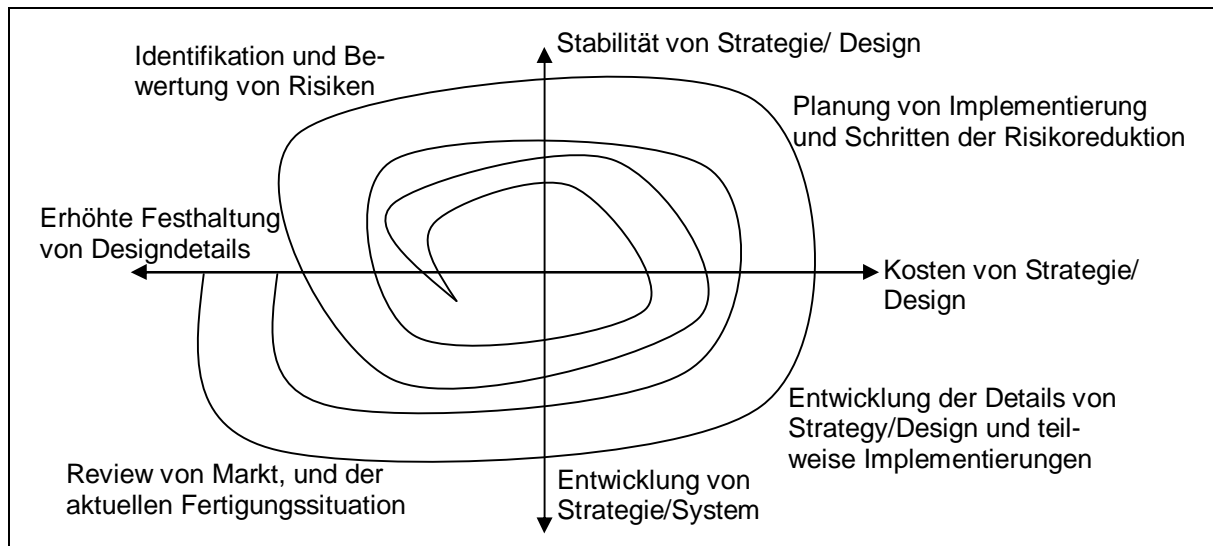
<sup>132</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 49.

<sup>133</sup> Vgl.: Wieczorrek/ Mertens (2005), S. 63.

<sup>134</sup> Kidd (1994), S. 184.

<sup>135</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 183ff.

sen des Spiralmodells neu beschriftet werden, da nun Systeme und Strategien behandelt werden. Das Ergebnis ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.



**Abbildung 9: AM-Entwicklungsmodell<sup>136</sup>**

Der Spiraldurchlauf startet mit der Identifikation von Geschäftszielen, Möglichkeiten, Bedrohungen, der Feststellung der Performance der Wettbewerber etc. Die identifizierten Möglichkeiten werden auf ihre Risiken überprüft, und daraus erste Geschäftsstrategien abgeleitet. Anschließend wird die aktuelle Unternehmenssituation analysiert. Stärken, Schwächen, und Unternehmensrisiken werden festgehalten. Diese Ergebnisse werden den möglichen Geschäftsstrategien gegenübergestellt, um daraus Zielanforderungen für agile Fertigungsstrategien abzuleiten.<sup>137</sup> Die Fertigungsstrategie soll es ermöglichen, Änderungspläne zu erarbeiten, die zu einem Unternehmen führen, das<sup>138</sup>

- eine bessere Auslastung von teurem Kapital ermöglicht
- zu hoher Produktivität/Produktqualität führt
- unternehmensweite Innovation und kontinuierliche Verbesserung unterstützt
- flexibel mit einer Vielzahl an Losgrößen und auch one-of-a-kind-Fertigung umgehen kann
- Lieferanten in die Produktentwicklung und den Fertigungsprozess einbindet
- operativen Kosten senkt, z.B. Bestände, Nacharbeit, Ausschuss, und Downtimes
- indirekte Arbeit und andere Overheadkosten reduziert

Von ersten Geschäftsstrategieentwürfen wird schnell zu ersten, groben Planungs-, Design- und Implementierungsschritten des Fertigungssystems übergeleitet, um Informationen über mögliche Designrisiken zu erhalten. Erst werden die Randbedingungen möglicher Ansätze zur Zielerreichung definiert, und dann Lösungsmöglichkeiten erarbeitet und bewertet. Bei den Lösungsvorschlägen kann es sich z.B. um Datenflussdiagramme oder Simulationen von Fab-

<sup>136</sup> Kidd (1994), S. 186.

<sup>137</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 185.

<sup>138</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 38.

riklayouts, Organisationsstrukturen etc. handeln.<sup>139</sup> Anschließend werden Informationen über die Lösungsansätze gesammelt. Hierzu muss die Dauer der Betrachtungsperiode festgelegt werden (z.B. Lebensdauer der Anlage oder der von der Anlage gefertigten Produkte). Anschließend werden Bewertungsgrößen definiert (z.B. Kapitalwert), um die Investitionsrisiken der Lösungsvorschläge abschätzen zu können. Im nächsten Schritt werden die verschiedenen Optionen analysiert und verglichen. Grobe finanzielle Schätzungen werden erhalten, indem vergleichbare Unternehmen analysiert werden, welche die angestrebten Veränderungen umgesetzt haben. Die Analyse mit finanziellen Kriterien (Kosten, Rentabilität) wird durch Werkzeuge wie Portfoliotechnik/Nutzwertanalyse ergänzt, da die Bewertung auch auf nichtfinanziellen Kriterien (Durchlaufzeit, Mensch und Organisation) basiert.<sup>140</sup>

Auf der Informationsbasis von Risiken, finanziellen und nichtfinanziellen Aspekten werden anschließend manche Strategievorschläge verworfen, und der Zyklus erneut durchlaufen bis eine Geschäftsstrategie feststeht. Dann werden Zyklen durchgeführt, die sich mit der Entwicklung einer Fertigungsstrategie beschäftigen. Wurde eine Fertigungsstrategie ausgewählt, wird auf genauere Design- und Implementierungsaufgaben fokussiert: Entwicklungsprojekte werden identifiziert, um die erarbeiteten Strategien umzusetzen. Neue Risiken treten in der Designphase auf, die nach Priorität getrennt und bearbeitet werden. Sensitivitätsanalysen können durchgeführt werden, um festzustellen, welche Faktoren wie weit variieren könnten, bevor ein Projekt unakzeptierbar wird (negativer Kapitalwert). Für sensible Faktoren sind ggf. neue Lösungen zu finden. Für Investitionen in Maschinen können die aktuellen Maschinenleistungen den Angaben des Herstellers gegenübergestellt werden, um daraus finanziell messbare Größen wie Lagerbestandsveränderungen abzuleiten.<sup>141</sup> Fallweise muss zu der Geschäftsstrategie zurückgekehrt und eine neue Strategie ausgesucht werden.<sup>142</sup>

Das Projektcontrolling erfolgt nicht, indem gemessen wird zu welchem Prozentsatz eine Phase abgeschlossen ist, sondern ob geplante Ergebnisse wie Datenflussmodelle oder Prototypen zum Meilenstein festgestellt wurden.<sup>143</sup> Nach der Implementierung einer Lösung wird das Ergebnis betrachtet, um Veränderungen im Entwicklungsprozess vorzunehmen bzw. um die Fertigungsstrategie zu aktualisieren.<sup>144</sup> Damit der System-Entwicklungsprozess einem offenen System entspricht, werden für die Bewertung von Projekterfolgen Messgrößen eingeführt, die sich auf die Implementierungserfolge und -prozesse des Wettbewerbs bezie-

---

<sup>139</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 186f.

<sup>140</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 358.

<sup>141</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 257f.

<sup>142</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 187.

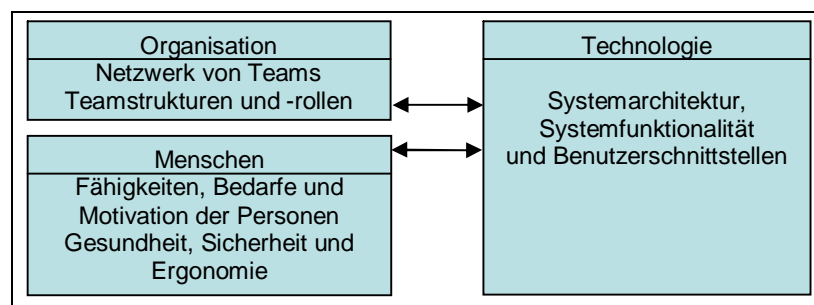
<sup>143</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 180ff.

<sup>144</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 248 - 251.

hen.<sup>145</sup> Für die Produktentwicklung müssen Methoden (Quality Function Deployment, Rapid Prototyping) verwandt werden, um eine systematische Analyse von Entwicklungsideen zu ermöglichen.<sup>146</sup>

## 4.5 Interdisziplinäres Design

Interdisziplinäres Design wird durch die hohe Komplexität der Designaufgabe bedingt. Es bezieht sich auf die Bereiche zwischen Disziplinen, und ist von monodisziplinärem und multidisziplinärem Design zu unterscheiden. Die Personen, die am Entwicklungsprozess teilnehmen, müssen in sich Wissen aus verschiedenen Bereichen vereinen, um die Zusammenhänge zwischen Disziplinen und relevante Trade-offs zu verstehen.<sup>147</sup> Obwohl die Bedeutung von interdisziplinärem Design für AM betont wird, steht kein theoretisches Rahmenwerk dafür zur Verfügung. Als Basis für die Erstellung eines solchen wurden einige Einflüsse psychologischer und organisatorischer Aspekte auf die Technologiegestaltung dokumentiert. In konventionellen Unternehmen beschränkt sich dieser Einfluss auf Technologie (Architektur, Funktion und Computer-Mensch-Schnittstelle) auf die Punkte Sicherheit, Gesundheit und Ergonomie. In AM wirkt sich die Organisation vor Allem auf die Architektur von Computersystemen, d.h. die Verteilung von Computern, die Erstellung von Netzwerken, die Integration von Datenbanken etc. aus. Der Faktor Mensch beeinflusst hauptsächlich die Interfaces und die genaue Gestaltung der Software (Algorithmen).<sup>148</sup>



**Abbildung 10: Rahmenwerk für interdisziplinäres Design**

Für die interdisziplinäre Entwicklung von Computersystemen können Designprinzipien genannt werden. Etwa sollten sich neue Systeme auf vorhandene Mitarbeiterfähigkeiten beziehen. Dies liefert den Mitarbeitern einen bekannten Ausgangspunkt, und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass neue Technologien akzeptiert werden.<sup>149</sup> Eine Trennung von Planung und Durchführung (gemäß dem Taylor-Modell) wirft Probleme auf. Programmiert ein Experte in einer zentralen Abteilung z.B. die Fertigungsprogramme für NC-Maschinen, hat er nicht die

<sup>145</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 192f.

<sup>146</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 33.

<sup>147</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 194f.

<sup>148</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 225 - 229.

<sup>149</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 288.



Rückmeldungen vom direkten Umgang mit den Maschinen, um diese effizient zu entwickeln. Zudem gerät der Betreiber der Maschine so in eine passive Rolle, kann sein Wissen bzw. seine Fähigkeiten nicht weiterentwickeln und nur reaktiv auf Fehlverhalten der Maschine reagieren, da er die Programme nicht kennt. Planung und Durchführung überlappen, weshalb ein Mensch Wissen aus beiden Bereichen benötigt, um effizient entwickeln zu können.

## 4.6 Entwicklung fähigkeits- und wissenserweiternder Systeme

Fähigkeits- und wissenserweiternde Systeme sind computerbasierte Technologien, die die bessere Nutzung bzw. Entwicklung menschlicher Fähigkeiten und menschlichen Wissens unterstützen. Ausgangsbasis zur Entwicklung ist eine Analyse der Aufgaben, die durch das Personal am Shopfloor durchgeführt werden sollen und relevanter Fähigkeiten/relevantem Wissen. Ein typischer Maschinenarbeiter benötigt nicht nur motorische Fähigkeiten und Entscheidungsfähigkeiten, sondern muss auch den Systemzustand wahrnehmen können, und die Fähigkeit besitzen, Ereignisse und Prozesse zu verstehen, die nicht direkt beobachtbar sind. In diesen Bereichen ist der Maschinist durch das Computersystem zu unterstützt.<sup>150</sup> Die zunehmende technologische Entwicklung hat Mitarbeiter von ihren Arbeitsprozessen distanziert. Fähigkeits- und wissensunterstützende Systeme sollen nicht nur das Individuum unterstützen (durch Bereitstellung von Wissen aus anderen Fachbereichen), sondern auch die Integration und Kooperation von Menschen (z.B. im Concurrent Engineering, zwischen Entwicklern und Anwendern, zwischen Office und Shopfloor).<sup>151</sup> Computersysteme sollen das Problemverständnis des Benutzers erweitern, Experimente (z.B. Simulationen) ermöglichen, den Benutzer über Konsequenzen seines Handelns informieren, und diesen dabei unterstützen, Probleme und Fehler zu erkennen.<sup>152</sup>

Die verwandte Technologie soll den Menschen dabei unterstützen, seine Fähigkeiten regelmäßig einzusetzen und seine Fähigkeiten/sein Wissen kontinuierlich zu entwickeln, um Vorschläge von Computersystemen bewerten zu können.<sup>153</sup> Menschen übernehmen eine aktive Rolle und werden in Entscheidungen eingebunden, die automatisiert werden könnten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, müssen Arbeitspraktiken und Technologien so gestaltet werden, dass den Mitarbeitern ermöglicht wird, ihre Arbeitsprozesse in einem dynamischen Fertigungsumfeld zu adaptieren. Der Mitarbeiter muss die Arbeitsweise des Computersystems bzw. die Wechselwirkung mit diesem je nach Bedarf gestalten können.<sup>154</sup> Er

---

<sup>150</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 311 - 319.

<sup>151</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 361f.

<sup>152</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 362f.

<sup>153</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 44f.

<sup>154</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 298.

muss die Möglichkeit haben, zu entscheiden, welche Arbeitsschritte je nach Problemsituation vom Computer übernommen bzw. welche Entscheidungen durch diesen getroffen werden.<sup>155</sup>

## 4.7 Entwicklung eines Fertigungssystems

Im AM wird die Fertigung in Zellen organisiert. Breit geschulte Mitarbeiter bilden das Team, das in der Zelle alle Aufgaben (z.B. die Programmierung von CNC-Maschinen) übernimmt. Dem Zellenteam werden Ziele gesetzt, es entscheidet jedoch autonom, wie diese erreicht werden.<sup>156</sup> Ein neuer Trend ist das sog. integrierte, autonome Cellular Manufacturing. Integriert werden ein planungsorientiertes, zellenförmiges Layout bzw. eine strategische Langzeitplanung des Verbrauchsmusters mit einer reaktiven Kurzzeitplanung (Reaktion auf unerwartete Bestelländerungen) und eine Reaktion auf plötzliche Änderungen am Shopfloor (z.B. durch Maschinenfehler).<sup>157</sup> Die Shopfloor-Kontrolle erfolgt als kontinuierlicher Verbesserungskreislauf, indem erst der (fehlerhafte) Systemzustand in Echtzeit erfasst, dann mithilfe von Decision Support Systems lokalisiert wird, Änderungen vorgeschlagen werden, durch Simulation bewertet und anschließend umgesetzt werden.<sup>158</sup> Das integrierte, autonome Cellular Manufacturing steht im Gegensatz zum traditionellen Cellular Manufacturing, welches auf einer reinen zukunftsgerichteten Planung unter Unsicherheit basiert, und nicht vorsieht, dass vordeterminierte Arbeitspläne nach unerwarteten Veränderungen am Shopfloor korrigiert werden. Weiters sind im neuen Ansatz gemeinsame Planungsprozesse zwischen den (gut ausgebildeten und mit Entscheidungskompetenzen versehenen, sich selbst organisierenden) Mitarbeitern der Produktion und des Marketing vorgesehen.<sup>159</sup>

Die Organisation in Zellen führt zu Designanforderungen. Alle Bereiche der Zelle müssen mit geringen Wegzeiten erreichbar und Steuerungseinheiten der Maschinen auch während des Betriebs leicht zugänglich sein. Wichtige Entscheidungen bei der Gestaltung einer Zelle beziehen sich auf die Wahl der Maschinen und das Zellenlayout. Entscheidungen zu menschlichen und organisatorischen Aspekten betreffen die Rolle von Robotern im System (Zuordnung von Aufgaben zwischen Mensch und Maschine), Arbeitssicherheit, Stresskontrolle, Möglichkeiten der gegenseitigen Unterstützung zwischen Mitarbeitern, Gruppenstruktur, Geräuschniveau und Training. Die Rolle, die Menschen in einem sozio-technischen System zugeordnet wird hat wesentliche Auswirkungen auf die erforderlichen Mitarbeiterfähigkeiten, die verwandten Arbeitsmethoden (z.B. Mitarbeiterautonomie) und die verwandte Technolo-

---

<sup>155</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 302.

<sup>156</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 198.

<sup>157</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 584f.

<sup>158</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 588.

<sup>159</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 595.

gie.<sup>160</sup> Etwa ist vom Einsatz pneumatischer Roboter abzuraten (Geräuschlevel). Automation wird in den Zellen so eingesetzt, dass Mitarbeiter von repetitiven Aufgaben befreit werden, und sich diese auf anspruchsvolle Tätigkeiten und Planungstätigkeiten konzentrieren können. Die Teamgröße sollte zwischen fünf und zehn Mitarbeitern liegen.

Abhängig von der Komplexität der Aufgabenstellungen in den Zellen ist die Gruppenstruktur zu definieren. Für komplexe Situationen ist eine Netzwerkstruktur zu empfehlen, während für einfache Aufgaben eine Wheel Network Structure ausreicht.<sup>161</sup> Die Steuerung von Anlagen erfolgt durch automatisierte, modulare, dezentrale, intelligente Fertigungskontrollsysteme, welche Aufträge reihen und terminieren und den Systemstatus des Fertigungssystems verfolgen. Sie besitzen die Fähigkeit, schnell, flexibel und automatisch auf Störungen (Maschinenfehler, Materialengpässe, Bedarfsänderungen) zu reagieren. Zentralisierte Kontrollstrukturen können diesen Anforderungen nicht nachkommen. Aus diesem Grund nimmt die Bedeutung sog. Multi-Agent<sup>162</sup> Systeme zu.<sup>163</sup> Sie bestehen aus kooperativen und autonomen Fertigungseinheiten, sog. Softwareagenten (z.B. Roboter, Softwareprogramme).<sup>164</sup> Eine bedeutende Einflussgröße auf Durchlaufzeiten ist jene der Push- und Pullstrategien bzw. hybrider Strategien. Hybride Strategien sind eine Mischform, wobei beliebte Produkte durch Push gesteuert werden, und Slow Movers durch Pull von einem zentralen Lager.<sup>165</sup> Alternativ werden Engpassmaschinen identifiziert, von denen die Rückwärtsplanung mit Pull erfolgt, und die Vorwärtsterminierung mit Push.<sup>166</sup> Der Vorteil eines hybriden Systems ist dass weniger Lagerfläche an der Fertigungslinie benötigt wird, und dass großvolumige Produkte in Full Truck Loads zu den Verteilerzentren transportiert werden.

Es werden CNC-Maschinen eingesetzt die eine Vereinigung von Planung und Anwendung unterstützen, da sie es ermöglicht, Programmierfähigkeiten am Shopfloor durchzuführen und mithilfe von Simulation zu testen.<sup>167</sup> Studien haben ergeben, dass Programmierkosten für CNC-Maschinen geringer sind, wenn die Programmieraufgaben am Shopfloor durchgeführt werden. Forschungen über die Scheduling-Performance von Menschen haben herausgefunden, dass ein interaktives Mensch-Computer-Scheduling aufgrund der Flexibilität von Menschen bessere Ergebnisse liefert als reines Computerscheduling. Dies gilt insbesondere für dynamische Fertigungsumfelder. Hier ist es oft notwendig, die Scheduling-Regeln oder Priori-

---

<sup>160</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 210 -212.

<sup>161</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 201; 204.

<sup>162</sup> Ein Agent ist ein Subsystem eines Fertigungssystems mit eigenen lokalen Zwecken und Funktionen. [Gunasekaran (2001), S. 562.]

<sup>163</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 500.

<sup>164</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 504.

<sup>165</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 799.

<sup>166</sup> Vgl.: Huang (2002), S. 518.

<sup>167</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 313.

täten zu verschieben, etwa weil vereinfachte Annahmen, die bei der Entwicklung von Software getroffen wurden, nicht eingehalten werden.<sup>168</sup> Folglich sind dem Mitarbeiter Unterstützungssysteme zur Verfügung zu stellen, etwa für die Auswahl von passenden Scheduling-Algorithmen, oder um die Constraints festzulegen, unter denen die Schedulingsoftware eingesetzt wird soll.<sup>169</sup> Schulungskosten im Programmierbereich können reduziert werden, wenn Workshop-oriented-Programming-Systeme (WOP) eingesetzt werden. Diese beinhalten Programmier Techniken, die jene Vorgänge widerspiegeln, die Mitarbeiter durchführen würden, um ein Produkt mit bekannten Arbeitsmethoden auf einer manuellen Maschine zu fertigen. Somit kann eine gute Lernkurve erzielt werden. Etwa wird ein Programm für eine Drehmaschine nicht festgelegt, indem zuerst die Teile entworfen und daraus Arbeitsschritte und Maschinenparameter abgeleitet werden, sondern indem das Teil an der Maschine gefertigt wird, und parallel dazu die Schritte und Parameter aufgezeichnet werden.

WOP-Systeme liefern eine Programmierumgebung für Mitarbeiter des Shopfloor und des Bürobereiches und unterstützen die Zusammenarbeit zwischen ihnen. Um die organisatorische Flexibilität zu erhöhen, kann z.B. ein CAD-CAM-Link die Übertragung von CAD-Geometrien zu den CNC-Programmiereinheiten unterstützen. So kann die Programmierung je nach Situation im Büro oder am Shopfloor durchgeführt werden.<sup>170</sup> Als wesentliche Brücke zwischen CAD und CAM steht das CAPP. Es übersetzt Designanforderungen von verbesserten/neu entworfenen Produkten in Anweisungen an das Fertigungssystem.<sup>171</sup> CAPP-Systeme verwenden neutrale Dateiformate (z.B. XML<sup>172</sup>), um mit dem CAD-System zu kommunizieren, und dessen Daten zu übernehmen. Das Output ist CNC-Code. CAPP reduziert die Durchlaufzeit produktionsvorbereitender Tätigkeiten, und spielt eine entscheidende Rolle in der Entwicklung von FMS und CIMS.<sup>173</sup> Das Output des CAPP, der Prozessplan, ist die Basis für weitere Planungsschritte, etwa die Ressourcenplanung oder das Routing.<sup>174</sup>

## 4.8 Entwicklung des Rechnungswesen im AM

Um Overhead genauer zu verteilen, wird die Einführung von Activity Based Costing (ABC) empfohlen. ABC ist in der Lage, bestimmte Kostenverzerrungen traditioneller Rechnungs-methoden zu beheben. Etwa dass Overhead von automatisierten Fertigungsaktivitäten zu arbeitsintensiven Aktivitäten verschoben wird. Strategien werden enger mit betrieblichen Entscheidungen verknüpft, was es erleichtert, Aktivitäten zu identifizieren, die nicht zur Errei-

---

<sup>168</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 277 - 280.

<sup>169</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 276.

<sup>170</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 314ff.

<sup>171</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 515.

<sup>172</sup> Um die unternehmensübergreifende Kooperation zu ermöglichen, ist die Nutzung von neutralen Datenformaten wie XML Voraussetzung, damit verschiedene IT-Landschaften miteinander kommunizieren können. [Gunasekaran (2001), S. 736ff.]

<sup>173</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 532.

<sup>174</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 528.

chung gesetzter Ziele beitragen. Kontinuierliche Verbesserung wird motiviert, da sich Planung und Steuerung auf die Prozessebene beziehen.<sup>175</sup> Um nichtmonetäre Größen (z.B. Qualität und Flexibilität) bei Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen, werden sie in monetär bewertbare Größen (Kosteneinsparungen und Umsatzsteigerungen) übergeführt, wie z.B. geringeren Bestand oder weniger Nacharbeit/Ausschuss. Diese Werte werden in traditionelle Investitionsmethoden wie Discounted Cashflow integriert,<sup>176</sup> und wie erwähnt durch nichtfinanzielle Methoden (Portfolioanalyse, Nutzwertanalyse) ergänzt, die strategische Möglichkeiten in die Bewertung von Investitionen integrieren.

Dies ist wichtig, da die meisten Investitionen in AM unternehmensweite und strategische Vorteile bieten. Die Leistungsmessung soll Informationen über Effizienz und Effektivität bereitstellen.<sup>177</sup> Finanzielle und nichtfinanzielle Bewertungsgrößen der Performance des Fertigungsunternehmens werden dezentral zur Verfügung zu stellen.<sup>178</sup> Relevante nichtfinanzielle Größen (z.B. Defektraten, Durchlaufzeiten, Mitarbeiterfähigkeit/Motivation) werden aus den strategischen Zielen abgeleitet. Disaggregierte Größen wie Outputmengen und Ressourceneinsatz werden in kurzen Zeitabständen gemessen. Komplexe nichtfinanzielle Größen (z.B. Flexibilität) werden in direkte nichtfinanzielle Kennzahlen übergeführt, und anschließend in finanzielle Größen. Z.B. führt eine kürzere Durchlaufzeit dazu, dass make-to-order gefertigt werden kann (geringerer Lagerbestand), und der Umsatz steigt, da hochqualitative Produkte schneller ausgeliefert werden könnten.<sup>179</sup>

## 4.9 Entwicklung der Supply Chain

AM ist ein fundamentaler Bestandteil der agilen Supply Chain<sup>180, 181</sup>. Diese ist Voraussetzung für die Gestaltung virtueller Unternehmen. Die Integration des Unternehmens mit bedeutenden Lieferanten/Kunden wirkt agilitätsfördernd.<sup>182</sup> Konzepte wie JIT II (der unternehmensverantwortliche Einkäufer des Kunden arbeitet im Unternehmen des Lieferanten und kauft dort Ware ein) tragen zur Durchlaufzeitenreduktion bei. Die Reduktion von Durchlaufzeiten und die Elimination nicht wertschöpfender Aktivitäten tragen zur Verbesserung des Material- und Informationsflusses innerhalb der Supply Chain bei. Z.B. sinken durch kürzere Durchlaufzeiten Planungsunsicherheiten. Die Forecast-Genauigkeit steigt. Forecasts des Bedarfes

---

<sup>175</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 237.

<sup>176</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 78.

<sup>177</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 97.

<sup>178</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 234.

<sup>179</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 255ff.

<sup>180</sup> Eine Supply Chain ist ein System dessen gestaltende Elemente Materiallieferanten, Fertigungsstätten, Vertriebsleistungen und Kunden beinhalten, die durch einen absatzgerichteten Materialfluss bzw. einen entgegen gerichteten Informationsfluss verlinkt werden. [Gunasekaran (2001), S. 377.] Supply Chain Management ist das Management von Aktivitäten und Prozessen, die mit dem Fluss und der Transformation von Gütern und den zugehörigen Informationsflüssen vom Rohmaterialzustand bis zur Entsorgung oder Wiedereinführung in das System verbunden sind. [Gunasekaran (2001), S. 359.]

<sup>181</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 394.

<sup>182</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 360f.

der Endkunden und Entwicklungspläne werden verzerrungsfrei und ohne zeitliche Verzögerung in der gesamten Supply Chain kommuniziert. Jedes Unternehmen der Supply Chain fokussiert auf den Vertrieb zum Endkunden (Reduktion des Bullwhip-Effekts).<sup>183</sup> Die Steuerung der Supply Chain erfolgt durch Pull-Prozeduren.<sup>184</sup> Der Abruf beim Lieferanten erfolgt verbrauchsgesteuert in kleinen Losgrößen. Produktcluster werden gebildet, und mit adäquaten Prozessen hinterlegt.<sup>185</sup>

Handfield und Nichols nennen drei wesentliche SCM Tools, um eine integrierte Supply Chain zu erreichen: Information Systems Management, Inventory und Time Management und Relationship Management. Ein Informationssystem erleichtert einfache und repetitive Aufgaben zwischen den Unternehmen (z.B. die Statusabfrage von Bestellungen oder Zahlungsinformationen). Betreffend Relationship Management wird Single/Dual Sourcing betrieben, um mit ausgewählten Lieferanten langfristige, enge Partnerschaften aufzubauen. Forschung und Entwicklung werden in Fertigung, Produkt- und Prozessentwicklung integriert. Die Leistungsmessung erfolgt intern und unternehmensübergreifend. Im Inventory und Time Management werden zeitbasierte Methoden wie Quick Response umgesetzt. Softwaresysteme (ERP, SCM) zur Bedarfsprognose, Vertriebsplanung und Produktionsplanung und -steuerung werden miteinander integriert.<sup>186</sup> Bedeutende Technologien, die SCM unterstützen, sind Barcoding, Data Warehousing und Warehouse Management Systems.<sup>187</sup> E-commerce ermöglicht eine neue Art des Produktvertriebs.

## 5 Mängel des Agile Manufacturing

Die Literatur über AM ist durchwegs sehr vage, wenn es um die Formulierung wichtiger Punkte geht. Sowohl die Agilitätsdefinition als auch die Agilitätsziele sind uneindeutig.<sup>188</sup> AM wird oft als Lean Manufacturing oder Flexible Manufacturing/Computer Integrated Manufacturing fehlinterpretiert.<sup>189</sup> Unklar ist, welche Faktoren Agilität unterstützen, und welche hinderlich wirken.<sup>190</sup> Agiles Verhalten kann zwar wie in dieser Arbeit gezeigt beschrieben werden, Kernprinzipien für dessen Einführung wurden jedoch nicht entwickelt. Agilität ist ein klingender Begriff. Unklar ist, wie Agilität bzw. Agilitätssteigerungen gemessen werden können.<sup>191</sup> Viel wurde in der Vergangenheit über Agilität geschrieben. Die verschiedenen Autoren haben jedoch Werke verfasst, die miteinander lt. Kidd nicht wirklich vergleichbar sind.

---

<sup>183</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 378.

<sup>184</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 394.

<sup>185</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 386.

<sup>186</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 804f.

<sup>187</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 792ff.

<sup>188</sup> Vgl.: Anhang, S. 110.

<sup>189</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. vii.

<sup>190</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 366.

<sup>191</sup> Vgl.: Anhang, S. 110; Suri (1998), S. 8.

Die Forderungen an Agilität sind unterschiedlich. Viele Modelle wurden für AM erarbeitet, und dutzende Enabler für Agilität genannt. Die Auswahl dieser für die verschiedenen Entwicklungsmodelle des AM erfolgte jedoch scheinbar willkürlich. Verbindungen zwischen relevanten Enablern wurden nicht erarbeitet. Die Gefahr besteht, dass Enabler getrennt implementiert und nicht miteinander integriert werden. Die Gestaltung agiler Unternehmen wurde in der Literatur unzureichend behandelt. Es fehlen Methoden und Werkzeuge um den geforderten interdisziplinären Entwicklungsansatz zu unterstützen.

Den Entwicklungsphasen des genannten Spiralansatzes wurden keine konkreten Methoden und Werkzeuge zugeordnet. Unklar ist, welche Techniken und Methoden wann und wie implementiert werden sollten, um zum agilen Unternehmen überzuleiten. Strukturen, die in der AM-Literatur dokumentiert wurden, sind nicht vernetzt. Etwa geht das genannte Spiralmodell nicht auf die gezeigten Referenzmodelle des AM ein. Es werden keine Prozesse genannt, mit denen einzelne Entwicklungsprojekte definiert und mit einer Priorität versehen werden können.<sup>192</sup> Für AM wurden noch keine eigenen Managementpraktiken, Rechnungsmethoden etc. entwickelt.<sup>193</sup> Die vorhandenen Methoden und Werkzeuge für AM, welche die Gestaltung agiler Unternehmen unterstützen, sind in ihren Möglichkeiten genauso unzureichend wie in den Disziplinen, die abgedeckt werden. Z.B. werden die Wechselwirkungen zwischen Strategieformulierung und Implementierung im AM unzureichend behandelt. Weiters bauen die vorhandenen Methoden oft auf Konzepten auf, die nur für statische Geschäftsbedingungen geeignet sind. Zwar wird die Nutzung von Methoden wie ABC empfohlen, aber ignoriert, dass ABC für den Einsatz in dynamischen Umfeldern Mängel aufweist (die noch genannt werden), und in seiner Implementierung sehr aufwändig ist. ABC schätzt den Bedarf von Unterstützungsfunktionen (Abteilungen) basierend auf mehreren Eigenschaften der Produkte und Prozesse, welche die Produkte konsumieren.

Dies verlangt viel Information über die Kostentreiber jeder Unternehmensaktivität und den Bedarf jeder Aktivität, der durch jedes Produkt bzw. jeden Prozess verursacht wird. In einem dynamischen Umfeld ist das ABC-Modell mit seinen Informationen regelmäßig dem neuen Ressourceneinsatz anzupassen.<sup>194</sup> Obwohl die Bedeutung von interdisziplinärem Design betont wird, steht kein theoretisches Rahmenwerk dafür zur Verfügung.<sup>195</sup> AM betont die Nutzung moderner Technologien als Unterstützungsfunktion. Technologie sei im agilen Unternehmen nur ein Aspekt neben anderen.<sup>196</sup> Auffällig ist, dass ein Großteil der Enabler, die für

---

<sup>192</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 135ff.

<sup>193</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 359.

<sup>194</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 236.

<sup>195</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 225.

<sup>196</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 37.

das AM genannt werden, dennoch IT-bezogen sind. Für viele Bereiche wie z.B. die zu entwickelten Computersysteme werden Anforderungen des AM genannt. Ein systematischer Entwicklungsansatz fehlt jedoch. Die Gestaltung eines Fertigungssystems ist eine interdisziplinäre Aufgabe. Ein ganzheitlicher Ansatz wird benötigt, der es ermöglicht, mit allen Aspekten der Systemgestaltung, deren Wechselwirkungen und dem Changemanagement umzugehen. Ein solcher Ansatz wurde für AM nicht entwickelt. Die AM-Literatur beschreibt nicht, in welchen Schritten/Prioritäten ein AM-Fertigungssystem entwickelt und wie Veränderungsprozesse durchgeführt werden sollten.

## 6 Quick Response Manufacturing

Es gibt sieben Kernprinzipien, um das Unternehmen für QRM neu zu strukturieren:<sup>197</sup>

- Eine Änderung weg von einer funktionalen Organisation zu einer produktorientierten Organisation. Ressourcen, die für die Herstellung eines Produktes benötigt werden, werden nebeneinander positioniert. Dies betrifft den Shopfloor und den Officebereich
- Übergang zu einer flachen, teambasierten Organisation
- Übergang zu einer breiten Ausbildung Mitarbeiter
- Übergang von einem top-down Prozessmanagement zum Eigentum des gesamten Bestellabwicklungsprozesses durch einzelne Produktteams.
- Übergang von komplexen, zentralen zu dezentralen Planungs- und Kontrollsystemen
- Die Teile wandern einzeln oder in Transferlosen (kleiner als das Fertigungslos) durch die Zelle. Fehlerhafte Lose werden so schneller identifiziert
- Kleinere Fertigungslose bei höherer Qualität und geringerer Verschwendung

Die Struktur der funktionalen Organisation verursacht lange Durchlaufzeiten. Zu deren Reduktion (zentrales Ziel von QRM) erfolgt eine Umstrukturierung der Unternehmensorganisation. Am Shopfloor wird Cellular Manufacturing eingesetzt, und durch die genannten Kernprinzipien unterstützt. Eine Fertigungszelle besteht aus einem Set ungleicher Maschinen in räumlicher Nähe (Reduktion von Transportzeiten), die so angeordnet werden, dass die Produktbewegung minimiert wird (oft in einem U-Layout, um die Wegzeiten der Mitarbeiter zu minimieren). Die Zelle wird durch ein Team crossfunktional geschulter Mitarbeiter betrieben: Jeder Mitarbeiter kann mehrere Tätigkeiten in der Zelle durchführen. Die Produkte einer Produktfamilie erfordern ähnliche Operationen, die alle in einer Zelle durchgeführt werden. Die hierfür nötigen Ressourcen liegen in der Zelle vor. Die Zellenleistung wird durch das Zellenteam gesteuert.<sup>198</sup> Die Fertigungszelle übernimmt Shop Tickets von einer Officezelle und übernimmt Fertigung, Verpackung und Versand. Das Team ist für die Produktqualität verantwortlich. Es gibt kein eigentliches Inspektionspersonal mehr.

---

<sup>197</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 88.

<sup>198</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 89f.



Die breite Ausbildung der Zellenmitglieder stellt sicher, dass die Zelle auch bei Ausfall von Mitarbeitern operieren kann, und dass jobübergreifende Verbesserungspotentiale identifiziert werden, da die Mitarbeiter die Wechselwirkung der verschiedenen Arbeitsschritte verstehen.<sup>199</sup> In Zellen ist die Prozesstransparenz höher. Aufträge können leichter verfolgt werden. Das Zellenteam erhält den Lieferplan der Aufträge, und setzt selbstständig Auftragsprioritäten, Arbeitszeiten, und Maschinenbelegungspläne fest. Eine zellenübergreifende zentrale Planungseinheit (MRP-System) erstellt übergeordnete Lieferpläne, bestellt Material, ordnet es den Zellen zu, und koordiniert die Zellen miteinander.<sup>200</sup> Das MRP-System kann durch die Eigenständigkeit der Zellen einfacher gestaltet werden, und verbraucht weniger Ressourcen (Overhead wird reduziert). Die Setups der Maschinen können an die jeweilige Produktfamilie angepasst (reduziert) werden. Geringere Rüstzeiten und die räumliche Nähe der Maschinen motivieren kleinere Lose. Das geringere Produkthandling führt zu besserer Produktqualität. Empowerment der Mitarbeiter führt zu einem höheren Verantwortungsgefühl. Sie treffen Maßnahmen wie präventive Instandhaltung, um ihre Liefertermine einzuhalten. Kaizen kann ein Rahmenwerk bieten, um derartige Verbesserungsschritte zusätzlich zu motivieren.

## 6.1 Implementierung von Cellular Manufacturing

Vor der Einführung von Zellen sind das funktionale Layout zu durchbrechen und produktorientierte Teams zu bilden. Erst dann macht es Sinn, Losgrößen zu reduzieren. Ansonsten sind Engpässe und eine niedrige Lieferperformance die Folge.<sup>201</sup> Bei der Zellenimplementierung wird wie folgt vorgegangen: Zuerst wird ein Marktsegment gewählt, für das eine kurze DLZ einen Wettbewerbsvorteil bieten würde, oder wo die Produktqualität des Unternehmens bei hohen Kosten gering ist. Marketing- und Vertriebsmitarbeiter werden in den Implementierungsprozess eingebunden, um die Vorteile der Zelle zu einer Erhöhung der Auftragslage (für Marketingkampagnen) nutzen zu können.<sup>202</sup> Als nächster Schritt wird auf eine Produktfamilie fokussiert. Wird kundenspezifisch gefertigt, kann die Familie anstatt über Produktmerkmale über Ähnlichkeiten der Bearbeitungsschritte und das Absatzvolumen definiert werden. Es ist sicherzustellen, dass die Zelle so wenig wie möglich von Operationen außerhalb der Zelle abhängt. Ungünstig ist, wenn eine Operation zentral für mehrere Produktfamilien oder durch einen Subunternehmer durchgeführt wird. Tritt dort ein Arbeitsüberhang auf, schädigt das die Zelle. Weiters reduziert das lose Feedback zwischen den Operationen Möglichkeiten der Verbesserung von Qualität und Prozessen.<sup>203</sup> Um derartige Probleme zu vermeiden, werden

---

<sup>199</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 96f.

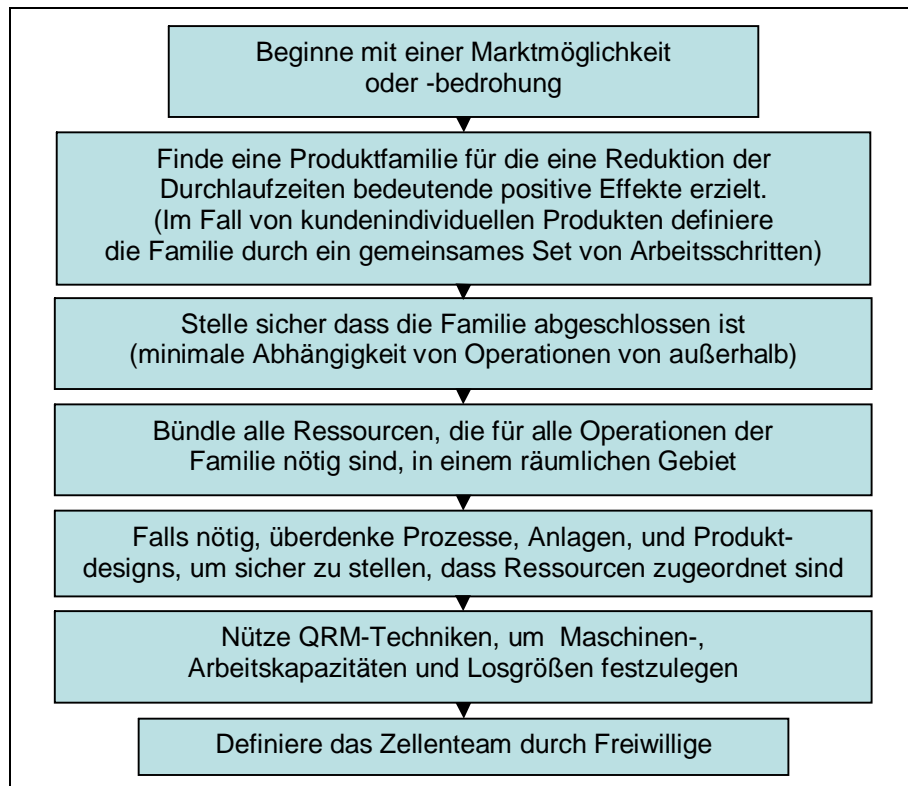
<sup>200</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 101.

<sup>201</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 104.

<sup>202</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 108.

<sup>203</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 113f.

bisherige Maschinen, Prozesse, das Produktdesign, der Materialeinsatz (z.B. Verwendung von bereits gefärbtem Material) und Kundenanforderungen (Einsatz von Tools wie House of Quality) überdacht, um die Zellenintegrität<sup>204</sup> sicherzustellen. Durch die Nutzung spezieller Materialien können Prozessschritte eliminiert werden.



**Abbildung 11: Implementierung einer Zelle<sup>205</sup>**

Durch flexiblere Maschinen können Operationen auf einer Maschine kombiniert werden. Verzögerungen können eliminiert werden, indem Jobs wie Materialbewegungen (um die Zellen zu bedienen) in die Zelle integriert werden. Anstatt Material zu billigen zentralen Cost Centers zu bringen, wodurch indirekte Kosten entstehen (Wartezeit, Setupzeit, Transportzeit), werden Durchlaufzeitenverkürzungen bei der Wahl von Prozessrouten berücksichtigt. So könnte es sich rechnen, anstatt einer zentralen Großmaschine mehrere Kleinmaschinen in die Zellen zu integrieren. Operationsreihenfolgen werden vertauscht, um den Kundenentkopplungspunkt nach hinten zu verschieben.<sup>206</sup> Schritte, die außerhalb der Zelle stattfinden, werden durch kürzere Durchlaufzeiten (Wartezeiten) eliminiert. Z.B. Sandstrahlen, das dadurch nötig wird, dass Teile warten und an der Oberfläche korrodieren. Ist eine Operation nötig, und kann sie nicht in der Zelle durchgeführt werden (z.B. aufgrund von Arbeitsplatzsicherheitsgesetzen oder Umweltschutzgesetzen), wird an der zentralen Einrichtung sog. Time-

<sup>204</sup> Zellenintegrität bedeutet, dass sich die Operationen einer Zelle ausschließlich auf eine best. Produktfamilie konzentrieren. Der Produktfluss darf nicht durch Prozesse von außen gestört werden. [Vgl. Suri (1998), S. 123.]

<sup>205</sup> Suri (1998), S. 109.

<sup>206</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 134 - 142.

Slicing eingesetzt. Hier bleibt die zentrale Operation für bestimmte Zeitintervalle im Besitz der jeweiligen Zelle. In diesen Fenstern bringen Zellenmitarbeiter Material zur zentralen Einrichtung und betreiben diese. Im Zeitfenster darf kein Eilauftrag von außen die Zelle stören. Benötigt eine Zelle ein Zeitfenster nicht, kann es dieses mit anderen Zellen tauschen. Da nun die zentrale Einheit nicht mehr von einer bestimmten Instanz bedient wird, könnte deren Instandhaltung einem bestimmten Mitarbeiter übertragen werden, der den Zellen während ihren Fenstern zur Verfügung steht, falls bestimmte Arbeitsschritte an der zentralen Maschine besondere Kenntnisse erfordern sollten.<sup>207</sup>

Für Fabriken, die eine Vielzahl großer/teurer Maschinen besitzen, werden sog. Time-Sliced-Virtual-Cells gebildet. Eine virtuelle Zelle entsteht, indem Anlagen nicht räumlich zusammengestellt werden, sondern an ihrem Platz (ihrer Abteilung) verbleiben, aber für ein best. Team reserviert werden. Eine Time-Sliced-Virtual-Cell unterscheidet sich von der virtuellen Zelle dadurch, dass jedem Team Zeitfenster an den Maschinen zugeteilt werden, anstatt die Maschinen zu 100% einer Zelle zuzuordnen. Diese Strategie macht z.B. Sinn wenn nur eine Maschine für bestimmte Prozessschritte im Unternehmen vorhanden ist. Die Berechnung der Zeitfenster erfolgt, indem für die zentralen Ressourcen je Produktfamilie das Volumen für den nächsten Monat festgelegt wird (strategische Entscheidung). Aus dem Volumen werden die benötigten Maschinenstunden je Woche abgeleitet. Weiters wird die minimale Größe des Zeitfensters je Produktfamilie für die jeweilige Ressource festgelegt (abhängig von Rüstzeiten und typischen Losgrößen für die Produktfamilie). Mit den Informationen „minimales Fenster“ und „geforderte Maschinenstunden pro Woche“ werden die Zeitfenster gebildet.

Ein Vorteil der Time-Sliced-Virtual-Cell gegenüber zentralem Finite-Capacity-Scheduling ist, dass das Team autonom über seine Zeitfenster verfügt und entscheidet, welche Produkte an den zentralen Maschinen laufen. Kurzfristige Störungen (z.B. Maschinenstörungen) wirken sich nicht auf alle Operationen sondern nur auf die Zeitfenster des jeweiligen Teams aus. Wird die zentrale Funktion durch ein externes Unternehmen wahrgenommen, schließt die Einkaufsabteilung den Vertrag ab. Die tägliche Zusammenarbeit mit dem Subunternehmer übernimmt jedoch die Zelle. Sollte Time-Slicing für ein Unternehmen nicht möglich sein, wird die Zelle in zwei Zellen geteilt, eine vor der zentralen Funktion, und eine nach dieser.<sup>208</sup> So können den Zellen Durchlaufzeitenziele genannt werden, ohne die Mitarbeiter zu frustrieren, da sie die zentrale Funktion nicht kontrollieren können. Meetings, an denen beide Zellenteams teilnehmen, stellen sicher, dass Qualität auch über die beiden Zellen gewahrt bleibt. Wurde sichergestellt, dass die Zelle eine maximale Unabhängigkeit aufweist, werden die

---

<sup>207</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 143f.

<sup>208</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 149.

Ressourcen, die für die Produktfamilie nötig sind, in einem U-Layout räumlich zusammengeführt.<sup>209</sup> Um die Zelle zu planen und zu betreiben, müssen dynamische Zusammenhänge zwischen Rüstzeiten, Losgrößen, Durchlaufzeiten, und Kapazitätsnutzung verstanden werden, um Entscheidungen über Losgrößen und Ressourcendimensionierung zu treffen. Auf diese Zusammenhänge wird im Abschnitt 6.3 eingegangen.

Mitarbeiter, Aufseher und Manager werden in QRM-Prinzipien unterrichtet. Die Teilnehmer des Zellenteams werden anschließend auf freiwilliger Basis gewählt.<sup>210</sup> Ein häufiges Bedenken bei der Implementierung von Zellen ist die geringere Ressourcennutzung. Ist eine Zelle nicht ausbalanciert, d.h. die Ressourcennutzung bestimmter Maschinen (und damit Arbeiter) ungleich, dürfen keine Jobs von außerhalb an unausgelasteten Maschinen bearbeiten werden, da dann die Rüstopтимierungen, die auf die Produktfamilie der Zelle abgestimmt wurden, nicht mehr greifen. Lange Rüstzeiten würden entstehen, und zur Einführung größerer Lose führen. Schnellere Maschinen würden für die dahinter liegenden vorproduzieren und WIP aufbauen, der während der Bearbeitung von Aufträgen von außerhalb der Zelle abgearbeitet würde. Die Folgen wären dieselben wie bei der funktionalen Organisation [lange DLZ und schwache Rückkoppelung (schlechte Qualität, Nacharbeit, Eilaufträge)].<sup>211</sup> Vielmehr wird einem wichtigen QRM-Prinzip gefolgt: Anstatt Maschinen- und Personalkapazitäten zu 100% auszulasten, wird an kritischen Ressourcen mit 70-80% Auslastung gearbeitet. Die volle Auslastung resultiert wie noch gezeigt wird in langen Durchlaufzeiten, wachsenden Warteschlangen, und langen Wartezeiten.<sup>212</sup>

Eine weitere Befürchtung ist, dass breit geschulte Mitarbeiter weniger effizient sind als spezialisierte. Als Gegenargument wird angemerkt, dass spezialisierte Mitarbeiter, die an ihrem Durchsatz gemessen werden, versuchen, diesen zu maximieren (u.A. durch große Lose), auch auf Kosten von Qualität und Durchlaufzeiten.<sup>213</sup> Ein weiteres Thema ist die Gewerkschaft. Die Einführung von Zellen verlangt neue Jobklassen und Gehälter. Die Gewerkschaft wird der Verbreiterung von Jobklassifikationen zustimmen, wenn das Management andere Wege findet, um die Arbeitsplätze der Mitarbeiter abzusichern. Die QRM-Organisation ist flacher als die traditionelle. Folglich ist nach der Einführung von Teams weniger Bedarf an Aufsichtspersonen und mittleren Managern im ursprünglichen Sinn vorhanden. Aufsichtspersonen und Manager haben jedoch Fähigkeiten (u.A. im Qualitäts- und operativen Bereich), die für Zellenteams nützlich sind. Etwa können sie Schulungspersonen werden, oder selbst

---

<sup>209</sup> Vgl.: Stone (2006), S. 4.

<sup>210</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 114f.

<sup>211</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 122.

<sup>212</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 18.

<sup>213</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 123f.

Teammitglieder bzw. Mitarbeiter im Office-Bereich.<sup>214</sup> Während einige Experten im den Abteilungen verbleiben, müssen in Zukunft mehr Menschen eine Rolle als Systemintegrator übernehmen.<sup>215</sup>

## 6.2 Best Practice für QRM-Zellen

Zellenfläche, Equipment, und Materialmanipulation werden so gestaltet, dass kleine Variationen in der Produktfamilie möglich sind. Zellenmitarbeiter werden so ausgebildet, dass sie je nach Arbeitslast zwischen Zellen wandern können. Zellen besitzen überlappende Fähigkeiten, sodass Aufträge je nach Auftragsituation zu anderen Zellen dirigiert werden können. Die Zellen sind so aufgebaut, dass Maschinen leicht von Transportvorrichtungen getrennt und neu positioniert werden können. Versorgungsleitungen (Strom, Wasser, Luftdruck) sind von verschiedenen Stellen zugänglich. Um eine Zelle finanziell zu rechtfertigen, stimmt das Management neuen Prozeduren der Zuordnung von Overhead zu, und schätzt zukünftige Produktivitätsverbesserungen durch die Zelle. Die Kalkulation berücksichtigt, dass die Rüstzeiten einer Zelle durch die Ähnlichkeit der Teile reduziert werden.

Auch Arbeitsoperationen und Werkzeugeinsatz können auf die Teilefamilie abgestimmt werden, womit die Bearbeitungszeit pro Teil sinkt. Die Arbeitskosten pro Teil steigen durch die Schulung der Mitarbeiter und entsprechende Lohnerhöhungen. Zellen rechnen sich daher oft nicht, wenn die Materialkosten pro Teil und der Overhead pro Teil konservativ gerechnet werden (Overhead als Ergebnis eines Multiplikators der Arbeitskosten). Es kann angenommen werden, dass in der Zelle Nacharbeit und Ausschuss reduziert werden. Die Nettoarbeitszeit pro Teil sinkt folglich (Laufzeit pro Stück), und somit auch die durchschnittliche Durchlaufzeit pro Stück. Die Reduktion von Ausschuss reduziert auch die Materialkosten pro Stück. Der Overhead sinkt, da Overhead-Tätigkeiten wie Materialmanipulationen, Planung, und Eilaufträge reduziert werden. Aus der Differenz der Gesamtkosten pro Stück kann je nach Durchsatz am Bottleneck die Einsparung pro Jahr errechnet werden, und somit die Amortisationsdauer der Zelle.<sup>216</sup>

## 6.3 Dynamiken des Fertigungssystems

Die Art und Weise, wie Losgrößen und Kapazitäten festgelegt werden, muss geändert werden, um die Potentiale von Zellen auszunutzen. Auslastung und Variationen in Ankunftszeit und Bearbeitungszeit wirken sich auf die DLZ aus.<sup>217</sup> Die Auslastung ist das Verhältnis der durchschnittlichen Bearbeitungszeit zur durchschnittlichen Ankunftszeit. Aus Formeln der

---

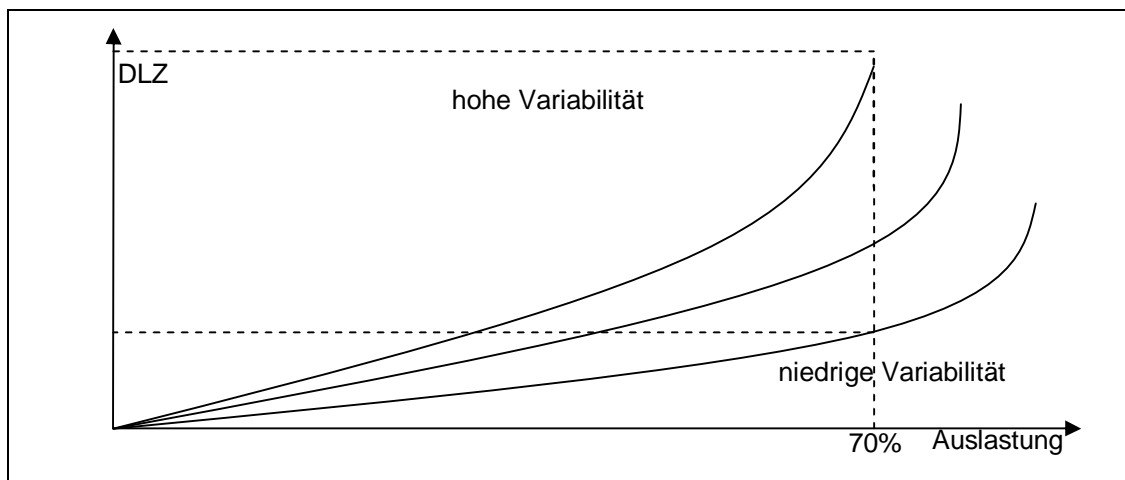
<sup>214</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 126f.

<sup>215</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 357.

<sup>216</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 128 - 131.

<sup>217</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 157.

Warteschlangentheorie ergibt sich, dass die DLZ schnell steigt, wenn die Auslastung einer Ressource einen Wert nahe 100% annimmt. Hat eine Maschine mit hoher Auslastung einen Fehler mit langer Reparaturzeit, entsteht ein Auftragsüberhang, der zu einer Warteschlange (WS) führt, die erst nach langer Zeit abgearbeitet werden kann. Lange Downtimes führen durch die Formeln der WS-Theorie zu viel Variation in den Bearbeitungszeiten (langen Durchlaufzeiten).<sup>218</sup> Um derartige Probleme zu beheben, empfiehlt QRM wie erwähnt, mit einer Auslastung von ca. 70-80% zu operieren. Zellen, die mit 70% Auslastung betrieben werden, erreichen einen besseren First Pass Yield, und somit oft eine höhere Nettoausbringungsmenge (Produkt aus Auslastung und First Pass Yield). Im QRM sinken der Overhead und in Kombination mit der höheren Ausbringungsmenge die Stückkosten der Fertigung. Der Versuch, den Nutzungsgrad von Ressourcen auf 100% zu treiben arbeitet gegen QRM.



**Abbildung 12: Effekt der Auslastung auf die DLZ<sup>219</sup>**

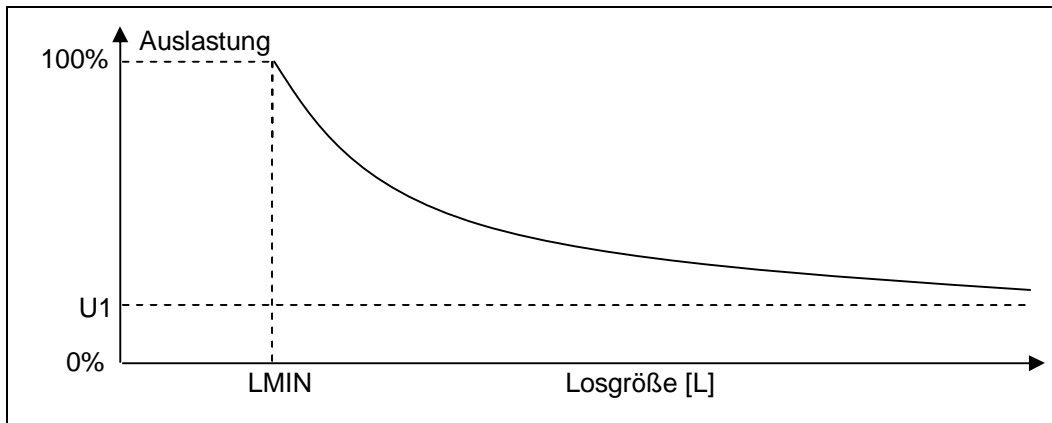
Um den Einfluss von Losgrößen auf die Durchlaufzeit zu betrachten, muss die Economic-Order-Quantity-Formel erweitert werden, da sie Überlegungen zur DLZ nicht berücksichtigt, sondern lediglich den Trade-off zwischen Rüstkosten und Lagerhaltungskosten. Aus Formeln der WS-Theorie ergibt sich die folgende Kurve für die Auslastung als Funktion der Losgröße. Bei großen Losgrößen wird kaum umgerüstet. Bei kleinen Losgrößen verbrauchen die vielen Rüstvorgänge viel Kapazität. Die Auslastung steigt. Wird der Grenzwert von 100% Kapazitätsnutzung erreicht, kann die Losgröße nicht kleiner gemacht werden, ohne einen stetig wachsenden Auftragsüberhang zu produzieren.<sup>220</sup> Durch Formeln der WS-Theorie kann das Verhalten der DLZ als Funktion der Losgröße betrachtet werden (Abbildung 14). Wächst die Losgröße, findet kein Rüsten statt. Die Auslastung verhält sich für große Losgrößen ziemlich konstant. Die Durchlaufzeit steigt hier beinahe linear mit der Losgröße. Dies zeigt, dass der

<sup>218</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 164 - 166.

<sup>219</sup> Suri (1998), S. 163.

<sup>220</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 168 - 171.

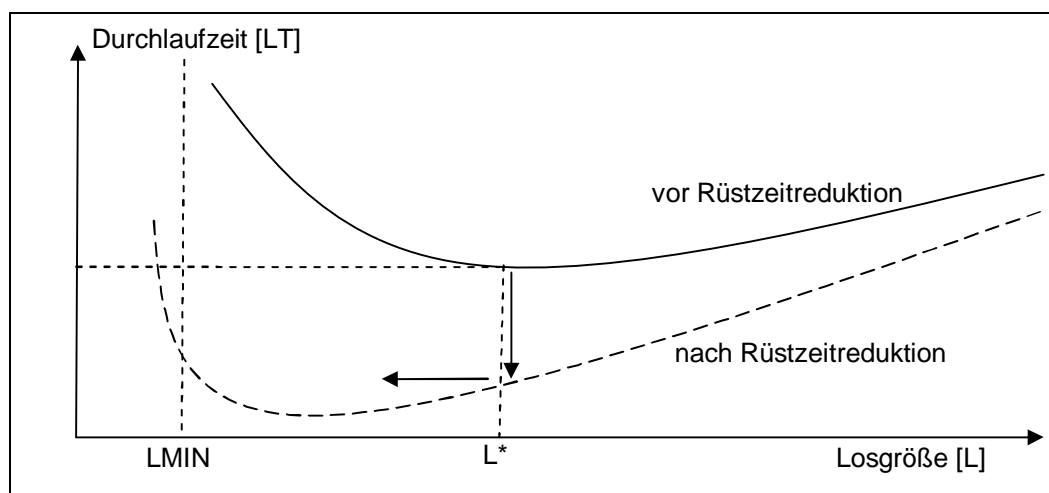
Versuch, effizient zu wirtschaften (große Lose, wenig Rüsten), die Reaktionsfähigkeit eines Unternehmens reduziert. Verkleinert man die Losgröße deutlich, steigt die Auslastung radikal an. Die Durchlaufzeit fällt aber nur langsam.



**Abbildung 13: Einfluss der Losgröße auf die Auslastung<sup>221</sup>**

**U1...Auslastung, wenn jeder Auftrag einem Stück entspricht, und keine Rüstvorgänge stattfinden.**

Bei sehr kleinen Losgrößen wächst die Durchlaufzeit schnell. Nimmt die Losgröße den Wert LMIN an (100% Auslastung), kann die Produktion nicht mehr mit der Anzahl an Aufträgen nachkommen, und die DLZ steigt ins Grenzenlose. Der Optimalwert  $L^*$  entspricht nicht der optimalen Losgröße der Economic-Order-Quantity-Formel (EOQ), die das Phänomen Response Time Spiral ignoriert, d.h. Forecastfehler, Änderungen der Kundenbedarfe, Eilaufträge und daraus entstehende Zusatzkosten.

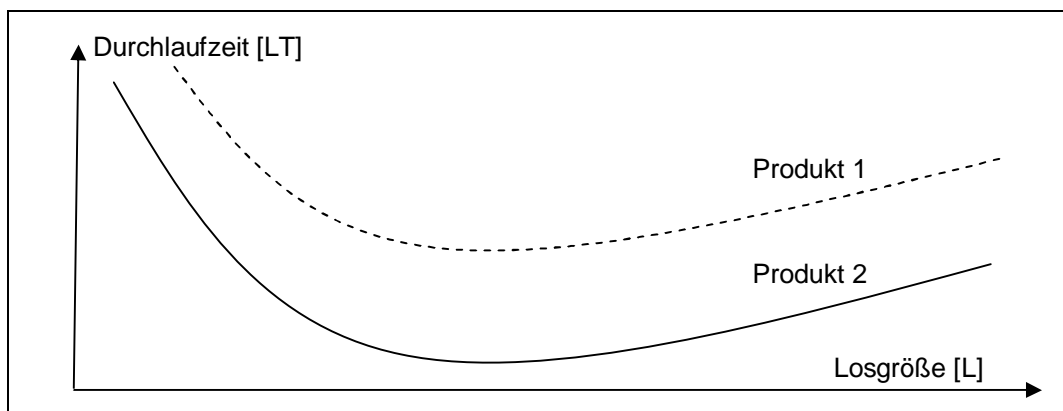


**Abbildung 14: Einfluss der Losgröße auf die DLZ**

Wird die Rüstzeit reduziert, liegt die Verhältniskurve zwischen Losgröße und Durchlaufzeit tiefer. Der Einfluss der Rüstzeitreduktion hängt somit von der Losgrößenpolitik ab. Werden große Losgrößen gefahren, ist der Einfluss minimal. Andererseits kann der Einfluss bei großer Auslastung bedeutend sein, oder wenn die Losgröße in Anschluss an eine Rüstzeitreduktion

<sup>221</sup> Suri (1998), S. 168.

gesenkt wird. Auch die Gesamtvariabilität hat Einfluss auf die Auswirkungen der Rüstzeitreduktion auf die Durchlaufzeit.<sup>222</sup> Folglich ist eine reine Rüstzeitreduktion nicht die beste Strategie, um Durchlaufzeiten zu reduzieren. Da viele Unternehmen nach der EOQ-Formel operieren, besteht oft die Möglichkeit, eine Durchlaufzeitenreduktion durch alleinige Reduktion der Losgröße zu erzielen. Um eine große Reduktion der Durchlaufzeit zu erzielen, sollte das Unternehmen diesen Schritt jedoch mit einer Rüstzeitreduktion kombinieren. Letztere darf nicht als reine Maßnahme zur Kapazitätserhöhung verstanden werden. Betrachtet man anstatt einem Durchschnittsprodukt zwei Produkte, die um dieselbe Arbeitsstation konkurrieren, und hält eine Losgröße fest (L2), kann man den Einfluss der anderen Losgröße (L1) auf die Durchlaufzeit des zweiten Loses verfolgen. Die U-Kurve des Einproduktfalls ist für L1 bereits bekannt. Wird L1 jedoch groß, steckt der Auftrag für Produkt 2 oft hinter dem großen Los fest. Ist der Wert für L1 sehr klein, ist die Auslastung der Arbeitstation sehr hoch, und die Durchlaufzeit erneut groß.



**Abbildung 15: Einfluss der Losgröße L1 auf Produkt 2<sup>223</sup>**

Sind die Losgrößen der beiden Produkte sehr verschieden, nimmt wiederum die Variabilität in den Bearbeitungszeiten zu. Da dieser Wert in der Durchlaufzeitenformel der WS-Theorie quadriert wird, ist der Einfluss signifikant. Daher wird versucht, die Variabilität bei mehreren Produkten zu reduzieren, indem die Losgrößen so gewählt werden, dass die Werte für Rüstzeit plus Bearbeitungszeit für die Produkte relativ ähnlich sind.<sup>224</sup> Die EOQ-Formel berücksichtigt den Einfluss einer Losgröße auf die Durchlaufzeit anderer Produkte nicht. Schlägt die EOQ-Formel z.B. eine Losgröße im rechten Bereich von Abbildung 15 vor, würde dies die Lieferperformance von Produkt 2 reduzieren, und zu Eilaufträgen führen. Die Formel berücksichtigt auch nicht, dass große Lose zu viel Ausschuss und Nacharbeit führen, z.B. wegen Qualitätsmängeln oder Designänderungen. Weiters bleibt unberücksichtigt, dass große Lose zu langen Durchlaufzeiten und Stauungen im Produktfluss führen, die wiederum Eilaufträge

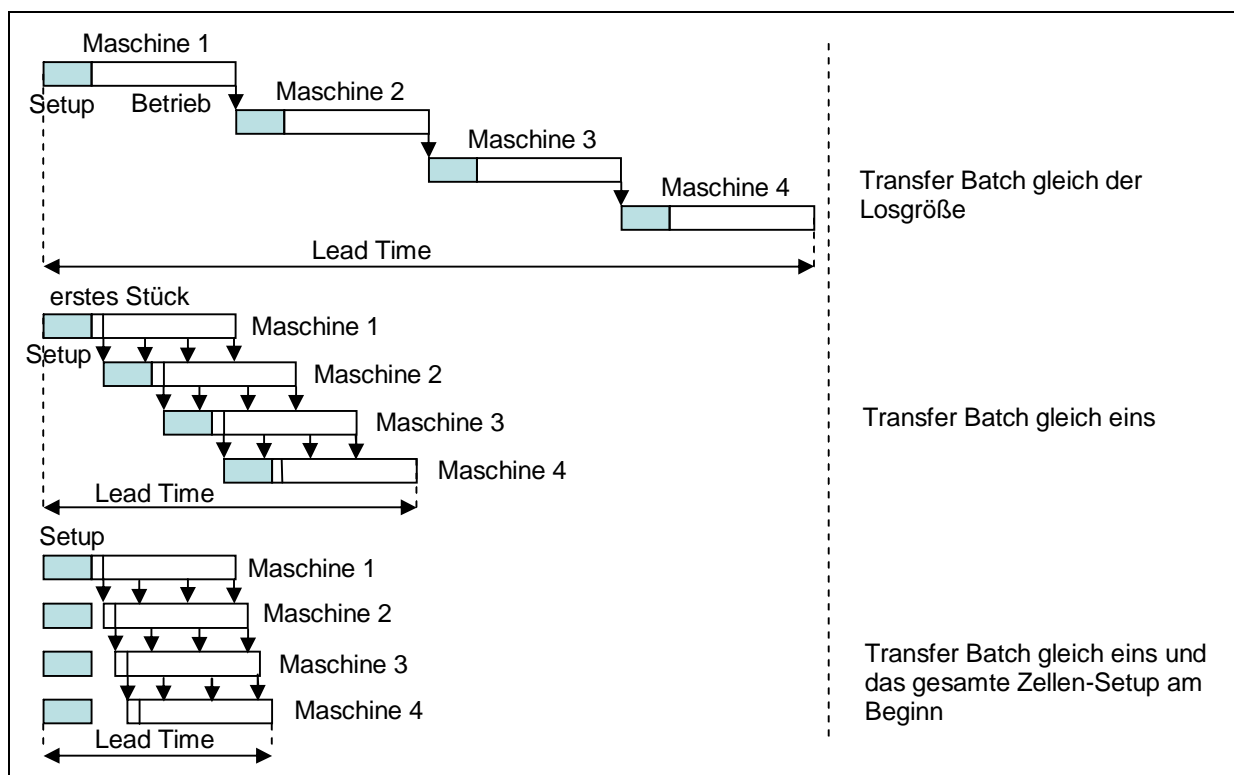
<sup>222</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 171f.

<sup>223</sup> Suri (1998), S. 174.

<sup>224</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 175.



oder hohen WIP (zur Auslastung der Maschinen hinter Staustellen) bedingen. Demnach ist die EOQ-Formel für QRM-Zwecke ungeeignet. Werden Losgrößen für mehrere Zellen festgelegt (für viele Maschinen und Produkte), und sollen auch Maschinenfehler, Nacharbeit und Ausschuss berücksichtigt werden, wird auf Softwareapplikationen, die auf der WS-Theorie beruhen, zurückgegriffen. Da derartige Software im Vergleich zu anderen Kapazitätsplanungssystemen schnelle Ergebnisse liefert, wird sie als Rapid Modeling Technology (RMT) bezeichnet. RMT ist oft einfacher in der Anwendung als Simulationssoftware. Die bisherige Diskussion beschränkte sich auf eine Arbeitsstation. Eine Zelle ist jedoch eine Serie von Operationen. Ist eine Zelle aufgestellt, wird Transfer Batching verwandt, um die DLZ arbeitsplatzübergreifend zu reduzieren. Anstatt bei einer Arbeitstation zu warten, bis das gesamte Los bearbeitet wurde, werden die fertigen Teile einzeln oder in Transferlosgrößen zur nächsten Station weitergereicht. Ein Los wird simultan an mehreren Stationen bearbeitet.<sup>225</sup>



**Abbildung 16: Einfluss der transfer batching Strategie auf die Durchlaufzeit einer Zelle<sup>226</sup>**  
 Vereinfacht wird angenommen, dass eine Maschine verfügbar ist, wenn ein Job sie erreicht.

Wird das Setup für alle Maschinen gleichzeitig durchgeführt, muss das erste Stück, wenn es an die nächste Maschine gelangt, nicht warten. Diese Strategie kann nur verwandt werden, wenn die Zelle zu jedem Zeitpunkt nur einen Auftrag bearbeitet. Eine Voraussetzung für Transfer Batching ist eine relativ gute Balance zwischen den Bearbeitungszeiten in der Zelle. Wäre z.B. die Bearbeitungszeit einer Maschine ungleichmäßig lange, würden die Maschinen

<sup>225</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 176ff; Anderson (2005), S. 1.

<sup>226</sup> Suri (1998), S. 178.

nach ihr oft freistehen. Eine genaue Taktung (wie für JIT) ist jedoch nicht nötig, da eine QRM-Zelle verschiedene Produkte in verschiedenen Losen fertigt.<sup>227</sup> Der Einfluss von Transfer Batching auf die DLZ ist bei großen Losgrößen minimal. Eine Reduktion der Rüstzeiten mit damit verbundener Losgrößen-Reduktion hat bedeutend mehr Einfluss auf die DLZ als selbst eine Transferlosgröße von 1. Bei kleiner Losgröße ist der Einfluss des Transfer Batching bedeutend. Transfer Batching wird oft nicht eingesetzt, da es in der funktionalen Organisation, wo Transportentfernungen zwischen Stationen groß sind, nicht sinnvoll ist. Wichtiger ist es dort, die Transportmittel voll auszulasten. Weitere Hindernisgründe der funktionalen Organisation sind der Auftragsüberhang und die damit verbundenen langen Wartezeiten. Transfer Batching macht Sinn, wenn in einer Zelle Maschinen nahe beisammen stehen, und die Maschinenauslastung bzw. der Auftragsplan so kontrolliert werden, dass die Warteschlangen vor den Maschinen gering sind.

Ein weiterer Effekt, der bei mehreren Operationen zu berücksichtigen ist, ist Variabilität. In einer Kette von Operationen bedingt die Variabilität im Output einer Maschine die Eingangsvariabilität der nächsten. D.h. ist die Outputvariabilität einer Maschine groß (z.B. aufgrund langer Downtimes), leidet die Durchlaufzeit an Maschinen dahinter. Quantitative Analysen zeigen, dass sowohl die Variation der Ankunftszeit als auch jene der Bearbeitungszeit an einer Arbeitsstation minimiert werden müssen, um die Ausbreitung von Variabilität zu reduzieren. Die Variation der Ankunftszeit wird gesenkt, indem die Einlastung an der Maschine kontrolliert wird. Die Variation der Bearbeitungszeit wird minimiert, indem Arbeitszeiten ähnlich gehalten und lange Downtimes vermieden werden.<sup>228</sup> Weitere Strategien, die auf den Prinzipien der Systemdynamik beruhen, und zur Durchlaufzeitenreduktion eingesetzt werden (Resource Pooling, Kapazitätsmanagement, Inputkontrolle, flexible Organisation) werden wie die gerade genannten in Officebereich und Fertigung eingesetzt und werden noch diskutiert.<sup>229</sup>

## 6.4 QRM in der Materialplanung

Die Materialplanung beinhaltet die Erstellung von Materialbereitstellungsplänen und damit verbundene Auswirkungen auf Fertigungskapazitäten.<sup>230</sup> Für QRM müssen traditionelle Materialbereitstellungsprozeduren überdacht werden, um die bisher genannten QRM-Prinzipien für den Shopfloor zu unterstützen. Um das ERP-System mit QRM zu vereinbaren, werden nach der Gliederung der Fertigungsorganisation in Zellen die Stücklisten abgeflacht. Fertigungs- und Montageschritte wenn eliminiert bzw. kombiniert. Methoden des DFMA können

---

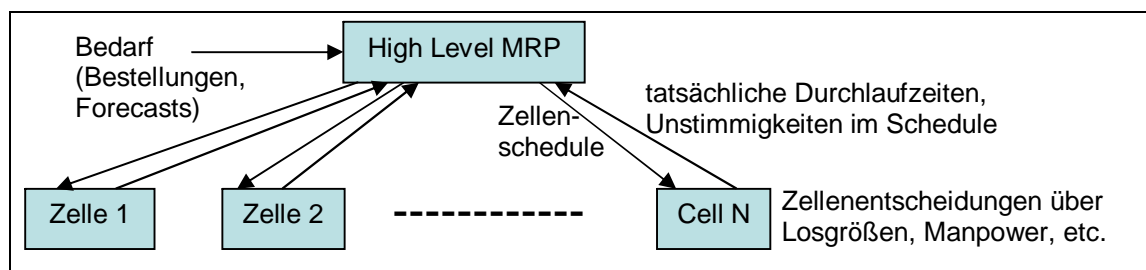
<sup>227</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 178f.

<sup>228</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 180 - 182.

<sup>229</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 186.

<sup>230</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 223.

die Reduktion von Arbeitsschritten erleichtern (z.B. durch den Einsatz von Spritzgussteilen anstatt verschraubten Konstruktionen). Der Materialeinsatz wird überdacht (z.B. der Einsatz vorbeschichteter Teile anstatt eines Lackierschrittes). Gleiches gilt für Make-or-Buy-Entscheidungen, die traditionell ohne Berücksichtigung der Kosten langer Durchlaufzeiten getroffen wurden. Alle Schritte einer Zelle werden für das ERP-System als eine Ebene in den Stücklisten hinterlegt, da die Steuerung dieser Schritte durch das Zellenteam erfolgt. Das MRP-System übernimmt die Planung auf hoher Ebene. Es ermittelt Bedarfe für Material von externen Lieferanten und löst dafür Bestellungen aus. Weiters plant und regelt es den Materialtransport zwischen den Zellen.<sup>231</sup> Weiterhin bricht das MRP-System den Endproduktbedarf auf Komponenten herunter, die an die Zellen geliefert werden. Die Anzahl der Ebenen ist nun jedoch geringer. Durch die einfache Struktur des MRP-Systems können Umplanungen leichter bewältigt werden.<sup>232</sup>



**Abbildung 17: Wechselwirkung Zellenplanung/ MRP<sup>233</sup>**

Den Zellen werden Planungswerkzeuge (RMT) zur Verfügung gestellt, mit denen sie ihre Fertigungspläne erzeugen, die Zellenkapazität managen, und verschiedene what-if-Szenarien auf ihre Auswirkungen auf die DLZ testen. Mit RMT-Tools werden Vorschläge des MRP-Systems für den Hauptproduktionsplan mit den zelleninternen zelleninternen Kapazitäten und Durchlaufzeiten abgestimmt.<sup>234</sup> Das MRP-System erhält Nachfragebedarfe und erstellt mithilfe der Zellen-Durchlaufzeiten seiner Datenbank Lieferpläne für alle Zellen. Mit diesen Plänen erstellen die Zellen grobe Losgrößen- und Arbeitszeitpläne. Diese Prozedur unterscheidet sich vom konventionellen Vorgehen mit MRP, wo das System für jede Arbeitsstation einteilt, wann welches Produkt in welchen Losgrößen gefertigt werden soll (rückwärts terminiert vom Liefertermin). Das MRP nützt Durchlaufzeiten für gesamte Zellen anstatt für einzelne Arbeitsstationen. Die geforderten Endproduktmengen und -liefertermine werden 1:1 an die Zellen weitergegeben. Diese berichten an das MRP-System, falls sie der Auftragslast einer Periode nicht nachkommen können, oder falls die Durchlaufzeiten in den Zellen deutlich von den im

<sup>231</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 211ff.

<sup>232</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 216f.

<sup>233</sup> Suri (1998), S. 218.

<sup>234</sup> Vgl.: Riezebos (o.J.), S. 6.

MRP-System hinterlegten abweichen.<sup>235</sup> Typische Fragen, die mit RMT-Tools beantwortet werden können, sind: "Welche Rüstmaßnahmen führen in Summe zu einer Reduktion der Rüstzeiten?" oder "Welche Maschinenfehler beeinträchtigen die Durchlaufzeit am meisten?"

## 6.5 QRM in der Materialsteuerung

Im QRM wird neben der Erstellung von Materialbereitstellungsplänen deren Ausführung überdacht. Im QRM, wo eine große Anzahl unterschiedlicher Artikel produziert wird, wäre ein konventionelles Push-System nicht sinnvoll, da es zu hohe Mengen an WIP und Fertigbestand führen würde. Ein Pull-System ist nicht sinnvoll, da die Parameter eines Auftrages erst bekannt sind, wenn er erhalten wurde. Bestand dafür kann nicht schon vor Auftragseingang vorhanden sein, wie von Pull-Systemen gefordert.<sup>236</sup> Aus den genannten Nachteilen von Pull-Systemen geht hervor, dass QRM ein Push-Element in der Materialsteuerung benötigt. QRM reagiert auf tägliche Produktänderungen durch flexible Strukturen, die aus einem hybriden System, dem sog. Paired-Cell-Overlapping-Loops-of-Cards-with-Authorization (POLCA) resultieren. Dieses Materialsteuerungssystem besonders effizient für kundenspezifische Fertigungen in kleinen Loses. Es eignet sich für Unternehmen mit einer Vielzahl an Produktvarianten, wo es nicht möglich ist, Bestand für alle Varianten auf den verschiedenen Fertigungsstufen vorzuhalten. Es wird nur eingelastet, wenn eine konkrete Bestellung vorliegt.

Typische Anforderungen an Materialmanagementsystem im QRM sind die Fähigkeit, Produkte durch verschiedene Kombinationen von Zellen zu schleusen, wobei sie innerhalb einer Zelle Maschinen in verschiedenen Reihenfolgen anlaufen. Unterschiedliche Kapazitätsbedarfe der Aufträge an verschiedenen Maschinen müssen unterstützt werden.<sup>237</sup> Da bei QRM die Bedarfe, Produktionsraten und Engpässe von Tag zu Tag variieren, muss ein Materialsteuerungssystem für QRM flexibel sein. Im Gegensatz zu Lean Manufacturing muss es möglich sein, dass Zellen einen Materialfluss in mehrere Richtungen aufweisen. Diese Anforderungen werden durch POLCA erfüllt. POLCA baut auf den genannten Umstellungen des MRP-Systems auf.<sup>238</sup> Letzteres druckt den Routenschein für jeden Job der eingelastet wird.<sup>239</sup> Er begleitet den Auftrag, beschreibt die geforderte Sequenz an Bearbeitungsschritten, nennt die Komponenten, die an einer bestimmten Arbeitsstation zum Auftrag hinzuzufügen sind, und weitere spezielle Instruktionen z.B. die Zellensequenz je Auftrag. Wenn das Unternehmen einen Kundenauftrag erhält, nutzt das MRP-System die geplanten Durchlaufzeiten der Zellen, um Zeiten festzulegen, wann jede Zelle in der Jobroute beginnen darf, den Job zu bearbeiten (und

---

<sup>235</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 217 - 220.

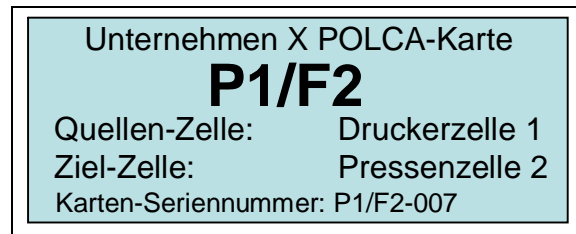
<sup>236</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 233.

<sup>237</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 245.

<sup>238</sup> Vgl.: Riezebos (o.J.), S. 13.

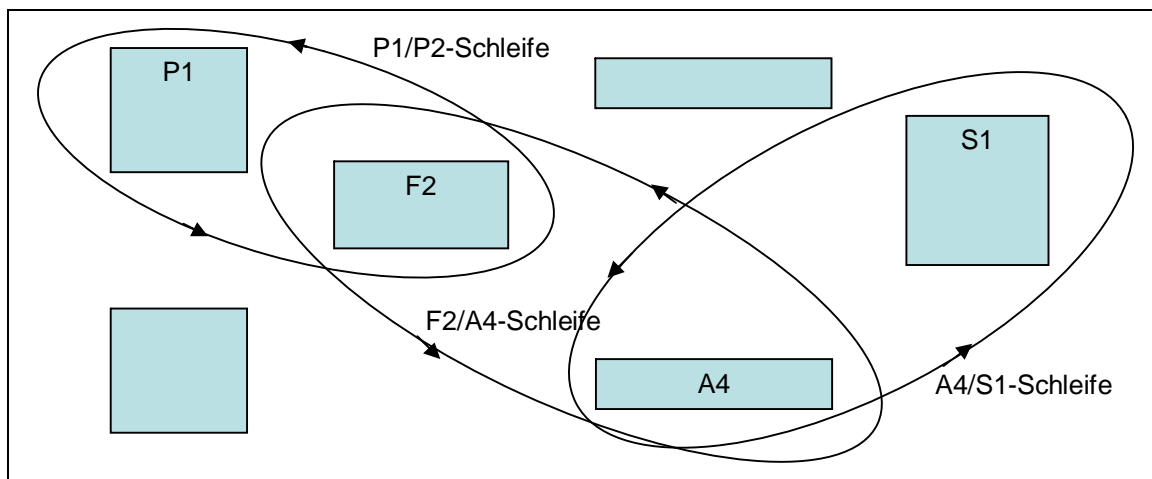
<sup>239</sup> Vgl.: Stone (2006), S. 4.

nicht, wann eine Zelle die Bearbeitung beginnen wird bzw. sollte, wie beim Standard-MRP-System). Der Auftrag liegt im Input-Puffer der Zelle P1. Warten mehrere Jobs auf ihre Bearbeitung, werden sie so sortiert, dass jener Job, dessen Freigabe am frühesten erfolgen wird, an erster Stelle steht. Kann das Zellenteam mit der Bearbeitung eines Jobs beginnen, wählt es jenen an erster Stelle und schaut, ob für diesen eine POLCA-Karte verfügbar ist, die der Destination des Jobs (vom Job Ticket ersichtlich) entspricht.



**Abbildung 18: POLCA- Karte:** In der Mitte steht für das Zellenpaar für welches die Karte benutzt wird. Die Zellenabkürzungen werden erklärt. Die Seriennummer wird vom Disponenten verwendet, der die Anzahl an POLCA-Karten steuert.<sup>240</sup>

Wenn nicht, wird versucht, den nächsten Job in der Schlange mit einer POLCA-Karte zusammenzuführen. Kann kein Job eingelastet werden, wird gewartet bis ein neuer Job/eine neue POLCA-Karte den Input-Puffer erreicht, oder ein Job in der Schlange seine Freigabe durch das MRP erhält, bevor die Warteschlange erneut durchlaufen wird.<sup>241</sup>



**Abbildung 19: POLCA Zyklus für einen bestimmten Auftrag**<sup>242</sup>

Ist Rohmaterial vorhanden, eine P1/F2 POLCA-Karte verfügbar (POLCA-Karten sind nicht produktspezifisch), und die Freigabe vom MRP erteilt, wird der Job in die Zelle eingelastet. Dann tritt der erste Unterschied zu einem Kanban-System auf: Obwohl die POLCA-Karte den Auftrag begleitet, wird der Materialfluss in der Zelle nicht durch die POLCA-Karte kontrolliert, sondern durch das verwandte Materialsteuerungssystem (mögliche Optionen werden später genannt). Wurde der Job in der ersten Zelle fertig gestellt, wird er mit der P1/F2 POLCA-

<sup>240</sup> Suri (1998), S. 249.

<sup>241</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 253ff.

<sup>242</sup> Suri (1998), S. 247.

Karte durch das Team der ersten Zelle in den Input-Puffer der zweiten Zelle weitergeleitet. Eine zusätzliche Karte für den Materialtransport (wie der Transport-Kanban) ist nicht erforderlich. Erreicht der Auftrag die Zelle F2, wartet er auf eine F2/A4 POLCA-Karte, da der Auftrag an die Zelle A4 weitergeleitet werden soll. Ist diese POLCA-Karte vorhanden, tritt die zweite Abweichung von Kanban auf. Bei Kanban würde jetzt bereits die P1/F2 POLCA-Karte vom Auftrag getrennt und an die Zelle P1 zurückgeschickt werden. Im POLCA-System begleitet sie den Auftrag auch durch die zweite Zelle. D.h. Aufträge in der zweiten Zelle werden durch zwei Karten begleitet, da sie zu zwei Kartenzyklen gehören (daher die Bezeichnung Overlapping Loops). Dies gilt für alle Zellen außer der Start- und Endzelle.<sup>243</sup> Hat der Auftrag die zweite Zelle (F2) durchlaufen, wird die P1/F2-Karte vom Auftrag getrennt und durch das Zellenteam F2 an den Beginn der ersten Zelle transportiert. Der Job wird mit der Karte F2/A4 durch das Zellenteam P2 zum Inputpuffer der nächsten Zelle gebracht. Der Prozess wiederholt sich nun. Erreicht der Job die letzte Zelle der Jobroute, muss er auf keine weitere POLCA-Karte warten und wird eingelastet, wenn die Zelle bereit ist, den Job zu bearbeiten.

Um die Anzahl der POLCA-Karten für jedes Zellenpaar zu dimensionieren, wird wie folgt vorgegangen: Das MRP-System läuft für einen bestimmten Planungshorizont (z.B. drei Monate), und betrachtet sowohl bestehende Kundenaufträge als auch Forecasts je Produktfamilie. Es nützt die Forecasts im Gegenteil zum traditionellen MRP (Forecasts führen zur Fehlnutzung von Kapazitäten, Stauungen und der Response Time Spiral) nur für die Kapazitätsplanung und die Dimensionierung der POLCA-Karten. Es wird kein Material basierend auf Forecasts eingelastet. Die Forecasts werden genützt, um die Produkttrouten zu prognostizieren, denen die zukünftigen Jobs folgen werden, und um grobe Bearbeitungszeiten aus den antizipierten Kundenspezifikationen abzuleiten. Der prognostizierte Workload wird dann an das jeweilige Zellenteam weitergeleitet. Die Zellenteams nutzen ihre Planungstools, um ihre durchschnittlichen zukünftigen Durchlaufzeiten zu schätzen. Die Anzahl der POLCA-Karten je Kartenschleife kann dann durch den Einsatz von Little's Law errechnet werden. Ist  $LT(A)$  die geschätzte durchschnittliche Durchlaufzeit (in Tagen) für die Zelle A über den Planungshorizont, und  $LT(B)$  jene für die Zelle B, und ist  $NUM(A,B)$  die Gesamtanzahl an Jobs, die innerhalb des Planungshorizontes von Zelle A zu Zelle B laufen, und  $D$  die Anzahl an Arbeitstagen im Planungshorizont, ergibt sich die Anzahl an POLCA-Karten für die A/B Schleife mit:

$$\text{Anzahl A/B Karten} = [LT(A) + LT(B)] * NUM(A,B)/D \quad | \quad \text{Vgl. WIP} = \text{Production Rate} * \text{Lead Time}$$

**Formel 2: Dimensionierung der POLCA-Karten<sup>244</sup>**  
**Jede Kommazahl wird auf den nächsten Integer aufgerundet.**

<sup>243</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 249ff.

<sup>244</sup> Suri (1998), S. 255.

Das Zellenteam legt mit seinen Planungstools auch das Quantum der POLCA-Karten fest, d.h. die Materialmenge, die jede einzelne Karte begleiten sollte. Idealerweise sollte jede POLCA-Karte einem Kundenauftrag entsprechen (Quantum gleich Größe des Kundenauftrages). Ist ein Auftrag zu groß, um als Gesamtjob eine POLCA-Karte zu begleiten (weil die Durchlaufzeit zu lange wäre, und das Los andere Jobs aufhalten würde), wird der Job aufgespalten und auf mehrere Karten verteilt. Das Quantum wird von den Zellen dem MRP vorgeschlagen, und von diesem für den Planungshorizont festgelegt.<sup>245</sup> Durch die Zusammenführung von Zellen zu Paaren stellen die POLCA-Karten sicher, dass eine Zelle nur dann an einem Job arbeitet, wenn für diesen die Zielzelle Kapazität hat (nicht überladen ist).<sup>246</sup> Ist eine POLCA-Karte von einer anschließenden Zelle nicht verfügbar, bedeutet dies, dass sich bei der nächsten Zelle oder bei Zellen, die auf die nächste folgen, Jobs stauen. Es wird keine Kapazität an derartige Jobs verschwendet, und der WIP gering gehalten. Auch die Nutzung der MRP-Freigabezeiten verhindert den Aufbau von unnötigem WIP. Die Verbindung von POLCA mit MRP stellt sicher, dass kein Produkt gefertigt wird, wenn ein Pullsignal auftritt, sondern nur dann wenn eine konkrete Nachfrage dafür vorliegt.

Im Unterschied zu Kanban, wo die Arbeitsstationen innerhalb der Zelle und zwischen Zellen mit Kanban-Karten eng gekoppelt sind, haben die POLCA-Karten längere Schleifen. Die daraus entstehenden zusätzlichen Jobs in den Schleifen agieren als Puffer, und fangen Variationen in Nachfragemenge und Produktmix auf. Dies erlaubt jeder Zelle, seine Kapazität so gut wie möglich auf den momentanen Produktmix auszurichten. Es sei angenommen, dass eine Zelle P1 eine Zelle P2 bedient. P1 arbeitet an einem bestimmten Tag übermäßig schnell. Die Jobs an diesem Tag haben lange Bearbeitungszeiten an der Zelle P2, und die Variation der Spezifikationen der Jobs für die zweite Zelle ist hoch. Folglich entsteht an einer Maschine der zweiten Zelle ein Bottleneck. Nun macht es einen Unterschied, ob den Zellen P1 bzw. P2 je zwei Kanbankarten zur Verfügung gestellt werden, oder ob in diesem Zellenpaar vier P1/P2 POLCA-Karten kursieren. In zweitem Fall ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass Karten vor der Engpassmaschine warten. Sie wird besser ausgelastet.<sup>247</sup> Ein Pull-System würde versuchen, die betroffenen Operationen in einem solchen Szenario neu auszurichten. Dies ist in einem dynamischen Umfeld wegen der hohen Variabilität zwischen Jobs nicht sinnvoll. QRM-Zellen benötigen Extrakapazität, um auf Nachfrageerhöhungen oder den schwankenden Produktmix zu reagieren (z.B. wenn bestimmte Maschinen durch den Mix mehr belastet werden als andere). In diesem Punkt stimmt QRM mit JIT überein, wo es auch üblich ist, Extrakapa-

---

<sup>245</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 256.

<sup>246</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 247f.

<sup>247</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 256 - 259.

zität (anstatt WIP) vorzuhalten.<sup>248</sup> Variabilitäten werden zudem durch eine flexible Organisation (siehe 6.9.3) reduziert. Der Kartenzyklus sollte nicht über zwei Zellen erweitert werden, da dann wegen den vielen möglichen Routen viele Karten im System kursieren würden und deren Planung sehr komplex würde. Weiters wären die Wechselwirkungen zwischen den Zellen nicht eindeutig. Im Fall eines P1/F2/A4/S1 Jobs könnte der Bottleneck, falls keine Karte im Input-Puffer der Zelle P1 vorhanden ist, in jeder der anderen drei Zellen liegen. Hingegen besteht in einem Zellenpaar eine eindeutige Kunden-Lieferantenbeziehung. Jede Zelle hat eine beschränkte Anzahl an Zellen, mit denen sie wechselwirkt, weshalb diese Beziehungen effizienter koordiniert werden können, falls z.B. Qualitätsprobleme, Nacharbeit, oder verspätete Jobs auftreten. POLCA kann leicht auf ein Szenario erweitert werden, wo eine Montagezelle Komponenten von mehreren Zellen benötigt, um einen Job zu bearbeiten. Diese Information wäre dann auf den Job Tickets der Komponenten vermerkt. Weiters können (externe) Lieferanten in das POLCA-System eingebunden werden. Der Lieferant wird als Zelle behandelt, und durch eine POLCA-Karte und Autorisation das MRP gesteuert.<sup>249</sup>

Tritt in POLCA die Situation auf, dass eine Engpassmaschine auf einen Job wartet, weil die Zelle dafür keinen Job fertigen kann (keine POLCA-Karte vorhanden), ist die Ursache dieses Problems im Zellenpaar zu analysieren. Die scheinbar vergeudete Zeit an der Engpassmaschine wird für präventive Instandhaltung und kontinuierliche Verbesserung genutzt. Das Zellenteam trifft die Entscheidung, welche Materialsteuerungsstrategie zellenintern eingesetzt wird. Die Entscheidung hängt u.A. von der Struktur der Zelle und den Vorlieben des Zellenteams ab. Benötigen Maschinen einer Zelle Rüstvorgänge, und folgen alle Produkte demselben linearen Materialfluss, könnte z.B. eine Kleinserienfertigung mit Kanban-System verwandt werden. Eine Zelle, wo die Produkte in verschiedenen Reihenfolgen an die Maschinen laufen, könnte den WIP mit POLCA-Karten kontrollieren. Eine Zelle mit verschiedenartigen Produkten/Routen könnte Finite-Capacity-Scheduling-Software einsetzen, um zu entscheiden, welche Jobs am Tag wie gelaufen werden. All diese Steuerungssysteme sind mit POLCA vereinbar, was POLCA von Kanban unterscheidet.

## 6.6 Lieferantenbeziehungen

Neben dem internen Materialfluss muss das QRM-Unternehmen auch auf den externen Materialfluss achten, d.h. den Materialfluss von den Lieferanten zum Unternehmen und vom Unternehmen zum Kunden. Sinkt die Durchlaufzeit in der Fertigung, wird es auch kritischer Materialien früher vom Lieferanten zu erhalten, um die Versorgung der Fertigung sicherzustellen.

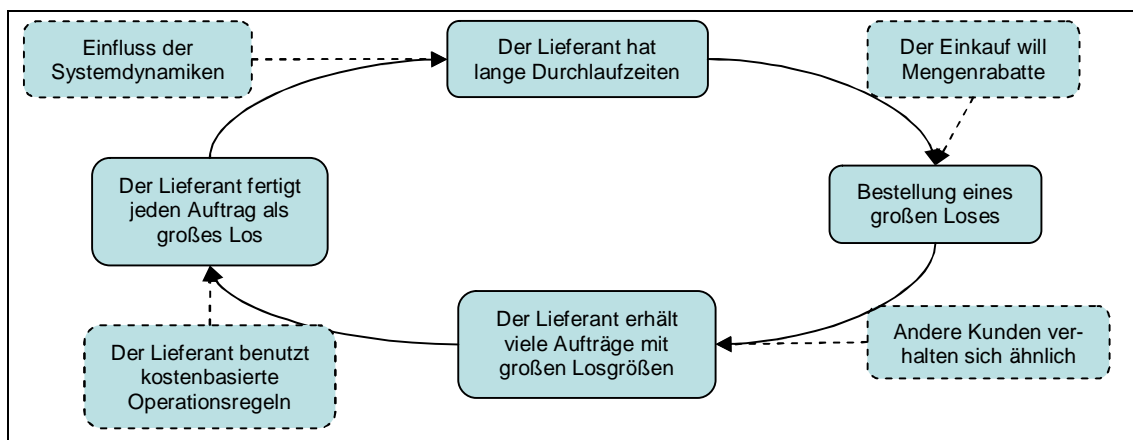
---

<sup>248</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 263f.

<sup>249</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 263; Goranson (1999), S. 199f.



len. Auch, weil es bei Produkten, die speziell für den Kunden gestaltet werden, nicht möglich ist, Rohmaterial für alle gängigen Alternativen vorrätig zu halten.<sup>250</sup> Zwei Punkte sind im Umgang mit Lieferanten besonders wichtig (sie wurden auch im JIT behandelt): Die Lieferantenauswahl und der Aufbau von Partnerschaften mit einigen wenigen Lieferanten. Zu beachten ist die folgende Response Time Spiral: Wird beim Lieferanten in großen Losen bestellt, weil die Wiederbeschaffungszeit lang und die Kundennachfrage unsicher ist, und um Mengenrabatte zu erzielen, motiviert dies den Lieferanten in großen Losen zu fertigen, wenn er durch traditionelles Kosten- und Effizienzdenken getrieben wird. Diese großen Lose bedingen lange Auftragsdurchlaufzeiten. Diese motivieren den Kunden, noch größere Lose zu bestellen. Herkömmliche Anreizsysteme, die den Einkäufer, der Kosteneinsparungen durch Rabatte realisiert, belohnen, motivieren zusätzlich große Einkaufslose. Beim Lieferanten führen diese großen Lose durch genannte Dynamiken zu schlechterer Qualität und hohen Kosten. Effizienzprogramme werden eingeführt, welche die DLZ weiter erhöhen.<sup>251</sup>



**Abbildung 20: Response Time Spiral (Lieferant)**<sup>252</sup>

Diese Probleme des Lieferanten führen zu verspäteten Lieferungen. Die schlechte Qualität bewirkt Garantiefälle oder Downtimes an teuren Maschinen des Kunden. Das Unternehmen unterzieht sich bei großen Bestelllosen weiters dem Risiko, dass Änderungen im Markt die Lieferung überflüssig machen. Die Feedbackschleife zwischen eigener Produktion und jener des Lieferanten weitet sich aus. Ist das Los mangelhaft, wird dies erst spät erkannt, und macht Umplanungen notwendig. Der Lieferant ist so spät nicht mehr in der Lage, die Ursache für den Fehler zu erkennen, weshalb er in der Zukunft erneut auftreten wird. Wegen den immer längeren Durchlaufzeiten des Lieferanten wird der Planungshorizont für die Produktion des Kunden verlängert, was zu einer weiteren Response Time Spiral führt. Um diese Probleme zu beheben, sollte der Lieferant auch QRM einführen, was dazu führt, dass er klei-

<sup>250</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 267f.

<sup>251</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 269f.

<sup>252</sup> Suri (1998), S. 270.

nere Lose zu geringeren Kosten, besserer Qualität und in kürzerer DLZ fertigen kann. Da QRM nicht übernacht eingeführt werden kann, und seine Vorteile erst nach einiger Zeit wirksam werden, verlangt dies eine langfristige Zusammenarbeit mit dem Lieferanten. Der eigene Einkauf wird in QRM-Prinzipien (den Nachteilen großer Bestellmengen) geschult. Leistungsmessgrößen für den Einkauf werden überdacht, da die traditionelle Mentalität (Kostensparnis um jeden Preis) für QRM schädlich ist (siehe 6.12).<sup>253</sup> Bei Lieferantenbewertung und Leistungsmessung steht die Reduktion von Durchlaufzeiten im Vordergrund. Der direkte Fokus auf On-Time-Lieferperformance führt zum Ausweiten von Standarddurchlaufzeiten durch den Lieferanten. Da der Kunde dann den Planungshorizont seiner Forecasts ausweiten muss, führt dies auch zur Response Time Spiral beim Kunden. Mit dem Lieferanten wird gemeinsam an dessen QRM-Einführung gearbeitet, da Lieferanten (vor allem KMU-Lieferanten) nach Programmen zur Senkung von Overhead oft nicht die Personalkapazität haben, um QRM eigenständig einzuführen.<sup>254</sup>

Systeme werden implementiert, die es dem Lieferanten erlauben zu lernen, wie er die Kundenbedürfnisse bestmöglich unterstützen kann. Z.B. muss der Lieferant (evtl. anhand eines Prototyps) verstehen, wie seine Komponente in das Kundenprodukt eingeht.<sup>255</sup> Räumliche Nähe ist neben der Reduktion von Durchlaufzeiten ein wichtiges Kriterium der Lieferantenbewertung. Sie ermöglicht es, Rohmaterialbestand zu senken, effizient mit dem Lieferanten an QRM zu arbeiten, und erleichtert die Beschaffungsplanung. Typische Kosten, die in der Lieferantenauswahl oft nicht berücksichtigt werden, sind:<sup>256</sup>

- Frachtkosten für Einlaufträge (d.h. Luftfrachten)
- Lagerhaltungskosten z.B. Kosten für Zinsen, Raum und Versicherung (bei längeren Lieferzeiten wird mehr Bestand vorgehalten, um Bedarfsschwankungen auszugleichen)
- Kosten für einen aufwändigeren Bestellabwicklungsprozess
- Qualitätskosten (Inspektion, Maschinenbearbeitungszeit bevor ein Mangel erkannt wird, Nacharbeit, Eillieferungen)
- Variabilitätskosten (bedingt durch lange Bestellabwicklungs- und Lieferzeiten, die permanente Umplanungen verursachen)

Der Lieferant könnte die Vorhaltung von Point-of-Use-Bestand (POU) übernehmen, um die interne Planung zu vereinfachen. Hierfür werden ihm Informationen über den anstehenden Bedarf und die aktuellen Bestandsdaten zur Verfügung gestellt werden. Zudem muss der Lieferant die Planungsprozesse beim Kunden verstehen, um nachvollziehen zu können, wie die genannten Zahlen zustande kommen. Ein derartiges Modell ist auch für den Lieferanten vorteilhaft, da er so nicht permanent auf Anfragen in letzter Minute reagieren muss. Wird

---

<sup>253</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 272f.

<sup>254</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 276f.

<sup>255</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 273ff.

<sup>256</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 278f.

POU-Bestand eingesetzt, müssen Entscheidungen über Bestandsmengen und Lagerorte getroffen werden. Wirtschaftlich macht es keinen Sinn, jeder Zelle seine eigenen Behälter zur Verfügung zu stellen, wenn viele Zellen dieselben Teile benötigen (dies würde zu hohem Bestand führen). Verwendet nur eine Zelle bestimmte Teile, werden Behälter dafür direkt in der Zelle positioniert und vom Lieferanten direkt beliefert. Werden Teile von mehreren Zellen benötigt, rechtfertigen hochvolumige Teile die Lagerung in einzelnen Zellen. Teile mit mittlerem Volumen werden zentral positioniert, dass sie für alle Zellen gut erreichbar sind. Für Teile mit geringem Volumen die selten von mehreren Zellen benötigt werden, wird keine POU-Strategie verwandt. Diese Teile werden in einem zentralen Lagerraum gelagert.<sup>257</sup>

Eine weitere Strategie ist Kapazität beim Lieferanten zu reservieren, anstatt Aufträge für bestimmte Teile aufzugeben. Da ein QRM-Unternehmen nicht beim Lieferanten bestellen kann, bevor ein Kundenauftrag vorliegt, sollte bei Lieferanten, deren lange Lieferzeit aus einem permanenten Arbeitsüberhang (und nicht der tatsächlichen Bearbeitungszeit) resultiert, für vordefinierte zukünftige Intervalle Fertigungskapazität reserviert werden, ohne tatsächliche Aufträge zu nennen. Laufen dann kurz vor den Intervallen Kundenaufträge ein, werden diese den Zeitintervallen zugeordnet. Ist z.B. der durchschnittliche Wochenbedarf für eine bestimmte Operation bekannt, die an den Lieferanten vergeben wurde (z.B. weil die dafür nötige Maschine teuer und kaum ausgelastet wäre), werden entsprechende Zeitfenster beim Lieferanten über die Woche verteilt eingekauft. Dies ist eine Erweiterung der Time-Slicing-Strategie auf den Lieferanten. Die (unwirtschaftliche) Alternative wäre, herkömmlich zu bestellen, und Kosten für Eilaufträge und verspätete Kundenauslieferungen zu akzeptieren. Moderne Technologien bieten Möglichkeiten zur Durchlaufzeitenreduktion. Z.B. können CAD-Daten via EDI an den Lieferanten übertragen werden, der ohne Datenübertrag mit den Computerdaten arbeiten kann.

Die Nutzung von Barcoding durch Lieferanten und Kunden ermöglicht eine unmittelbare Verifikation von Teileidentitäten am Shopfloor. Allerdings sollten Investitionen in derartige Technologien nicht überstürzt werden, wie noch erklärt wird. Standardisierung (z.B. durch Plattformkonzepte oder verspätete Differenzierung) bietet weitere Möglichkeiten, um die Lieferzeiten des Lieferanten zu senken (siehe 6.10). Durch sie werden Produkte in Standardteile umgewandelt, die stets in der Lieferpipeline sind. Handelt es sich beim QRM-Unternehmen um ein Kleinunternehmen könnten mit anderen Unternehmen Industrieverbände gegründet werden, um die Verhandlungsmacht zu erhöhen.<sup>258</sup>

---

<sup>257</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 281f.

<sup>258</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 282 - 285.

## 6.7 Kundenbeziehungen

Ausgangspunkt der Response Time Spiral ist nun die eigene Einkaufsabteilung, die dem Kunden Mengenrabatte anbietet. Lösung ist, mit dem Kunden Partnerschaften aufzubauen. Während QRM eingeführt wird, sollten die Bestelllosgrößen kontinuierlich verkleinert werden. Den Kunden dürfen Mengenrabatte angeboten werden, allerdings als Blanket Order, wo der Kunde eine bestimmte Abnahmemenge über ein Jahr garantiert, diese jedoch in kleinen Losen abrufen. Besteht der Kunde darauf, in großen Losen zu bestellen (z.B. weil die Lieferzeit des eigenen Unternehmens stets lang war), wird sie in kleinen Losen bearbeitet, um zu vermeiden, dass die große Bestellung andere Kundenaufträge blockiert. Ein großes Los führt wie erwähnt zu Ausschuss, Nacharbeit und Eilaufträgen (siehe 6.3). Die Aufspaltung eines großen Auftrages ermöglicht es anderen Aufträgen, kritische Ressourcen zu passieren. Die Summe der Kosten, die aus großen Bestelllosen entsteht, übertrifft langfristig die Einsparungen an Rüstkosten durch diese.<sup>259</sup> Erkennt der Kunde, dass das QRM-Unternehmen zuverlässig in kurzen Lieferzeiten liefert, wird er in kleineren Losen bestellen, z.B. um niedrigere Bestände und bessere Reaktionsfähigkeit gegenüber den eigenen Kunden zu erreichen.

Das QRM-Unternehmen kann die Einführung von QRM mit neuen Marketingstrategien kombinieren. Vorteile, wenn von einem QRM-Unternehmen eingekauft wird, sind u.A. dass

- der Kunde weniger Zeit in Forecasts investieren muss
- Kosten für Eilaufträge und Umplanungen reduziert werden
- mit dem QRM-Unternehmen neue Produkte schneller entwickelt werden können
- weniger Qualitätsprobleme bei der Montage und nach dem Verkauf auftreten
- die eigenen Downtimes genauer geplant werden können
- die Bestandskosten reduziert werden

Um flexibler auf Kundenbestellungen zu reagieren, ist die Reaktionsfähigkeit ein Kriterium bei der LKW-Beladung. Die Durchlaufzeit der Transportabteilung (von Erhalt des Auftrages bis zum Erreichen des Kundendocks) wird zur zentralen Anreizgröße. Outsourcing der Transportaufgabe und die Nutzung kleinerer LKW/Container sind zu erwägen. Bei der Auswahl eines Outsourcingpartners ist erneut Durchlaufzeit die zentrale Größe. Electronic Commerce stellt für QRM eine mögliche Option dar. Das Internet erlaubt Kunden, das Produktangebot online zu untersuchen, ihr Produkt zu konfigurieren, eine Kostenschätzung dafür abzufragen, und eine Bestellung aufzugeben. Auf diese Art übernimmt der Kunde Teile der Designspezifikation, und einige Schritte des Bestellprozesses fallen weg. Mit den Designern und Fertigungsingenieuren des Kunden wird zusammengearbeitet, und versucht, gleiche/ähnliche Teile des Lieferanten mehrfach einzusetzen, da dies die Materialdisposition erleichtert. Auch die Reaktionsfähigkeit steigt, da der Lieferant bei ähnlichen Komponenten idente Produkt-

---

<sup>259</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 285f.

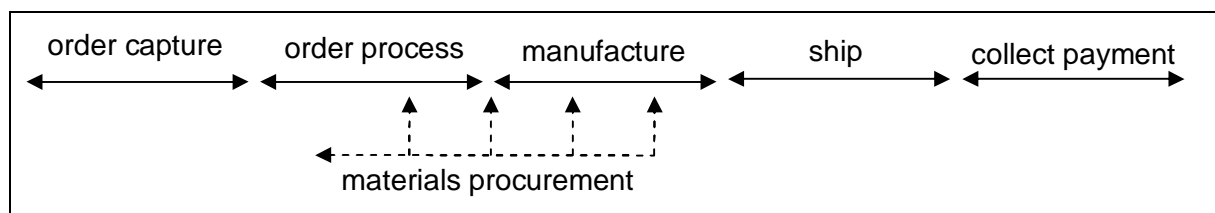
merkmale vorfertigen kann, um statt Rohmaterial Teile mit Anarbeitungsgrad zu lagern. Weiters kann er gewisse Rohmaterialien auf Lager halten, anstatt erst bei Auftragseingang des Kunden zu bestellen.<sup>260</sup>

## 6.8 Externe Materialbereitstellung/ Supply Chain Management

Die genannten Strategien in Bezug auf Kunden und Lieferanten werden über die gesamte Supply Chain verwandt. Eines der schädlichsten Phänomene der traditionellen Supply Chain ist der Bullwhip-Effekt [ein Überbegriff für den Burbidge-Effekt (unterschiedliche Bestellperioden) und den Forrester-Effekt (Überreaktion auf Bedarfsschübe)]. Kleine Änderungen im Endbedarf führen zu großen Bedarfsschwankungen (Bestellaufträgen) in vorgelagerten Fertigungsstufen.<sup>261</sup> Die Lösung ist eine gemeinsame Planung. Hierfür teilen die letzten Fertigungsunternehmen in der Kette ihre Forecasts mit der gesamten Supply Chain. Vertreter des Marketing-und-Sales-Bereiches der verschiedenen Unternehmen entwerfen in regelmäßigen Meetings gemeinsam Pläne und Forecasts. Verkaufsdaten werden direkt am Point of Sales erfasst (z.B. durch Barcoding) und an die Supply Chain kommuniziert, womit die Teilnehmer der genannten Meetings mit einer gemeinsamen Datenbasis arbeiten können. Wiederholte Qualitätsprüfungen der Produkte werden eliminiert.<sup>262</sup>

## 6.9 QRM in der Auftragsabwicklung

Um die Geschwindigkeit der Auftragsabwicklung zu steigern, wird der gesamte Bereich vom ersten Kundenkontakt bis zum Zahlungserhalt betrachtet, der sich in sechs Bereiche gliedert.



**Abbildung 21: Phasen der Auftragsabwicklung**<sup>263</sup>

Da die ersten beiden Stufen dieses Prozesses häufig 50% der Auftragsdurchlaufzeit ausmachen, darf sich QRM nicht auf die Produktion beschränken. Die Order-Capture-Phase umfasst Aktivitäten, die zum Vertragsabschluss führen. Vorteil einer schnellen Order Capture Time ist ein kurzer Cash-Flow-Cycle. Aktivitäten dieser Phase dienen dazu, Kundenaufträge zu sichern, und können einzelnen Aufträgen nicht zugeordnet werden. Sie verursachen Overhead. Einsparungen der Order-Capture-Time führen folglich zu Overheadreduktionen.<sup>264</sup> Neben

<sup>260</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 288ff.

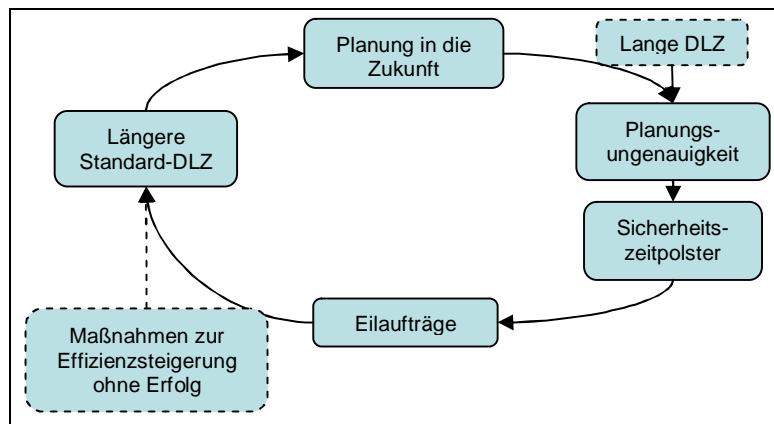
<sup>261</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 292ff; Alicko (2005), S. 3.

<sup>262</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 296f.

<sup>263</sup> Suri (1998), S. 41.

<sup>264</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 41ff.

Aktivitäten, die mit der Sicherung von Kundenaufträgen einhergehen, werden im Büro Aktivitäten der Auftragsbearbeitung (Erstellung von CAD-Zeichnungen, CNC-Programmen, Prozessplanung, Materialplanung<sup>265</sup>) und der Produktgestaltung und -entwicklung durchgeführt. Office-Operationen entsprechen oft mehr als 25% der Cost of Goods Sold.<sup>266</sup> Ungeachtet der Bedeutung des Office-Bereiches haben Manager oft ein sehr ungenaues Bild relevanter Arbeitsschritte und Prozeduren im Büro.<sup>267</sup> Ein Grund hierfür ist die nicht vorhandene Durchlaufzeitenmessung. Die Vorteile kurzer Durchlaufzeiten im Officebereich werden unterschätzt, da keine Analysen über die Auswirkung von Order Capture Rate und Arbeitsstunden pro Offerte auf den Nettogewinn erstellt werden.<sup>268</sup> Auch der Office-Bereich ist von der Response Time Spiral betroffen. Die Abteilungen planen in die Zukunft, um sicherzustellen, dass Jobs die Liefertermine an die Fertigung einhalten. Auch die zukünftige Arbeitsbelastung und die dafür nötigen Personal- und anderen Ressourcen müssen abgeschätzt werden.



**Abbildung 22: Response Time Spiral im Office-Bereich**

Zudem wird Planung benötigt, damit Mitarbeiter einschätzen können, welche Fertigstellungstermine sie für neue Kundenaufträge nennen können. Aufgrund einer langen DLZ in traditionellen Büros (Auftragsüberhang, funktionale Organisation) sinkt die Planungsgenauigkeit. Änderungen in der Kundenspezifikation, unerwartete neue Aufträge oder Fehler und Nacharbeit verursachen Abweichungen von der ursprünglichen Planung. Um diesen Abweichungen vorzubeugen, werden Sicherheitsspannen in die Planzeiten eingebaut. Durchlaufzeiten sind unnötig lang, und Jobs werden (wie in der Fertigung) früher als nötig in das System eingelastet. Wegen der langen Standard-DLZ werden Jobs angenommen, die in weniger als dieser erfüllt werden müssen (z.B. wenn ein Kunde trotz Änderung von Auftragsdetails denselben Liefertermin fordert). Die Folge sind Eilaufträge, die andere Jobs stören. Die Manager

<sup>265</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 91f.

<sup>266</sup> Die Cost of Good Sold (die Kosten für die Herstellung eines Produktes inklusive Aktivitäten wie Auftragseingang oder Engineering) setzt sich aus Materialkosten, direkten Personalkosten und Overhead zusammen. Wenn ein Unternehmen für den COGS verkauft, trifft es genau den Break-Even-Point. [Suri (1998), S. 45ff.]

<sup>267</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 303ff.

<sup>268</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 306ff.

der Abteilungen versuchen, dem entgegenzuwirken, indem sie die Effizienz ihrer Abteilung steigern. Diese Maßnahme führt aus genannten Gründen zu keiner Verkürzung der DLZ. Letztendlich werden längere Standarddurchlaufzeiten genannt, um die Liefertreue zu verbessern. Mit diesen längeren Durchlaufzeiten sinkt die Planungsgenauigkeit noch mehr, und der Bedarf für Eilaufträge steigt erneut.<sup>269</sup> Um die Response Time Spiral zu beheben, können viele der genannten Strategien für den Shopfloor (z.B. Zellen) auf den Officebereich übertragen werden. Neben organisatorischen Prinzipien und Prinzipien der Handhabung von Information sind Prinzipien der Systemdynamik für die Reduktion von Durchlaufzeiten im Officebereich relevant.<sup>270</sup>

### 6.9.1 Organisatorische Prinzipien

Ausgangspunkt für Veränderungen im Office-Bereich ist erneut ein bestimmtes Marktsegment, wo Quick Response eine entscheidende Verbesserung der Wettbewerbsposition erreichen würde. Dann wird das „Produkt“ der Officeaktivitäten für dieses Segment identifiziert. Dabei kann es sich um eine Mappe mit Entwürfen, Jobrouten und Fertigungsanweisungen handeln, oder eine Offerte, wenn sich die ORM-Aktivitäten auf die Erstellung von Offerten konzentrieren. Als nächster Schritt werden jene Officeaktivitäten identifiziert, die für die Erstellung des Produktes notwendig sind. Um Prozessschritte zu identifizieren, werden Tools wie Process Mapping und Tagging (siehe 6.9.2) eingesetzt. Anschließend wird ein Subsegment des Kernprozesses identifiziert, wo Prozessvereinfachungen möglich sind. Betrachtet werden z.B. Ausnahmen, Sonderfälle und weitere Prozessanomalien. Identifiziert werden Anteile des betrachteten Marktsegmentes, wo derartige Anomalien seltener auftreten, um Jobklassen zu erkennen, die mit einem einfacheren Prozess besser bedient werden könnten. Diese Schritte werden in Brainstormings mit Vertretern des Verkaufs, Kundenservice, und jener Abteilungen durchgeführt, die Jobs für das Marktsegment bearbeiten.

Wurde ein Untersegment des Marktsegmentes identifiziert, wo Prozessvereinfachungen sinnvoll sind, wird hinterfragt, ob dahinter ein Kundenstock steht, der durch kürzere Durchlaufzeiten angezogen würde. Wurde ein solches Untersegment (focused target market segment, FTMS) gefunden, wird dafür eine Officezelle errichtet. Auch wenn die Prinzipien für Officezellen jenen des Cellular Manufacturing entsprechen, ist die Implementierung etwas verschieden.<sup>271</sup> Die verschiedenen Arbeitsschritte die für das FTMS in Frage kommen werden mit

---

<sup>269</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 309f.

<sup>270</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 310f.

<sup>271</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 314ff.

einer Value-added-Analysis<sup>272</sup> (siehe 6.9.2) auf ihre Bedeutung geprüft. Die ausgewählten Funktionen werden an Zellen-Mitarbeiter vergeben. Unnötig ist, dass jede Funktion durch eine Person erledigt wird. Durch Schulungen ist vielmehr zu ermöglichen, dass jeder Zellenmitarbeiter mehrere Arbeitsschritte durchführen kann. Dies erlaubt der Zelle, auch zu operieren, wenn ein Mitarbeiter ausfällt. Weiters wird der Job für den Mitarbeiter angereichert, und ermöglicht, dass Mitarbeiter arbeitsübergreifende Optimierungsschritte erkennen können. Die Anzahl der Schnittstellen in der Zelle wird auch reduziert, was zu kürzeren Durchlaufzeiten führt. Eine Daumenregel besagt, dass jede Weitergabe eines Jobs, die im Büro eingespart wird, die Durchlaufzeit des Auftrages um einen Tag verkürzt. Wurden Mitarbeiter für die identifizierten Funktionen (auf freiwilliger Basis) ausgesucht, erhalten sie ihre Schreibtische nebeneinander, und verbleiben nicht in den funktionalen Abteilungen. Die Berichtsstrukturen werden geändert, weg von der Berichterstattung an den Abteilungsleiter (siehe 6.12).<sup>273</sup>

Die Officezelle ist idealerweise in der Lage, alle Arbeitsschritte zu erfüllen, die für das FTMS benötigt werden. Den Zellen wird Entscheidungsautorität übertragen. Das Management legt z.B. fest, dass die Zellen ohne Zustimmung von außen Offerten bis zu einem bestimmten finanziellen Rahmen legen dürfen. Ist die Anzahl der identifizierten Funktionen so groß, dass die Zelle 20 oder 30 Mitarbeiter benötigen würde, wird versucht, das FTMS einzuengen. Mögliche Ansätze sind:<sup>274</sup>

- die Kombination/Elimination von Arbeitsschritten durch Crosstraining, Qualitätsverbesserungsprogramme und den Einsatz von IT (z.B. Elimination von Kontrollschritten).
- die Neugestaltung von Schritten: Sowohl das Design von Arbeitsschritten als auch der Einsatz von Technologien sind hier betroffen. Z.B. werden Formulare eingesetzt, um sicherzustellen, dass vom Vertrieb Kundendaten korrekt erfasst werden.
- Kontinuierlicher Arbeitsfluss: Die Tendenz zur Bündelung unterschiedlicher Jobs mit ähnlichen Anforderungen (aus Effizienzgründen) wird reduziert. Für ORM werden alle Motivatoren der Arbeitsbündelung identifiziert und durch neue Technologien/Prozeduren eliminiert.

Möglich ist auch, den Kernprozess einer Zelle in Teilprozesse zu zerlegen und diesen Zellen zuzuordnen. Jede Zelle sollte ein definiertes Endprodukt haben, und dafür verantwortlich sein, dieses der nächsten Zelle zu übergeben.<sup>275</sup> Um den schnellen Auftragsfluss durch die Zelle sicherzustellen, werden relevante Ressourcen in die Zelle integriert. Investitionsentscheidungen berücksichtigen Kosten für verspätete Lieferungen, die Betreuung von beunruhigten Kunden, und den Kundenverlust. Ansonsten würden die Mitarbeiter Anträge die Un-

---

<sup>272</sup> Die systematische Identifikation von Prozessschritten, die wertschöpfend sind, entweder für den Kunden, oder für das Unternehmen. Wertschöpfend für den Kunden sind Schritte, die das Produkt verändern, sodass der Kunde bereit ist, mehr dafür zu bezahlen. Wertschöpfend für das Unternehmen sind z.B. die Messung von Jobdauern oder Rüstzeiten, um Rentabilitätsrechnungen anzustellen. [Brassard/Ritter (2004), S. 1.]

<sup>273</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 319ff.

<sup>274</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 326f.

<sup>275</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 322.



terstützung von außen benötigen bündeln, und nur ab und zu bearbeiten, was zu langen Durchlaufzeiten führt. Das traditionelle Genehmigungs- und Kontrollsystem wird eliminiert, um unnötige Verzögerungen zu vermeiden und die Qualität der Arbeitsergebnisse zu steigern. Weiß ein Mitarbeiter z.B. dass seine Offerte von seinem Vorgesetzten genehmigt werden muss, nimmt er in Stresssituationen unsichere Ergebnisse in Kauf, mit der Begründung, dass Fehler, falls vorhanden, vom Vorgesetzten ohnedies erkannt werden. Derartige Probleme entstehen, wenn das Zellenteam nicht im vollen Besitz seiner Arbeitsprozesse ist.<sup>276</sup>

Die Zellen führen (wie am Shopfloor) ihre eigene Kapazitätsplanung durch. Die Ablaufplanung und das Projektcontrolling für Projektgeschäfte werden entweder durch eine kleine zentrale Abteilung durchgeführt, oder die Zellenrepräsentanten treffen sich regelmäßig zu Meetings, um ihre Zeitpläne zu koordinieren. Versucht wird, Office- und Fertigungszellen zusammenzuführen, da das Endziel von QRM wie erwähnt ist, alle Schritte, die zur Bedienung eines FTMS notwendig sind, in einer Zelle zusammenzuführen. Dabei werden die Büromitarbeiter am Shopfloor neben den Maschinen positioniert, ggf. unter Einsatz von Lärmblockaden. Eine Trennung der Zellen ist sinnvoll, wenn die Zusammenlegung die entstehende Zelle unhandlich machen würde (Anzahl der Zellenmitarbeiter), oder wenn die Aufträge, die durch eine Officezelle laufen, zu mehreren Fertigungszellen weitergeleitet werden.<sup>277</sup> Die einzelnen Zellen werden erneut in U-Form angeordnet.<sup>278</sup>

## 6.9.2 Prinzipien des Informationsmanagement

Zuvor wurde beschrieben, wie nach der Einführung von Fertigungszellen die Materialbereitstellung überdacht werden muss, um die neue Organisation zu unterstützen. Im Officebereich betrifft dies den Umgang mit Information. Es gibt einige QRM-Regeln, die für das Handling von Information im Büro wichtig sind: Um Inkonsistenzen und Nacharbeit zu vermeiden, werden Officeprozesse nach Einführung der Zellen so umgestaltet, dass jeder Mitarbeiter eine Informationseinheit maximal einmal bearbeitet. Im Zeitalter relationaler Datenbanken und hoch entwickelter Query-Programme sollte niemals die Notwendigkeit bestehen, ein Stück Information mehr als einmal einzugeben bzw. zu übertragen. Weiters wird untersucht, ob Informationseinheiten tatsächlich für jene Bestellungen benötigt werden, die in einer Zelle bearbeitet werden. Existieren z.B. als Ergebnis der funktionalen Organisation Formulare, die so allgemein gestaltet wurden, dass sie für eine Vielzahl an Aufträgen anwendbar sind, werden jene Elemente entfernt, die für die jeweilige Zelle nicht mehr notwen-

---

<sup>276</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 328ff.

<sup>277</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 331ff.

<sup>278</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 96.

dig sind. Papierbasierte Methoden werden eliminiert. Z.B. werden Entwurfszeichnungen durch 3-D CAD-Files ersetzt. Als Endziel sollen Ordner eliminiert und Informationen zwischen Zellen nur noch elektronisch übertragen werden.<sup>279</sup>

Einige Werkzeuge können für die Analyse, Gestaltung und Implementierung von Officezellen genutzt werden, etwa Pareto-Diagramme, Ishikawa-Diagramme und einfache Kapazitäts- und Simulationsmodelle. Daneben gibt es Tools, die insbesondere für QRM geeignet sind: Process Mapping, Tagging, und Value-Added Charts. Process Mapping baut auf dem Gedanken auf, dass eine Zelle verstehen sollte, wie alle Teilprodukte zur Bedienung eines FTMS durch die Organisation fließen, bis das Produkt (das Output der Officeaktivitäten) fertig gestellt ist. Das Ergebnis des Process Mapping ist ein Flowchart, das die Sequenz von Aktivitäten für ein bestimmtes Produkt darstellt, mit einer Beschreibung aller Aktivitäten, Entscheidungspunkte und Rückkoppelungen. Das Chart wird durch Interviews mit Mitarbeitern und Gruppendiskussionen erstellt. Das Ziel des Process Mapping ist, Manager und Mitarbeiter von notwendigen Prozessveränderungen zu überzeugen.<sup>280</sup> Auch Tagging kann wichtige Aktivitäten aufzeigen. Ein Tagging-Sheet wird an jeden Job (jeden Job-Ordner) angehängt, der durch die Organisation fließt, wobei jeder Mitarbeiter, der einen Auftrag bearbeitet, dies auf dem Tagging-Sheet vermerkt. Ziel ist, Information darüber zu erhalten, wo sich der Job aufgehalten hat, wie lange er für verschiedene Schritte benötigte, usw.

Name und Abteilung	In		Out		Durchgeführte Arbeitsschritte	Kommentare
	Datum	Zeit	Datum	Zeit		
John Inside Sales	1-Jul	9:05	1-Jul	4:10	Gespräch mit Kunde und Erstellung Mappe	Ging zu Sales Mgmt. für 4 Stunden
Heidi Engineering	2-Jul	10:20	3-Jul	3:55	Erhielt Kundeninformation und erstellte Grobdesign	Unterbrochen durch zwei Eilaufträge. Rücksprache mit John wegen fehlenden Informationen

**Tabelle 3: Beispiel für einen Tagging Sheet<sup>281</sup>**

Um Tagging erfolgreich durchzuführen, sind drei Prinzipien einzuhalten: Die Mitarbeiter müssen begreifen, dass diese Methode nicht genutzt werden soll, um deren Fehler und Ineffizienzen aufzudecken und Mitarbeiter zu reduzieren, sondern dass das Ziel die Reduktion von Durchlaufzeiten ist. Hierfür müssen die Mitarbeiter in wesentlichen QRM-Prinzipien unterrichtet werden. Als zweites Prinzip sollte die Tagging-Aufgabe so gestaltet sein, dass die Ergebnisse eine statistische Validität aufweisen. Hierzu darf nicht ein ausgewähltes Sample (z.B. jeder fünfte Job) an Jobs mit den Tagging Sheets versehen werden, da Mitarbeiter diese

<sup>279</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 335ff.

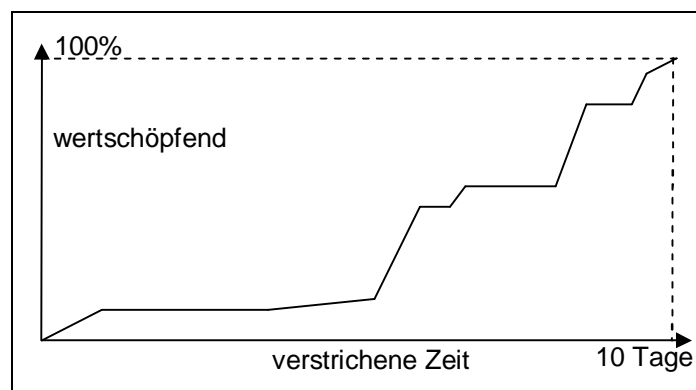
<sup>280</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 338ff.

<sup>281</sup> Suri (1998), S. 341.

Aufträge bevorzugt behandeln würden. Vielmehr werden für Abteilungen, die sich entlang des Hauptprozesses für das FTMS befinden, alle Jobs mit Tagging Sheets versehen. Für die Tagging-Aufgabe wird eine Zeitperiode gewählt, die bezüglich Kundennachfrage und Zeitdauer repräsentativ ist. Wichtig ist, die Probe auf einem Zeitfenster zu basieren, wo jeder Job, der darin startet, auch bis zum Ende verfolgt wird, damit nicht die schnellsten Jobs überrepräsentiert sind. Als drittes Prinzip werden die ersten fertig gestellten Tagging-Sheets früh betrachtet, um ggf. Korrekturen während der Aufzeichnungsphase vorzunehmen (z.B. weil Mitarbeiter den Jobstatus zu ungenau notieren). Wurden genügend Tagging-Sheets gesammelt, werden sie u.A. auf die folgenden Daten untersucht:<sup>282</sup>

- Welcher Sequenz an Arbeitsschritten sind die Jobs gefolgt? Aus dieser Information wird ggf. das erstellte Flowchart erweitert.
- Welche Arbeitsschritte sind warum für die längste DLZ verantwortlich?
- Wie ist für Aufträge das Verhältnis der Bearbeitungszeit (wertschöpfend) zur Wartezeit?
- Wie häufig kehrten Jobs zu einer zuvor durchlaufenen Abteilung zurück?
- Können Jobs in Teilsegmente geteilt werden, mit unterschiedlichen Durchlaufzeiten und Wegrouten je Teilsegment? Gibt es Teilsegmente mit deutlich kürzeren/längeren Laufzeiten, oder mit einfacheren/komplexeren Wegrouten? Welcher Anteil der Jobs fließt entlang dieser verschiedenen Wegrouten?
- Welche Probleme können schnell und einfach gelöst werden?

Ein Value-Added-Chart ist eine Grafik, die zeigt, wie Wert für einen gegebenen Auftrag generiert wird, während er bearbeitet wird.



**Abbildung 23: Beispiel für ein Value-Added-Chart<sup>283</sup>**

Diese Darstellung wird als Ergebnis von Process Mapping und Tagging erstellt. Eine repräsentative Bestellung (oder auch Durchschnittsdaten) wird ausgewählt, und die Grafik für diesen Auftrag erstellt. Die verstrichene Zeit wird aufgetragen, bis der Job den Systemteil, der betrachtet wird, verlässt. Auf der vertikalen Achse wird der Prozentsatz an Wert aufgetragen, der durch jeden Arbeitsschritt hinzugefügt wird. Die Grafik muss nicht genau sein. Es geht um Grundaussagen, da die Prozesse im Büro nicht verfeinert sondern ohnedies neu gestaltet

<sup>282</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 340 - 344.

<sup>283</sup> Suri (1998), S. 347; siehe auch Michaski (2006), S. 1.

werden. Grobe Kostenschätzungen können für die benötigten Ressourcen auf jeder Stufe als Annäherung für den generierten Wert verwandt werden.

Problembereiche der Darstellung sind Geraden mit geringer Steigung, da hier über lange Zeit wenig Wert generiert wird. Ursachen können z.B. falsche/fehlende Informationen, die Bündelung von Aufträgen, komplexe Prozeduren, und die mehrmalige Rückkehr zu einer Abteilung sein. Aufgabe dieser Darstellung ist nicht, Bereiche aufzuzeigen, wo durch schnelle Eingriffe Suboptima erzielt werden. Vielmehr wird die Bedeutung aufgezeigt, die gesamte Sequenz an Arbeitsschritten (in Form der Einführung von Zellen und weiteren Schritten) zu überarbeiten.<sup>284</sup> Ist für einen bestimmten Bereich nur ein Experte vorhanden, und kann keine Zelle seine Arbeit ohne diesen Experten verrichten, wird eine Office-Version der genannten Time-Shared-Strategie verwandt. Der Experte erhält Zeitfenster, die spezifizieren, wann er an welcher Zelle anwesend sein muss. Auf diese Weise besitzt jede Zelle weiterhin Kontrolle über ihren Prozess.<sup>285</sup> Der Aufwand von crossfunktionalem Training wird reduziert, indem die Zellenmitarbeiter in verschiedenen Fertigkeiten nur soweit geschult werden, wie es für das jeweilige FTMS nötig ist.

### 6.9.3 Prinzipien der Systemdynamik für Officezellen

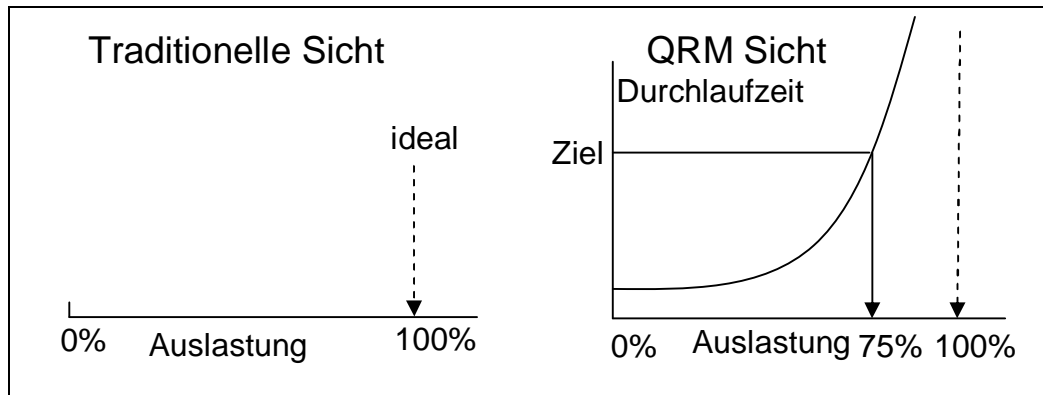
Die Prinzipien der Systemdynamik die nun genannt werden, sind so formuliert, dass sie auch für den Shopfloor verwandt werden können.<sup>286</sup> Ein wichtiger Punkt im Officebereich ist die Planung freier Kapazitäten. Im QRM wird soviel freie Kapazität zur Verfügung gestellt, dass die gesetzten Durchlaufzeitenziele erreicht werden. Das Bedenken eines Managers ist, dass dies die Ressourcenkosten erhöht. Z.B. könnte eine Abteilung anstatt mit fünf Arbeitern, die 72% ausgelastet sind, mit vier Arbeitern arbeiten, die 90% ausgelastet sind ( $5 * 0,72 = 4 * 0,90$ ). Somit könnte durch eine höhere Auslastung die Anzahl der Mitarbeiter (bzw. Maschinen) reduziert werden. Durch die Produktorientierung in Zellen steigt jedoch das Output pro Person (Reduktion von Verschwendung). QRM-Ziel ist, vier Mitarbeiter, die mit 90% Auslastung arbeiten, durch vier Mitarbeiter, die 72% ausgelastet sind zu ersetzen, und dasselbe Output bei kürzeren Durchlaufzeiten zu erreichen. Durch QRM werden Nachteile der Response Time Spiral und kostenbasierten Organisation eliminiert (Eilaufträge, Nacharbeit,...), was zu Kostenreduktionen führt, welche die anfänglich höheren Ressourcenkosten ausgleichen. Weiters strebt QRM einen höheren Marktanteil an, womit die Auslastung der Ressourcen ohnedies ansteigen wird.

---

<sup>284</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 347ff.

<sup>285</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 349ff.

<sup>286</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 363ff.



**Abbildung 24: Traditionelle VS. QRM Sicht von Kapazität<sup>287</sup>**

Systemmodellierung kann bei der Festlegung freier Kapazitäten helfen. Ziel ist, eine Kurve wie in Abbildung 24 herzuleiten. Für einfache Systeme mit wenigen Prozessschritten können die in der Literatur genannten Gleichungen der WS-Theorie verwandt werden. Für komplexere Systeme wird Modellierungssoftware (Rapid Modelling Technology) eingesetzt. Hand in Hand mit Auslastungsdenken geht Effizienzdenken. Die meisten Messgrößen von Effizienz arbeiten gegen die Reduktion von Durchlaufzeiten. Z.B. steigert die Bündelung von Aufgaben die Effizienz, verlängert aber Durchlaufzeiten. Effizienzkennzahlen bewirken, dass Mitarbeiter neue Jobs (z.B. Designs) erstellen, anstatt vergangene erneut zu nutzen. Für den neuen Entwurf müssen dann z.B. neue Produkttrouten erstellt werden.<sup>288</sup> Gezeigt wurde, dass die Durchlaufzeit bei gleicher Auslastung abhängig von der Variabilität schwankt. Zur Reduktion von Variabilität sollen Arbeitsschritte so vorhersagbar wie möglich gemacht (standardisiert) werden. Techniken, um dies zu erreichen, sind die Standardisierung von Formen/Arbeitsrouten, die Elimination von Nacharbeit und die Trennung einfacher und komplexer Arbeiten. Um die Inputvariabilität zu reduzieren, können Inputs durch die Kontrolle von Upstream-Aktivitäten reguliert werden, und Arbeitsroutinen und periodische Arbeit eingesetzt werden, um unkontrollierbaren Workload auszugleichen.

Ressourcen-Pooling bewirkt kürzere Reaktionszeiten und reduziert deren Variabilität. Anstatt Warteschlangen, die zu verschiedenen Arbeitsstationen laufen, zu trennen, wird eine gemeinsame Werteschlange für mehrere Arbeitsstationen eingeführt. Die Zellen müssen flexibel sein, um die gemeinsame Warteschlange bedienen zu können: Mitarbeiter tauschen Informationen aus, um vielseitige Entscheidungen treffen zu können, die ansonsten nur ein Mitarbeiter (der jeweilige Experte) treffen könnte. Für Maschinen werden Teiletoleranzen überdacht, damit Teile an mehreren Maschinen gefertigt werden können.<sup>289</sup> Arbeitsschritte werden so weit wie möglich parallelisiert, z.B. um Rüstzeiten zu senken. Hält z.B. ein Kontrollschritt ei-

<sup>287</sup> Suri (1998), S. 365.

<sup>288</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 366f.

<sup>289</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 368ff.

nen Auftrag auf, obwohl nur in seltenen Fällen von der Kontrolle beanstandet wird, läuft der Auftrag während der Kontrolle weiter, und wird in den seltenen notwendigen Fällen in Bearbeitung gestoppt.

Die räumliche Nähe von Ressourcen in Zellen und zellenübergreifend hilft, von der Bündelung von Aufträgen Abstand zu nehmen. Die Bildung von Arbeitsbündeln wird durch lange Rüstzeiten motiviert. Eine Methode zur Reduktion von Rüstzeiten ist die genannte Standardisierung von Arbeitsschritten/Formen. Ziel ist, Jobs einzeln und in der Reihenfolge des Auftragseingangs zu bearbeiten. Um Durchlaufzeitenziele machbar zu halten, werden Prozesse des Kapazitätsmanagement und der Inputkontrolle im Büro implementiert. Little's Law kann für Zwecke des Kapazitätsmanagement verwandt werden. Ist z.B. aus der Vergangenheit bekannt, dass eine Officezelle eine bestimmte Anzahl an Jobs pro Tag bearbeiten kann, und ist das Durchlaufzeitenziel bekannt, kann die Anzahl an Jobs errechnet werden, die sich idealerweise zu jedem Zeitpunkt in der Zelle befinden sollte. Es könnte immer ein Alarm ausgelöst werden, wenn dieser Wert deutlich überschritten wird. Korrigierende Maßnahmen könnten dann die temporäre Erhöhung der Zellenkapazität, die Umleitung von Jobs zu anderen Zellen oder die Ablehnung von Jobs sein. Die temporäre Kapazitätserhöhung und die Umleitung von Jobs werden durch die Prinzipien der flexiblen Organisation, die gleich diskutiert werden, unterstützt. In komplexeren Fällen, wo ein Auftrag durch mehrere Zellen läuft, kann POLCA auch in Officezellen eingesetzt werden.<sup>290</sup>

Das Risiko von Zellen, denen Ressourcen direkt zugeordnet werden ist, dass unerwartete Nachfrageschübe oder andere Formen von Variabilität die eingeschränkten Ressourcen in der Zelle überfordern. Dieses Risiko kann reduziert werden, indem unter der Nutzung sog. Floaters und Vertical Migration Strategy für saisonale Nachfragemengen eine flexible Organisation geschaffen wird. Zellenübergreifende Flexibilität bedeutet, Jobs je nach Belastung zwischen den Zellen umleiten zu können. Als Voraussetzung hierfür müssen Maschinen/Mitarbeiter mehrerer Zellen überlappende Fähigkeiten besitzen. Jobs müssen so gestaltet werden, dass die Nutzung mehrerer Zellen möglich ist. Floaters sind Mitarbeiter, die in unterschiedlichen Geschäftsbereichen je nach Nachfrage kurzzeitig arbeiten. Oft sind sie erfahrene Personen, deren Ziel es nicht nur ist, Kapazität zu einer Zelle hinzuzufügen, sondern auch, die Zellenmitarbeiter in komplexeren Bereichen zu schulen.<sup>291</sup> Für Unternehmen, wo saisonale Schwankungen mehr als 20% betragen, reichen die bisher genannten Strategien nicht aus. Sie funktionieren in Unternehmen, wo der Bedarf zwischen verschiedenen Teilen wandert, und der Gesamtbedarf weitgehend konstant bleibt, jedoch nicht, wenn der Bedarf

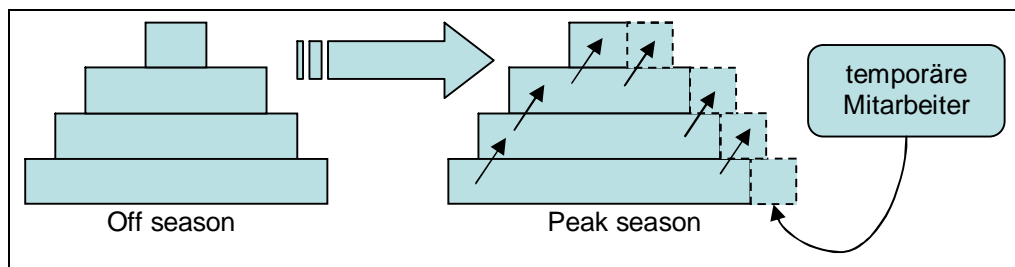
---

<sup>290</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 371ff.

<sup>291</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 374f.

in nahezu allen Zellen steigt. Hier kommt die Vertical Migration Strategie zum Einsatz. In einer traditionellen Organisation werden die Mitarbeiter in engen Bereichen geschult.

Während Spitzenzeiten werden externe Mitarbeiter temporär in mehrere Ebenen der Organisation eingebracht. Trainingszeiten sind hier lang, da die Aufgaben komplex sind, die übernommen werden. Weiters können Qualität und Produktivität auf allen Ebenen leiden. Eine Alternative ist, temporäre Mitarbeiter nur mit einfachen Arbeiten zu beschäftigen, die schnell erlernt werden können. Die permanenten Mitarbeiter werden nun so geschult, dass sie Jobs auf mehreren Anforderungsebenen übernehmen können. In Zeiten normaler Nachfrage übernimmt das Stammpersonal auch einfache Jobs. Steigt die Nachfrage, wandert das Stammpersonal zu komplexeren Aufgabenbereichen (z.B. die Steuerung von CNC-Maschinen). Dies passiert auf allen Unternehmensbereichen, wo einige Mitarbeiter auf eine höhere Ebene aufsteigen, und durch Mitarbeiter von niedrigeren Ebenen ersetzt bzw. ergänzt werden, womit die einfachsten Tätigkeiten (z.B. die Be- und Entladung von Maschinen) für externe Mitarbeiter übrig bleiben.



**Abbildung 25: Vertical Migration Strategy**<sup>292</sup>

Ein Gegenargument zur Vertical Migration Strategy ist, dass für einen Großteil des Jahres Personal mit großen Fähigkeiten einfache Jobs durchführt. Dies hätte Auswirkungen auf Gehalt und Mitarbeitermotivation. Deshalb wird das Stammpersonal das ganze Jahr mit jenem Gehalt entlohnt, das ihrem höchsten Fähigkeitsniveau entspricht. Die Vertical Migration Strategie senkt Kosten während Bedarfsspitzen, und trägt zu höherer Performance und weniger Nacharbeit bei.<sup>293</sup> Durch sie wird es günstiger, Kapazität (anstatt Bestand) zum Umgang mit Saisonalität zu nutzen. Die Emanzipationsstrategie, die oft verwandt wird um stets dieselbe (geringe) Mitarbeiteranzahl zu beschäftigen, verursacht hohe Bestandskosten. Das Unternehmen muss am Beginn der Nebensaison Forecasts für die Spitzenzeiten erstellen, da für diese vorgefertigt werden muss. Bedingt durch die Unsicherheiten der tatsächlichen Nachfrage ist das Unternehmen gezwungen, Sicherheitsbestand aufzubauen. Die Lagerhaltungskosten über die gesamte Dauer der Nebenzeiten können beträchtlich sein. Für die Mitarbeiterzufriedenheit werden Jobs während der Nebensaison so gestaltet, dass jeder Mitarbeiter so-

<sup>292</sup> Suri (1998), S. 378.

<sup>293</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 377ff.

wohl einfachere als auch anspruchsvolle Tätigkeiten durchführt. Ist dies nicht möglich, wird ein Zeitplan aufgestellt, damit Mitarbeiter zwischen einfachen und komplexen Tätigkeiten rotieren. Viele Mitarbeiter empfinden die Zusammenarbeit mit temporären Mitarbeitern als frustrierend, da sie hohen Aufwand in die Schulung von Mitarbeitern investieren, die das Unternehmen bald wieder verlassen. Dies wird mit der Vertical Migration Strategy unnötig.<sup>294</sup>

## 6.10 QRM in der Produkteinführung

Die schnelle, effiziente und permanente Entwicklung neuer innovativer Produkte, nicht nur das Customizing existierender Produkte, wird immer mehr zum bedeutenden Wettbewerbsvorteil. Um eine Grundlage für einen schnellen Produktentwicklungsprozess zu schaffen, müssen das Gedankengut der Manager verändert, die Organisationsstruktur erneuert und die Leistungsmessung überdacht werden. Diese Themen durchziehen alle QRM-Anstrengungen, auf dem Shopfloor, im Büro, und bei der Einführung neuer Produkte.<sup>295</sup> Die Einführung eines neuen Produktes bedeutet einen einmaligen Einsatz von Ressourcen, in den die meisten Unternehmensbereiche involviert sind. Studien haben eine enge Verbindung zwischen erfolgreichen Unternehmen und der Geschwindigkeit hergestellt, in der sie Produkte auf den Markt bringen.<sup>296</sup> Vorteile, die mit einer schnellen Produkteinführung verbunden sind, sind u.A. ein moderneres Produkt und geringerer Mitteleinsatz. Eine verspätete Produkteinführung ist mit hohen Kosten verbunden, da Unternehmen oft einen Großteil ihres Gewinns kurz nach der Produkteinführung machen, z.B. weil die Konkurrenz noch nicht auf dem Markt ist.

Der Prozess der Einführung eines neuen Produktes beginnt mit einer Produktidee oder Marktgelegenheit, und endet mit dem Product Launch. Ein möglicher Entwicklungsprozess (von Ulrich und Eppinger) wird wie folgt gegliedert:<sup>297</sup>

- Konzeptentwicklung: Die Bedarfe des Zielmarktes werden identifiziert, alternative Produktkonzepte besprochen, und ein Konzept für die weitere Entwicklung ausgewählt
- Gestaltung auf Systemebene: Die Produktarchitektur wird definiert, das Produkt in Subsysteme und Komponenten eingeteilt, und das Montageschema festgelegt
- Detailgestaltung aller Teile (eigengefertigt und zugekauft). Für selbstgefertigte Teile werden Prozesspläne, Werkzeuge und Montagepläne entwickelt
- Testung und Verfeinerung: Mehrere Produkt-Prototypen werden gefertigt und bewertet, um Fragen bezüglich Basisfunktionalität, Leistung, Aussehen und Zuverlässigkeit zu klären
- Fertigungs-Ramp-Up: Das Produkt wird unter Nutzung des Fertigungssystems produziert. Anfangs ist das Volumen gering, da die Belegschaft eingeschult und Probleme von Produkt und Fertigungsprozess behoben werden. Ist das Volumen hoch genug, um das Produkt weiträumig verfügbar zu machen, wird es formal eingeführt (Product Launch)

---

<sup>294</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 380f.

<sup>295</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 422f.

<sup>296</sup> Vgl.: Suri (1998), S. xxvii.

<sup>297</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 385ff; siehe auch Verworn (2000), S. 4.



Das crossfunktionale Entwicklungsteam setzt sich aus Mitarbeitern jener Bereiche zusammensetzen, die das Produkt von der Konzeptphase zur Markteinführung begleiten (Marketing, Sales, R&D, Produktdesign, Process Engineering, Tooling, Fertigung, Einkauf, Buchhaltung und Finanzen, und selbst Lieferanten und Kunden). Der Entwicklungsprozess erfordert häufigen Informationsaustausch, z.B. von Entwürfen oder Marketinginformationen. Deshalb werden die Teammitglieder aus der funktionalen Organisation herausgenommen (von üblichen Pflichten entbunden). Für große Teams werden Meetingräume zur Verfügung gestellt. Kommunikationshilfsmittel sind z.B. Datenbanken, Computernetzwerke, EDI und Groupware wie Lotus Notes. Die Motivation für CE ist, dass ein Großteil der Lifecycle-Kosten eines Produktes in den frühen Phasen der Produktentwicklung festgelegt wird. Entwicklungsentscheidungen beeinflussen Kosten für Tooling, Fertigung und Reparaturen. CE reduziert die Anzahl notwendiger Entwicklungsveränderungen. Dennoch wird CE oft nicht verwandt, da kostenbasierte Strategien Anreize schaffen, die gegen CE arbeiten.<sup>298</sup> Für CE müssen das Gedankengut, die Organisationsstruktur und die Leistungsmessung im Unternehmen verändert werden (siehe 6.12). Ein Gedankengut der kritischen Hinterfragung von Verzögerungen im Unternehmen zu verbreiten ist ein wichtiger Schritt in der Implementierung von QRM.<sup>299</sup>

Um Zeitdruck in frühen Projektphasen zu entwickeln, wird ein Zeitplan mit Meilensteinen durch Rückwärtsplanung vom Zeitpunkt der geplanten Produkteinführung erstellt. Weiters wird früh im Projekt eine Critical-Path-Analyse<sup>300</sup> durchgeführt. Das Team konzentriert sich darauf, die Durchlaufzeit identifizierter, kritischer Arbeitsschritte zu senken (durch erhöhte Kapazität, reduzierte Variabilität, etc.). Können Kapazitätseinschränkungen nicht einfach behoben werden, wird Outsourcing erwogen, z.B. für die Fertigung von Prototypen. Auch für die Produktentwicklung kann vorteilhaft sein, Kapazität beim Lieferanten zu reservieren, wenn die genaue Produktspezifikation noch nicht feststeht.<sup>301</sup> Auch die Projektkontrolle ist für eine schnelle Produktentwicklung bedeutend. Wichtig sind Routinen die sicherzustellen, dass geplante Entwicklungszeiten eingehalten werden, bzw. erkennen, wann korrigierend eingegriffen werden muss. Zu verhindern ist, dass neue Features zum Produkt hinzugefügt werden, während die Produktentwicklung voranschreitet.

Die funktionale Organisation ermutigt dazu, einen Job sehr detailliert zu bearbeiten, bevor er weitergeleitet wird. Für eine schnelle Produktentwicklung ist eine Entwicklung in vielen kurzen Iterationszyklen zu unterstützen. Diese verbessert nicht nur die Kommunikation, sondern

---

<sup>298</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 392f.

<sup>299</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 38.

<sup>300</sup> Dies ist eine Strukturierungstechnik, die dazu dient, Arbeitspakete nach ihrer Dringlichkeit zu ordnen, indem Arbeitsschritte identifiziert werden, welche Verzögerungen im Projekt bedingen können. [Suri (1998), S. 398.]

<sup>301</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 397f.

führt auch dazu, dass Verbesserungen durch crossfunktionales Brainstorming früh erreicht werden. Die Prinzipien der Zusammenarbeit, die für Kunden und Lieferanten diskutiert wurden, werden auch für den Produktentwicklungsprozess verwandt. Viele Unternehmen schließen Vertreter der Schlüssellieferanten (manchmal auch Kunden) in die Entwicklungsteams ein, damit weniger Änderungen am Produkt durchgeführt werden müssen, nachdem das Design fertig gestellt wurde. Elektronische Verbindungen werden zu Lieferanten und Kunden verlängert. Die Entwicklungsteams besuchen Lieferanten, um deren Fähigkeiten und Restriktionen zu verstehen, und Kunden, um deren Bedarfe zu verstehen und zu sehen, wie das zu entwickelte Produkt in der Praxis eingesetzt werden wird.

Der Entwicklungsprozess hat seine eigene Version des Bullwhip-Effekts: Die Teilespezifikation der Designer wird erst vom Einkauf eingeeengt (damit die Teileanforderungen vom Lieferanten sicher erfüllt werden), und dann vom Lieferanten, wenn er selbst die Fertigung von Teilen outsourced. Dies führt dazu, dass Teile überdimensioniert werden und unnötige Kosten in der Supply Chain entstehen. Diesem Effekt wird vorgebeugt, indem die Lieferanten direkt mit dem Designer bzw. dem Endkunden zusammenarbeiten. Produktdaten, z.B. Prozessinformationen oder Stücklisten werden den Lieferanten via Internet zugänglich gemacht. So werden Lieferanten über Veränderungen des Produktdesigns auf dem aktuellen Stand gehalten. Auf den Homepages der Unternehmen suchen Kunden nach Produkten und Spezifikationen, und hinterlassen Informationen, die Marketingabteilungen nutzen können. Etwa um Trends in der Produktnachfrage festgestellt, die genutzt werden, um die Identifikation neuer Marktnischen und die Entwicklung neuer Produkte zu beschleunigen.<sup>302</sup> In der Produktentwicklung sind einige Punkte in Hinblick auf die spätere Fertigung des Produktes zu bedenken. Einer dieser Punkte ist die Produktarchitektur.

Ein Architekturtyp, der mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, sind Plattformen. Eine Plattform ist ein zentrales technologisches Subsystem, auf dem eine breite Produktpalette basiert. Plattformprojekte bieten bedeutende Wettbewerbsvorteile, da eine erfolgreiche Plattform dazu beiträgt, eine ganze Produktpalette lange auf dem Markt zu halten. Weiters trägt die erneute Nutzung einer Plattform zu einer schnellen Produkteinführung bei. Quality Function Deployment (QFD) wird in frühen Entwicklungsphasen zur Identifikation kundenrelevanter Produktmerkmale genutzt. Es verbindet Kundenansprüche mit Entwicklungsmerkmalen, und zeigt Wechselwirkungen zwischen Produktmerkmalen auf.<sup>303</sup> Standardisierung betrifft im QRM nicht nur die Nutzung derselben Teile, sondern auch Designmerkmale, Werkzeuge, Prozesse oder Rohmaterial. Um Standardisierung zu motivieren, werden Mitarbeiter in Komplexi-

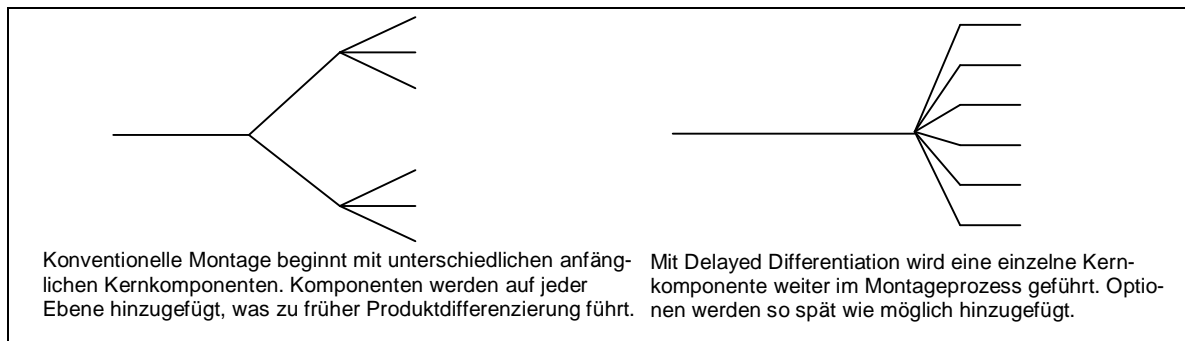
---

<sup>302</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 399ff.

<sup>303</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 403f.

tätskosten von Teilen, Rohmaterial und Werkzeugeinsatz unterrichtet. Der Prozentsatz existierender Teile in einem neuen Produkt wird gemessen und entlohnt. Ähnlichkeiten in den Teilemerkmalen und Fertigungsprozessen werden genutzt, um die Entwicklungsarbeit zu beschleunigen. Etwa werden relevante Produktmerkmale durch alphanumerische Codes dargestellt und verglichen. CAPP wird verwandt, um Prozesspläne schnell und mit geringem Einsatz des Designers zu erstellen. Die vermehrte Nutzung von Standardteilen und -prozessen reduziert die Gesamtanzahl an Prozessplänen.

Die Darstellung von Produktmerkmalen durch Codes kann auch genutzt werden, um die Kosten für neue Teile zu schätzen, indem ähnliche Teile gefunden werden, die in der Vergangenheit gefertigt wurden. Auch die Anlagengestaltung für die Fertigung neuer Teile wird so beschleunigt. Weiters können über Teileähnlichkeiten jene Zelle identifiziert werden, die für die Fertigung neuer Teile geeignet ist. Die Zelle kann dann früher in die Entwicklung eingebunden werden, um z.B. die Ramp-up-Phase zu beschleunigen.<sup>304</sup> Eine weitere Verbindung, die für die schnelle Produktentwicklung betrachtet wird, ist jene zwischen Produktdesign und Stücklisten. Eine Strategie lautet hier Delayed Differentiation.



**Abbildung 26: Delayed Differentiation**<sup>305</sup>

Die Fertigung vieler Versionen eines Produktes beginnt mit der Fertigung eines Kernproduktes. Im Fertigungsverlauf werden weitere Baugruppen hinzugefügt, die zu verschiedenen Endprodukten führen. Somit kann flexibel auf sich ändernde Kundenanforderungen reagiert werden. Die Flexibilität der Supply Chain wird erhöht, da nun viele Produkte in ihrer Grundkomponente gelagert werden, was die Anzahl verschiedener Lagerartikel senkt. Product Enrichment ist eine weitere Standardisierungsstrategie. Anstatt für ein Produkt optionale Add-ons anzubieten, werden die beliebtesten Optionen in das Grundprodukt integriert, für wenig oder keine Extrakosten. Einsparungen resultieren aus einer einfacheren Lagerhaltung. Weiters verhindert die Integration in das Grundprodukt etwa, dass Erweiterungen des Produktes in einem Vertriebszentrum durchgeführt werden, wo sie mehr kosten. Eine andere Standar-

<sup>304</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 404ff.

<sup>305</sup> Suri (1998), S. 407; siehe auch Blecker (2005), S. 31.

disierungsmaßnahme ist, Komponenten mit mehreren Funktionalitäten zu erstellen. Z.B. wird anstatt einer Abdeckung mit drei Löchern und einer mit vier Löchern eine Abdeckung mit sieben Löchern gefertigt. Die Verwaltungskosten einer hohen Anzahl von Produkttypen (z.B. der Produktrouten) und der Bestand können so deutlich reduziert werden. Der Kunde erhält ein Produkt mit mehr Funktionalität zum selben Preis.<sup>306</sup>

Um die Durchlaufzeit zu reduzieren, werden die genannten Konzepte (Plattform, Delayed Differentiation, ...) kombiniert. Wird ein Unternehmen z.B. mit Motoren mit langen Durchlaufzeiten beliefert, werden diese zur Produktplattform. Endprodukte die denselben Motor benötigen bilden eine Produktfamilie. Für sie wird Delayed Differentiation eingesetzt. Die Motorentypen je Produktfamilie werden standardisiert. Durch die Bündelung verschiedener Produkte in eine Familie und das Forecasting je Familie sinkt der Variabilitätsfehler der Forecasts. Wahrscheinlich ist, dass sich die Forecastfehler der Produkte ausgleichen. Durch Rationalisierung der Produktfamilien wird kann die Motorenzahl reduziert, womit der Bedarf je Motor steigt, was eine regelmäßige Anlieferung von Mengen je Motor ermöglicht (aus einem Y-Produkt wird ein X-Produkt). Ein weiterer Punkt ist die Nutzung von Prototypen. Viele Probleme in der Produktentwicklung entstehen durch Unterschiede zwischen theoretischen Konzepten (in der Designphase) und dem tatsächlichen Produktverhalten (nach der Produktherstellung). Durch Prototyping werden solche Diskrepanzen aufgezeigt. Der genannte schnellere Durchlauf von design-build-test-Zyklen wird durch moderne Technologien beschleunigt. Computer-Aided-Tools unterstützen den Designer lange vor der Erstellung physischer Prototypen (z.B. 3-D CAD Systeme, Simulationssysteme etc.).

Bei der Herstellung physischer Prototypen hilft Rapid Prototyping. Dabei werden komplexe Teile (oft aus Polymeren) durch den Download von CAD-Konstruktionen auf 3-D Drucker und einen schichtweise Aufbau des Gegenstandes erzeugt. Die Teile können dann auf eine Vielzahl an Eigenschaften untersucht werden, z.B. die Einfachheit der Fertigung. Bevor derartige Tests durchgeführt werden, müssen die Testziele genau festgelegt werden, sowie die zu untersuchenden Faktoren und Entscheidungen, die durch die Tests beeinflusst werden sollen. Die Nutzung statistischer Methoden (Design for Experiments) erhöht die Produktivität einer Testreihe. Hochauflösende CAD-Systeme ermöglichen es, auf physische Prototypen oft zu verzichten, womit Produkte näher zur Saison (mit weniger spekulativen Forecasts) geplant werden können. Die Überarbeitung der Stücklisten ist ein weiterer Punkt. DFMA-Methoden unterstützen die Reduktion von Montage- und Fertigungsschritten.<sup>307</sup> Sie wird bereits in der

---

<sup>306</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 406ff.

<sup>307</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 409 - 411.

Konzeptentwicklungsphase eingesetzt, um bestimmte Konzepte zu verwerfen.<sup>308</sup> Zu verhindern ist, dass Designs so komplex werden, dass sie physisch modelliert werden müssen. Designer werden für eine schnelle Produktentwicklung darauf beschränkt, mit Designs zu arbeiten, die mit einfach erlernbaren Designwerkzeugen analysiert werden können, die schnell Ergebnisse liefern. Die Robustheit einfacher Designs ist oft hoch, da für sie Sensitivitätsanalysen leicht erstellt werden können. Durch einfache Designwerkzeuge wird die Entwicklungszeit reduziert, da der Designer mit diesen arbeiten kann, und Design und Analyse somit enger verknüpft sind.

Als Teil der frühen Analyse zukünftiger Fertigungsprozesse hat die Modellierung von Fertigungskapazitäten und Durchlaufzeiten (durch RMT-Tools) Einfluss auf die Produktentwicklung. Z.B. könnte erkannt werden, dass, um Durchlaufzeitenziele zu erreichen, eine bestimmte Maschine in der Fertigung verwandt werden muss, für deren Einsatz bestimmte Produktdesigns zu ändern sind.<sup>309</sup> Das Entwicklungsteam versucht, durch Änderung der Reihenfolge von Entwicklungsschritten, die Elimination von Abhängigkeiten zwischen Schritten etc. die Entwicklungszeit zu verkürzen. Eine Analyse wertschöpfender Arbeit (Process Mapping, Tagging, Value Added Charts) ist hierfür hilfreich. Auch die Systemdynamik-Prinzipien, die für Officezellen genannt wurden, werden für die Produktentwicklung verwandt, z.B. die Planung freier Kapazitäten, da gerade in Entwicklungsprojekten oft nicht bekannt ist, wie lange eine Aufgabe genau dauern sollte, und Teammitglieder oft überbelastet werden. Auch das genannte Prinzip der Inputkontrolle (Einsatz von Little's Law) trägt zur Reduktion von Entwicklungszeiten bei. Z.B. wird die Maximalanzahl offener Projekte vom Management beschränkt. Überhäufen Manager das Team hingegen mit Aufträgen (zwecks hoher Personalauslastung), verbringt dieses viel Zeit mit Koordination, dem Wechsel zwischen Aufgaben, der Bildung von Auftragsreihenfolgen etc.

Auch die Vertical Migration Strategie wird für die Produktentwicklung eingesetzt. Ist z.B. eine bestimmte Mitarbeiterkategorie im Team überlastet, übernehmen andere Teammitglieder in Spitzenzeiten Routineaufgaben dieser Kategorie. Auch Transfer Batching wird verwandt, um die Überlappung zwischen sequenziellen Phasen des Entwicklungsprozesses zu erhöhen. Dies gilt für Informationen, die sich vermutlich nicht ändern werden, im Fall von Änderungen geringen Einfluss auf nachfolgende Arbeitsschritte haben, und genutzt werden können, um aufwändige Arbeitsschritte späterer Phasen früher beginnen zu lassen. Typische Arbeitsbündel werden „aufgebrochen“, Vorrang-Verbindungen festgelegt, und Entscheidungssequenzen anschließend neu angeordnet, um die frühe Freigabe relevanter Informationen zu ermögli-

---

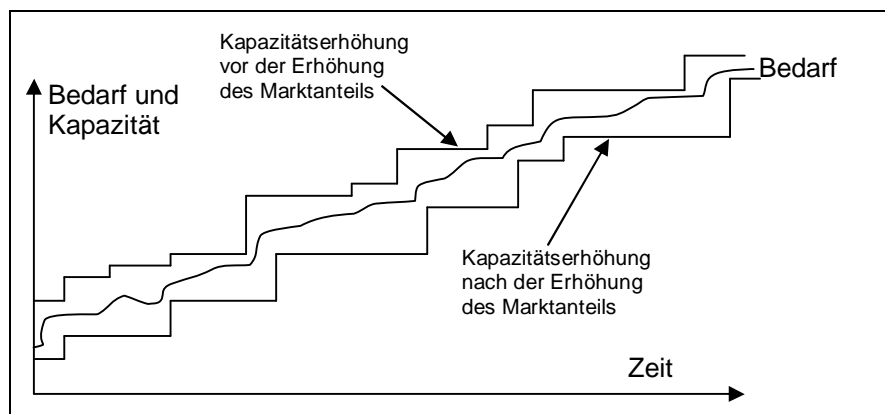
<sup>308</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 412.

<sup>309</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 414ff.

chen. Schritte, die ursprünglich als Einheit durchgeführt wurden, werden getrennt, wenn nicht alle Ergebnisse, die in einem Schritt erarbeitet werden, für nachfolgende Schritte unmittelbar relevant sind.<sup>310</sup> QRM-Unternehmen ziehen so viele Erkenntnisse wie möglich aus abgeschlossenen Entwicklungsprojekten, um Wissen zu erwerben, das auf den Merkmalen eigener Produkte und Mitarbeiter basiert. Für die Entwicklungsteams werden Softwaretools erarbeitet, die Design- und Analyseketten bzw. Schritte der Prozessentwicklung nennen, die für die Produktperformance in der Vergangenheit relevant waren. Wieder verwendbare funktionale/ physische Module werden entwickelt.<sup>311</sup>

## 6.11 Ein neues Management-Gedankengut für QRM

Um QRM anzuwenden, müssen erst vorhandene Denkweisen des Managements geändert werden. Ein Bereich, wo Umdenken stattfinden muss, ist die Kapazitätsplanung und Anlagenorganisation. Die ideale Auslastung von Ressourcen wird durch das Durchlaufzeitenziel festgelegt.<sup>312</sup> Der traditionell hohe Auftragsüberhang wird reduziert. Aufträge, die das Durchlaufzeitenziel gefährden, werden nicht angenommen. Wird nämlich ein Auftrag angenommen, dessen Lieferdatum in Anbetracht der aktuellen Kapazitätslage nicht gehalten werden kann, ist ein Eilauftrag die Folge, der Umplanungen und Überstunden verursacht, und nicht wertschöpfende Arbeit erhöht. Die Umplanung führt zur Verspätung anderer Aufträge.<sup>313</sup> Die Kapazität für Ressourcen wird durch Planung in die Zukunft rechtzeitig erhöht, um bei steigendem Bedarf nicht das Durchlaufzeitenziel zu gefährden.



**Abbildung 27: Vergleich zweier Strategien für Kapazitätsinvestitionen<sup>314</sup>**

Die kurzen Durchlaufzeiten führen dann dazu, dass höhere Marktanteile erschlossen werden, womit die Auslastung neu erworbener Ressourcen steigt. Bei dieser Strategie hat das Unternehmen zu jedem Zeitpunkt etwas Überkapazität (d.h. Kapazitätsreserven). Bei der kosten-

<sup>310</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 421f.

<sup>311</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 389f.

<sup>312</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 427f.

<sup>313</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 436ff.

<sup>314</sup> Suri (1998), S. 429.

basierten Strategie wird erst in Kapazitätswachstum investiert, wenn feststeht, dass der Bedarf ausreicht, um die neue Kapazität 100% auszulasten. Treten beim QRM Zeiten auf, wo eine Maschine bzw. Personal frei ist, wird diese Zeit für Rüstzeitreduktionen, Qualitätsverbesserungsmaßnahmen, vorgreifende Instandhaltung, Schulungen, Experimente mit Anlagen-Setups oder die Mitarbeit an Entwicklungsprojekten (z.B. Erstellung von Prototypen) genutzt.<sup>315</sup> Investiert wird in flexible Maschinen mit kurzen Rüstzeiten. Sie sind oft langsamer als Großmaschinen, fertigen aber in Auftragslosgrößen. Sie führen weg von Make-to-Stock hin zu Make-to-Order. Flexible Maschinen erleichtern Veränderungen in Produktmodellen, etwa bei der Umstellung auf Plattformkonzepte. Ein weiterer Punkt sind Qualitätsstrategien. Der traditionelle Ansatz sucht nach einem Trade-off zwischen Kosten für Qualität und Inspektion. Ziel ist, den Grad der Inspektion so lange zu erhöhen, bis die Grenzkosten der zusätzlichen Inspektion den Verlust eines mangelhaften Produktes übersteigen.

Der moderne Qualitätsansatz baut Qualität in den Fertigungsprozess ein, indem Personal in Techniken der Qualitätskontrolle und -verbesserung geschult wird. QRM nutzt den Faktor Zeit, um Bereiche zu identifizieren, wo Qualitätsverbesserungsmaßnahmen getroffen werden. Qualitätsprobleme die zu Verzögerungen führen (durch Nacharbeit oder Ausschuss) werden durch Methoden wie die statistische Prozesskontrolle reduziert. Durch dieses gezielte Vorgehen erkennen die Mitarbeiter den Einfluss von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen auf das Produkt, was die Mitarbeitermotivation steigert. Bei Personalentscheidungen ist die Strategie, vielseitig einsetzbare Mitarbeiter zu schaffen, die dort eingesetzt werden, wo Probleme vorliegen, oder Jobs verspätet sind. Durch das ganzheitliche Verständnis durchzuführender Arbeitsschritte werden Nacharbeit, Ausschuss, und nicht wertschöpfende Arbeit reduziert.<sup>316</sup> QRM fertigt ausschließlich Make-to-Order. Losgrößen werden unter dem Aspekt der Durchlaufzeitenreduktion (Rüstzeitreduktion an Schlüsselressourcen) festgelegt. Ziel ist, in Losgrößen zu fertigen, die der Größe eines Kundenauftrages entsprechen. Die zentrale Größe für die Lieferantenbewertung ist die Reduktion der Durchlaufzeiten durch diesen. Kosten und Qualität sind sekundäre Bewertungsgrößen.

## 6.12 Organisatorische Struktur, Leistungsmessung

Neben der Investition in Bildung ist die Änderung der Leistungsmessung und -entlohnung Voraussetzung für die neue Unternehmensorganisation.<sup>317</sup> Die Reduktion von Durchlaufzeiten wird in der Regel nicht gemessen. Typischerweise scheint im Jahresbereich keine Messgröße auf, die Quick Response unterstützt. Wie erwähnt führen Messgrößen wie Effizienz, Stück-

---

<sup>315</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 428ff.

<sup>316</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 435f.

<sup>317</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 445f.

kosten oder Auslastung zu längeren Durchlaufzeiten und falschen Strategieentscheidungen. U.A. da kostenbasierte Messgrößen in die Vergangenheit gerichtet sind.<sup>318</sup> Ein mangelndes Verständnis von Overhead-Kosten und deren falsche Allokation führen zu Entscheidungsverzerrungen (z.B. bei Make-or-Buy).<sup>319</sup> Um die kontinuierliche Reduktion von Durchlaufzeiten zu messen, wurde die QRM-Number entwickelt, die für die Leistungsmessung individueller Zellen, eine Gruppe von Zellen oder das gesamte Unternehmen verwandt werden kann. Um die QRM-Number z.B. für eine Zelle zu erstellen, wird zuerst die Durchlaufzeit der Zelle für Jobs über eine anfängliche Periode (die Base Period) z.B. ein Quartal gemessen (Base Lead Time). Für alle weiteren Perioden (z.B. Quartale) wird auch die durchschnittliche Durchlaufzeit festgestellt (die Current Lead Time). Für eine aktuelle Periode gilt dann:

$$\text{Current QRM No.} = \text{Base Lead Time} / \text{Current Lead Time} * 100$$

**Formel 3: Formel der QRM Number<sup>320</sup>**

Die QRM-Number beträgt somit für die erste Periode stets 100, und besitzt einige positive Eigenschaften: Eine Verbesserung verursacht eine größere Zahl, was einen positiven psychologischen Effekt hat. Eine gleich hohe Verbesserung in der Zukunft bewirkt eine größere Verbesserung der Kennzahl, was berechtigt ist, da die Aufgabe der Reduktion von Durchlaufzeiten in der Zukunft anspruchsvoller wird. Die QRM-Number stellt eine einheitliche Messgröße dar, die durch die gesamte Organisation verwandt werden kann, ungeachtet der Teamgröße und der Art der Arbeit. Fertigungszellen können mit Officezellen oder kompletten Fabriken verglichen werden. Beträgt z.B. die anfängliche Durchlaufzeit einer Fertigungszelle 12 Tage, und jene einer Officezelle 3 Tage, wird es für die Fertigungszelle einfacher sein, eine Reduktion der DLZ von einem Tag zu erzielen. Das Verhältnis der QRM-Number stellt hier Objektivität sicher. Bedienen Officezelle und Fertigungszelle dasselbe FTMS, kann eine weitere QRM-Number für die Summe der Durchlaufzeiten der Zellen erstellt werden, um jene Verbesserungen zu verfolgen, die durch den Kunden wahrgenommen werden.

Auf diese Weise wird auch zellenübergreifende Verbesserung motiviert.<sup>321</sup> Eine alternative Messgröße wäre der Prozentsatz der Durchlaufzeitenreduktion, der auch über verschiedene Teams normiert ist, und eine wachsende Größe anzeigt, wenn Verbesserungen erzielt werden. Kleine zukünftige Verbesserungen der DLZ bewirken hier jedoch kaum Änderungen. Eine weitere Kennzahl ist das sog. Cycle Time Ratio, das Verhältnis wertschöpfender Zeit zur Gesamt-DLZ:

---

<sup>318</sup> Vgl.: Goranson (1999), S. 75.

<sup>319</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 448ff.

<sup>320</sup> Suri (1998), S. 451.

<sup>321</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 450ff.



$$\text{Cycle Time Ratio} = \text{Value-Added Time} / \text{Lead Time}$$

**Formel 4: Formel zur Messung der Durchlaufzeitenreduktion<sup>322</sup>**

Die wertschöpfende Zeit ist z.B. in einer Fertigungszelle die Zeit, die tatsächlich an einem Teil gearbeitet wird. Auch bei dieser Kennzahl ist es Ziel, den Wert zu vergrößern. Ein Nachteil ist, dass ein Team für die Reduktion wertschöpfender Zeit (z.B. durch die Elimination einer Operation) bestraft wird, außer wenn die proportionale Reduktion der Durchlaufzeit zumindest gleich groß ist (z.B. weil eine lange Warteschlange vor der Maschine deutlich reduziert wird). Das Team würde somit versuchen, die wertschöpfende Zeit zu verlängern, und gegen die Durchlaufzeitenreduktion arbeiten.<sup>323</sup> Um die QRM-Number zu messen, muss zuerst genau festgelegt werden, was mit Durchlaufzeit gemeint ist. Wird z.B. ein Teil öfter gefertigt, können Extramengen auf Lager gelegt und bei Bedarf sofort (mit einer DLZ von fast null) weitergeleitet werden. Für die QRM-Number wird die Durchlaufzeit für Material, das durch das gesamte gemessene System fließt, erfasst (vom Erreichen des Rohmaterials an der Zelle bis zur Weitergabe des fertigen Teils an die nächste Zelle).

Die Zeitmessung in einer Officezelle beginnt nicht erst wenn ein Auftrag in das Computersystem eingegeben wird, sondern schon, wenn ein Fax/Brief des Kunden ankommt. Vergleichbares gilt für den Shopfloor, wo das Materialverfolgungssystem einen Auftrag an der ersten Arbeitsstation erst erkennen würde, wenn er im System geladen wird. Möglich wäre somit, dass ein Auftrag von einer Officezelle an die Fertigung freigegeben wird, dann lange wartet, bis er bei der ersten Operation begonnen wird, und diese Dauer nicht erfasst wird. Solche Lücken der Zeitmessung beim Wechsel von Verantwortlichkeiten für einen Auftrag müssen vermieden werden. Ein Statusindikator wird in der Zeitmessung integriert, um festzuhalten, was mit einem Job zu einem bestimmten Zeitpunkt passiert. Dies hilft, die Verantwortlichkeit für den Job zu jedem Zeitpunkt festzulegen.

Zeit	Statusindikator	Mitarbeiterkommentare	Erklärung
Oct. 4 11:27 a.m.	Material	Das Material ist nicht verfügbar. Eine Nachricht wurde hinterlassen	Jetzt besitzt die Disposition die Verantwortung über die Durchlaufzeit bis das Material geliefert wurde
Oct. 5 2:33 p.m.	Queue Maschine Nr. 1066		Der Auftrag wurde der Maschine zugeordnet. Da diese aber beschäftigt ist, wartet der Auftrag vor ihr

**Tabelle 4: Statusindikator für die Erfassung von Durchlaufzeiten<sup>324</sup>**

Der Status wird z.B. auf einem Formular festgehalten, das den Job begleitet. Durch derartige Analysen kann das Unternehmen feststellen, wie viel jedes Team oder jede Abteilung zur

<sup>322</sup> Suri (1998), S. 457.

<sup>323</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 457ff.

<sup>324</sup> Suri (1998), S. 463.

Gesamtdurchlaufzeit beiträgt. Es wird verhindert, dass Teams an Zeitelementen gemessen werden, die sich nicht beeinflussen können. Eine Trennung in Wartezeit, Bearbeitungszeit und Wartungszeit erleichtert die kontinuierliche Verbesserung im Team. Das jeweilige Zellenteam sollte jedoch entscheiden, mit welcher Genauigkeit gearbeitet wird. Z.B. könnte eine Zelle entscheiden, Rüstzeiten nicht zu erfassen, da die Teammitglieder lieber Freiheit in der Art haben, wie sie ihren Job erfüllen.<sup>325</sup> Festzulegen ist, ob die durchschnittliche Durchlaufzeit berechnet wird, indem jeder Auftrag gleich behandelt wird, oder ob jeder Auftrag gewichtet wird (nach Stückzahl, Kosten, Rentabilität). Eine lange Durchlaufzeit bei einem Großauftrag schadet dem Unternehmen schließlich mehr als eine kleine Bestellung. Wichtig ist, dass die Art der Messung die QRM-Ziele des Unternehmens unterstützt. Werden z.B. bei einem Auftrag von 100 Stück 95 in vier Tagen fertig gestellt, und die restlichen fünf wegen Nacharbeit in sieben Tagen, könnte die Durchlaufzeit wie folgt berechnet werden:  $DLZ = 4 * 0,95 + 7 * 0,05 = 4,15$ . Stellt sich heraus, dass die Dispositionsabteilung des Kunden einen Auftrag erst einbucht, wenn er komplett ist, rechtfertigt sich die Messung mit sieben Tagen. Dies kann die Motivation erhöhen, Qualitätsverbesserungen anzustreben, um Nacharbeit zu vermeiden.<sup>326</sup>

Zellenteams die schon für einige Zeit bestehen haben ggf. sehr hohe QRM-Numbers. Relativ neue oder wenig erfolgreiche Teams könnten dadurch entmutigt werden. Deshalb werden Belohnungssysteme eingeführt, die es zum primären Ziel machen, die eigene QRM-Number zu verbessern. Weiters werden die Zahlen durch das Management regelmäßig renormalisiert: In Intervallen von z.B. einem Jahr werden alle QRM-Numbers auf 100 zurückgesetzt. Dies, indem z.B. die vergangene Periode mit dem besten Ergebnis zur Base Period wird. Teams erhalten so eine neue Change, miteinander zu konkurrieren. Die QRM-Number wird durch sekundäre Größen ergänzt. Die Anzahl dieser Messgrößen sollte gering sein, da zu viele Größen verwirren, und eine uneindeutige Nachricht vermitteln. Viele Unternehmen untersagen als Daumenregel eine Nutzung von mehr als fünf Messgrößen. Die Messgrößen müssen direkt relevant für die Fertigungsstrategie sind. Legt die Strategie z.B. fest, dass bestimmte Qualitätsstandards erreicht werden sollen, um bestimmte Marktsegmente zu erschließen, sollte eine Messgröße Qualitätsverbesserungen erfassen. Ist Crosstraining für die Fertigungsstrategie relevant, könnte die Anzahl der Fähigkeiten je Teammitglied gemessen werden.<sup>327</sup> Diese zusätzlichen Messgrößen verhindern, dass DLZ-Messgrößen missbraucht werden. Es könnte z.B. versucht werden, Durchlaufzeiten durch den Aufbau von Beständen für Komponenten zu reduzieren, für welche die Endmontage nur einen kleinen Teil der Gesamtdurch-

---

<sup>325</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 461f.

<sup>326</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 462ff.

<sup>327</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 465f.

laufzeit einnimmt. Derartigen Strategien wird entgegengewirkt, indem z.B. eine Messgröße für Bestände installiert wird. Die Messgrößen müssen einfach sein. Messgrößen, die mehrere Eingangsgrößen verknüpfen, haben das Problem, dass sie den Beitrag der einzelnen Person intransparent machen, und leicht manipuliert werden können.

Wichtig sind neben Durchschnittswerten wie der QRM-Number direkten Messgrößen die bestimmte Probleme z.B. fallweise lange Durchlaufzeiten aufzeigen, oder auch Trends im Verlauf der Betrachtungsperiode. U.A. wird die Durchlaufzeit als Absolutwert vermerkt (z.B. ein Wert je Auftrag). Nicht nur Gesamtergebnisse einer Periode werden aufgezeichnet, sondern auch Detailergebnisse. All diese Messwerte liefern Erkenntnisse für die kontinuierliche Verbesserung.<sup>328</sup> Die Messung der DLZ beginnt, wenn das Rohmaterial mit dem Jobticket der Fertigung zur Verfügung gestellt wird, und endet mit der Abnahme durch die Qualitätssicherung. Der weitgehende Verzicht auf Effizienzkennzahlen lässt Freiraum für die Neuorganisation von Arbeitsprozeduren, Jobrouten, und Rüstvorgängen. Er ist möglich, da wenn kein neues Personal eingestellt, keine neuen Maschinen gekauft, die Produktionsziele erreicht und Durchlaufzeiten gesenkt werden, es unmöglich ist, dass Betriebskosten steigen. Es ist dann unbedeutend, wie Mitarbeiter ihre Zeit nutzen, solange die vorgegebenen Ziele erreicht werden. Auslastung wird in eingeschränktem Maß gemessen. Sie muss für Zwecke der Kapazitätsplanung bekannt sein, um zu vermeiden, dass Ressourcen überbelastet werden.

Auslastung wird jedoch nicht mit dem Anreizsystem gekoppelt. Auch Kennzahlen der Lieferperformance haben Nachteile für QRM, da sie Arbeitsgruppenleiter (und Lieferanten) dazu motiviert, längere Standarddurchlaufzeiten zu nennen. Diese werden widerstandslos eingeführt, da Arbeitsgruppen nach der betroffenen für Planungszwecke eine längere, aber permanent eingehaltene Durchlaufzeit des internen Lieferanten bevorzugen (um nicht pausenlos umplanen zu müssen). Dieses Verhalten führt jedoch wie erwähnt zur Response Time Spiral.<sup>329</sup> Ziele für Zellen werden so gesetzt, dass sie mit vorhandenen Methoden und Vorgehensweisen nicht erreicht werden können. Dadurch werden die Teams zum Umdenken gezwungen. Aus der Vergangenheit ist bekannt, dass Durchlaufzeitenreduktionen zwischen 50 und 75% anspruchsvoll, aber realistisch sind.<sup>330</sup> Rollen und Verantwortlichkeiten ändern sich: Aufseher werden zu Coaches, die Unterstützungsfunktionen für die Zellenteams wahrnehmen. Manager werden zu Teamtrainern, Qualitätsinstruktoren, oder zu Personen, die wichtige Entscheidungen der Teams unterstützen und Ressourcenerweiterungen erwirken. Wurden relevante Funktionen für eine Zelle definiert, werden nach unternehmensweiten Schulungen

---

<sup>328</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 465ff.

<sup>329</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 197ff.

<sup>330</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 472f.

Jobbeschreibungen für die Teamrollen ausgeschrieben. Neben allgemeinen ORM-Schulungen wird in Teamtraining in folgenden Bereichen investiert:<sup>331</sup>

- Teamdynamiken: Die Teammitglieder lernen, wie sie effektiv zusammenarbeiten
- Abhaltung von Meetings (Agenda, Actionpläne, ...)
- Teamverbesserung (Problemlösungs- und Projektmanagementmethoden)
- sonstige Fähigkeiten (administrative Aufgaben, Customer-Service, Computertools)

Die Rolle des Teamleaders rotiert in der Gruppe (z.B. alle paar Monate), damit jedes Mitglied gleichberechtigt ist. Der Teamleader ist Schnittstelle zur restlichen Organisation, Ansprechstelle für andere Teams und Abteilungen und vertritt das Team vor dem Management.<sup>332</sup>

Empowerment<sup>333</sup> bedeutet, dass dem Team Ressourcen und Autoritäten zur Verfügung gestellt werden, über deren Einsatz das Team selbst entscheidet (z.B. ein Budget für Werkzeuge und Training). Jedem Team wird eine externe Person zugeteilt, die genügend Einfluss besitzt, um wichtige Änderungen durchzusetzen. Periodische Reviews der Teamarbeit werden durchgeführt (anfangs wöchentlich, später alle paar Monate). Die Teams übernehmen Aufgaben, die bisher durch Unterstützungsabteilungen durchgeführt wurden (z.B. den Abruf von Material). Die Abteilungen werden auf Experten reduziert, die spezialisiertes Wissen in bestimmten Bereichen besitzen. Sie unterstützen die jeweiligen Experten in den Teams und führen Schulungen durch. Da es Endziel ist, dass Teams die Abteilungen ersetzen, werden die Berichtsstrukturen aus den Abteilungen verlagert. Da QRM-Teams auf Marktsegmente ausgerichtet sind, berichten sie in Organisationsstrukturen, die diese Segmente widerspiegeln. Bis derartige Strukturen aufgebaut sind, berichten Teams an höhere Manager, die keiner bestimmten Abteilung angehören.<sup>334</sup>

Die Mitarbeiter arbeiten im Lauf ihrer Karriere in verschiedenen Teams. Sie müssen flexibel sein, um sich schnell auf Anforderungen in neuen Teams einstellen können. Die Ergebnisse der Teams und die Teams selbst entscheiden über Gehaltserhöhungen, nicht mehr der Chef der jeweiligen Abteilung. Teammitglieder können auch zu Experten in den Abteilungen werden, als Schnittstelle zum Management arbeiten, und Schulungen durchführen. Ggf. sind Strukturen zu installieren, sodass Teammitglieder andere nach einigen Monaten Probezeit aus ihrem Team wählen können. Wird ein Mitarbeiter mehrmals aus verschiedenen Teams gewählt, wird er entlassen. Nichtmonetäre Belohnungen werden neben monetären Anreizen verwandt.<sup>335</sup> Teambasierte Belohnungen dominieren. Auch sekundäre Messgrößen werden entlohnt. Ein kleiner Teil (10-20%) der teambasierten Entlohnung gelangt in einen Topf, und

---

<sup>331</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 476.

<sup>332</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 477f.

<sup>333</sup> siehe Adams (o.J.), S. 1.

<sup>334</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 479ff.

<sup>335</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 486f.

wird nach Evaluation aller Teammitglieder auf diese verteilt. Dies ermöglicht eine Hervorhebung jener Mitglieder, die besonders hart gearbeitet haben, und motiviert die Mitarbeiter, sich neue Fähigkeiten anzueignen. Arbeiten mehrere Teams für einen Kunden, basiert ein Teil der Entlohnung auf der Gesamtperformance der Teams. Die Bewertungsgrundlage ist stets die QRM-Number. Vermieden wird, dass Angestellte, die einer Zelle beitreten, Gehaltskürzungen hinnehmen müssen. Innerhalb eines Teams ist es durchaus möglich, Mitglieder je nach Erfahrung unterschiedlich zu entlohnen. Die prozentuale Verteilung der genannten Anreizkomponenten sollte jedoch dieselbe sein.

Da die Umstellung des Rechnungssystems auf ABC aufwändig und teuer ist, werden im QRM Umstellungen des traditionellen Rechnungssystems beschrieben, die vergleichsweise einfach umgesetzt werden können. Traditionelle Rechnungsmethoden können den Anschein wecken, dass QRM-Zellen unwirtschaftlich sind, da Zellen zwar Overhead reduzieren, aber mit beträchtlichen Overheadraten belastet werden. Deshalb schätzt das Management strategische Overheadraten für die Zellen. Durch die Senkung der Zurechnungsrate entsteht eine Unterdeckung des Overhead, die in einem strategischen Pool gesammelt und als Investition betrachtet wird. Werden mehr Zellen eingeführt, sinken die tatsächlichen Overhead- und Materialkosten (z.B. Reduktion von Ausschuss). Da das Rechnungssystem weiterhin die Standardmaterialkosten verrechnet, führen die sinkenden Overheadkosten zu einer Überabsorption der Gesamtkosten, womit der Kostenpool ausbalanciert wird (ähnlich Abschreibungen einer Investition).<sup>336</sup> Diese Art der Verrechnung motiviert das Management, mehr Risiko zu nehmen. Die Betrachtung bezieht sich alleinig auf die interne Kostenrechnung, nicht auf die Finanzbuchhaltung, die unverändert bleibt, da rechtlich eine volle Aufnahme vorhandener Kosten verlangt wird. Wenn ein Unternehmen QRM einführt, steigen oft die direkten Personalkosten, da viele Schritte die zuvor als indirekte Kosten verrechnet wurden nun von Mitarbeitern des Shopfloors durchgeführt werden (z.B. Qualitätsprüfungen und Materialumschlag). Weiters, da die Dezentralisierung von Entscheidungskompetenzen einen höheren Bildungsstand der Mitarbeiter fordert. Ein anderer Grund ist die geringere Auslastung (ca. 80%). Traditionelle Rechnungssysteme erhöhen proportional zu den wachsenden direkten Personalkosten den Overhead. In der Realität sinkt der Overhead jedoch aufgrund der Umverteilung von Arbeitsschritten und der Reduktion von Umplanungen und anderer nicht wertschöpfender Tätigkeiten.<sup>337</sup> Auch die Materialkosten sinken durch Qualitätsverbesserungen, weniger Nacharbeit und Ausschuss. Deshalb schätzt das Management den Einfluss von QRM auf die Kostenstruktur für bestimmte Produktlinien vor deren Einführung. Der Overhead wird als

---

<sup>336</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 487f.

<sup>337</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 45ff.

fixer Kostenblock behandelt, und nicht proportional zu den direkten Personalkosten verrechnet. Die Overheadkosten, die jetzt von der jeweiligen Produktlinie nicht mehr getragen werden, werden auf andere Linien umverteilt.<sup>338</sup> Die direkten Personalkosten sinken durch Produktivitätssteigerungen langfristig (z.B. Erhöhung des Durchsatzes der Produktion). ABC ist kein Heilmittel für QRM, da der hohe Aufwand, der mit der Datensammlung für ABC verbunden ist, QRM-Projekte deutlich verzögern kann. Ein grundlegendes Argument gegen ABC ist, dass Veränderungen in Rüstzeit und Losgröße einen nichtlinearen Einfluss auf Durchlaufzeiten und WIP haben. Das ABC-Modell ist jedoch ein lineares. Die Kosten steigen in einem fixen Verhältnis zum Kostentreiber (Volumen von Aktivitäten).

Kein lineares Modell kann den organisatorischen Einfluss im QRM-Unternehmen schätzen. Ein lineares Modell kann nur für „what-ifs“ eingesetzt werden, die sich nahe an der aktuellen Betriebsituation befinden. QRM verursacht jedoch drastische Veränderungen im operativen Bereich.<sup>339</sup> Um QRM-Projekte zu rechtfertigen, richten Manager strategische Fonds ein, aus welchen sie Vorschläge zur Reduktion von Durchlaufzeiten finanzieren. Sie werden auf Basis finanzieller Ziele auf strategischer Ebene (Kosten- und Renditerechnungen) eingerichtet, und auch genutzt, um Schulungen zu finanzieren. Die zur Verfügung stehenden Geldmittel sowie die Unternehmensziele für ein bestimmtes Marktsegment werden veröffentlicht, um Mitarbeiter zu motivieren, Vorschläge zur Durchlaufzeitenreduktion einzubringen. Das Management evaluiert die verschiedenen Vorschläge (z.B. die Investition in einen neuen Lieferanten oder die Implementierung einer Officezelle). Für die Zuordnung von Finanzmitteln ist im QRM die Reduktion von Durchlaufzeiten das primäre Kriterium. Die übergeordneten finanziellen Ziele werden nicht auf finanzielle Ziele auf Bereichsebene (für die verschiedenen Abteilungen) herunter gebrochen, sondern auf Ziele zur Reduktion von Durchlaufzeiten.

## 6.13 Schritte der Implementierung eines QRM-Programms

Es gibt nicht einen einzigen richtigen Weg zur Implementierung von QRM, da jedes Unternehmen einzigartige Dynamiken besitzt. Dennoch konnte auf Basis wichtiger QRM-Prinzipien ein generischer Implementierungsprozess erarbeitet werden. Dieser ist in drei Ebenen eingeteilt (Steering Committee, Planungsteam, und Umsetzungsteam). Um QRM zu implementieren, müssen Leistungsmessung, Anreizsystem, Berichtsstrukturen, und funktionale Grenzen umgestellt werden. Solche tiefgehenden Veränderungen können nicht ohne Unterstützung des Topmanagements erfolgen. Am Projektbeginn steht nicht genau fest, welche Normen verändert werden müssen, um das Projekt erfolgreich abzuschließen. Folglich wird zu Beginn

---

<sup>338</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 48f.

<sup>339</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 487ff.

die grundsätzliche Unterstützung des Topmanagements sichergestellt. Im Projektverlauf werden dann genauere Forderungen an das Management gestellt (z.B. Unternehmenspolitiken, die abgeschafft werden müssen). Das Topmanagement besucht Workshops und Konferenzen zu QRM, und spricht mit Kollegen anderer Unternehmen, die QRM bereits eingeführt haben.<sup>340</sup> Ein Steering Committee für QRM wird eingeführt. Dieses Komitee ist nicht für die Projektdurchführung verantwortlich. Seine Aufgabe ist, einen Rahmen festzulegen, in dem das Projekt durchgeführt werden kann, und Hindernisse für dieses zu beseitigen. Das Komitee arbeitet mit dem Topmanagement zusammen und sichert dessen Unterstützung.

Schritt 1	Sicherung der Unterstützung des Topmanagements
Schritt 2	Einführung eines Steering Committees
Schritt 3	Auswahl einer Produktfamilie
Schritt 4	Erstellung eines crossfunktionalen Planungsteams
Schritt 5	Durchführung teambildender Aktivitäten
Schritt 6	Messung aktueller Durchlaufzeiten
Schritt 7	Überarbeitung (genaue Eingrenzung) des Projektfokus
Schritt 8	Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Durchlaufzeitenreduktion
Schritt 9	Auswahl eines FTMS (Marktsegmentes)
Schritt 10	Präsentation der Lösungsvorschläge und nicht wertschöpfender Tätigkeiten für das Top-Management
Schritt 11	Erstellung eines Implementierungsteams
Schritt 12	Diverse Schulungen des Implementierungsteams, Erarbeitung von Schulungsplänen
Schritt 13	Umsetzung der Lösungsvorschläge
Schritt 14	Durchführung eines Team- und Projektreviews
Schritt 15	Wiederholung des Implementierungsprozesses für andere QRM-Projekte

**Tabelle 5: Schritte zur Implementierung von QRM-Projekten**

Das Steering Committee wählt eine Produktfamilie mit langen Durchlaufzeiten aus, die ein bestimmtes Marktsegment bedient. Die Produktgruppe wird so ausgesucht, dass sich die angestrebte Durchlaufzeitenreduktion deutlich auf die Gesamtperformance des Unternehmens auswirkt (z.B. den Marktanteil). Der Projektfokus darf nicht zu breit sein, sodass es für das spätere Zellenteam möglich sein wird, alle Prozesse für das Marktsegment zu steuern. Sind die durch den Projektfokus betroffenen Geschäftsprozesse bekannt, wird ein crossfunktionales Team (Planungsteam) aufgestellt, das sich aus Vertretern jener Abteilungen zusammensetzt, die Einfluss auf die Prozesse der ausgewählten Produktgruppe nehmen. Aufgabe

<sup>340</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 498f.

des Planungsteams ist, Verbesserungsmöglichkeiten für diese Gruppe zu analysieren und Einführungsvorschläge zu erarbeiten. Die Mitglieder dieser Gruppe werden später nicht notwendigerweise in das Zellenteam berufen. Das Planungsteam besteht aus Freiwilligen, die für die genannten Aufgaben aus der funktionalen Organisation herausgenommen werden (für einen Zeitraum von ein oder zwei Monaten). Um das Team zu erstellen, benötigt das Steering Committee ausreichende Befugnisse. Auch wenn das Planungsteam nicht lange besteht, wird in teambildende Aktivitäten investiert, damit das Team effizient zusammenarbeitet. Die erste operative Aufgabe des Planungsteams ist grobe Messungen für die aktuellen Durchlaufzeiten der Produktgruppe durchzuführen. Dies als Vorbereitung zur Festlegung von Zielen der Durchlaufzeitenreduktion, und um einschätzen zu können, welche Schritte notwendig sein werden, um diese Ziele zu erreichen. Diese Schritte werden grob durchgeführt, da genauere Daten zu einem späteren Zeitpunkt erhoben werden.<sup>341</sup>

Mit den erarbeiteten Schätzwerten kann das Team den Projektfokus genauer festlegen. Sind Projektfokus und -ziel festgelegt, wird mit der Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Reduktion der Durchlaufzeiten begonnen. Werden Durchlaufzeitreduktionen im Bürobereich angestrebt, werden Daten durch Tagging und Process Mapping erhoben. Ist der Shopfloor betroffen, werden Daten über Produktvolumina, Produkttrouten, Rüstzeit, und Fertigungszeiten erhoben. Es wird ein bestimmtes FTMS ausgewählt, auf das sich die weiteren Implementierungsschritte konzentrieren. Die im Laufe der Arbeit genannten Methoden und Prinzipien werden eingesetzt, um Verbesserungsmöglichkeiten für das FTMS zu erarbeiten. Das Planungsteam versucht weiters, den Einfluss von Verbesserungsmöglichkeiten auf die DLZ zu quantifizieren.<sup>342</sup>

Das Planungsteam präsentiert dem Steering Committee und dem Topmanagement die erarbeiteten Lösungsvorschläge. Weiters wird die Ist-Situation mit ihrem Ausmaß nicht wertschöpfender Zeit dargelegt, um die Notwendigkeit von Veränderungen zu betonen. Wird einer der Lösungsvorschläge durch das Management genehmigt, wird ein Implementierungsteam dafür ernannt. Da die Implementierung oft mit der Errichtung einer Zelle verbunden ist, besteht das Umsetzungsteam hauptsächlich aus jenen Personen, die in der Zelle arbeiten werden. Dieses Team wird ggf. durch Experten unterstützt. Idealerweise liegt eine Überlappung zwischen dem Planungs- und Einführungsteam vor, damit der Übergang von der Planung zur Umsetzung erleichtert wird. Der Grund, dass zwei verschiedene Teams installiert werden, ist, dass das Umsetzungsteam bezüglich Größe und relevanten Fähigkeiten deutlich vom Planungsteam abweicht. Das Umsetzungsteam besteht erneut aus Freiwilligen, die aus

---

<sup>341</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 500ff.

<sup>342</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 503f.



der funktionalen Organisation herausgenommen werden. Das Team arbeitet wie das Planungsteam ganzzzeitig an seinen QRM-Aufgaben. Da viele Mitglieder des Implementierungsteams für Jahre zusammenarbeiten werden, wird in Teambildung und Training des Teams (in den zuvor genannten Kategorien) investiert. Schulungspläne werden erarbeiten, um relevante Fähigkeiten aufzubauen.

Die erarbeiteten Vorschläge werden umgesetzt. Zuerst werden Lösungen umgesetzt, die geringe Kosten verursachen (Veränderungen vorhandener Arbeitsmethoden und -prozesse z.B. der Leistungsmessung und internen Kostenrechnung). Erfolge aus derartigen Anstrengungen werden genutzt, um traditionelle Denkhaltungen zu schwächen. Erst, wenn auf diese Weise erste Erfolge in der Durchlaufzeitenreduktion erreicht wurden, wird über Investitionen (Rapid Prototyping, CAD, CAPP) nachgedacht.<sup>343</sup> Die erworbenen Teamfähigkeiten helfen, auftretende Probleme teamintern zu bewältigen. Organisatorische oder politische Barrieren werden durch das Steering Committee eliminiert. Die Messung von Durchlaufzeiten wird institutionalisiert, um die Fortschritte des Teams dokumentieren zu können, und um Datengrundlagen für die Identifikation weiterer Verbesserungsmöglichkeiten zu erhalten.<sup>344</sup>

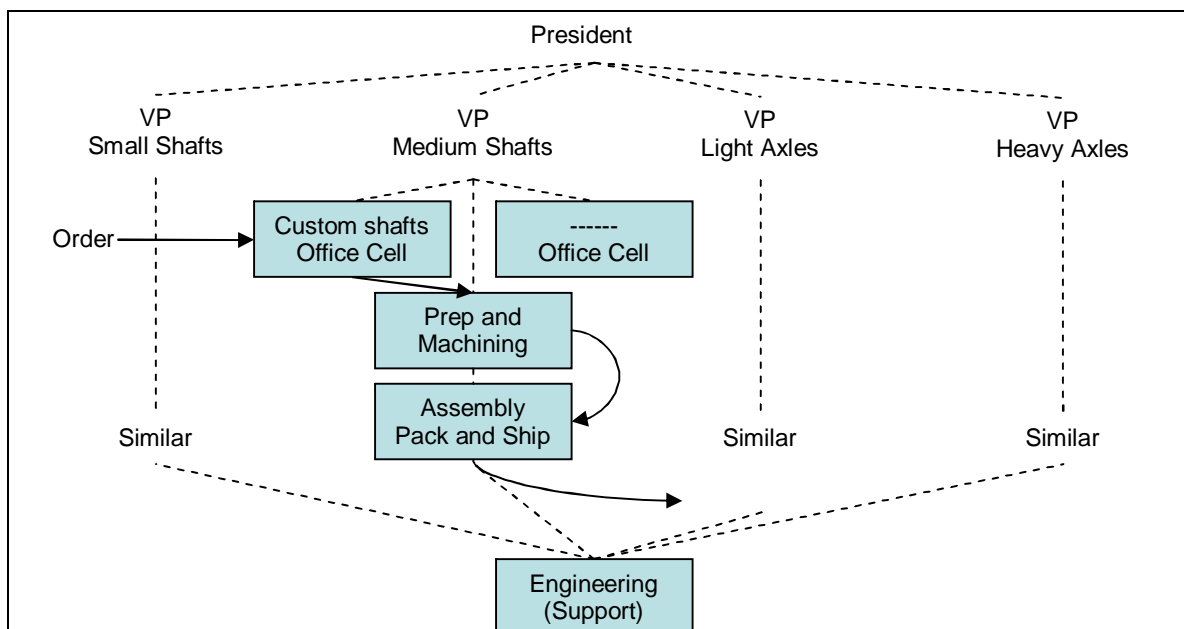


Abbildung 28: QRM Organisation<sup>345</sup>

Wurden erste Erfolge erzielt, wird ein Team-Review erstellt. Das Team analysiert in Meetings, wo es in Hinblick auf das Projektziel steht, und welche Schritte noch ausstehen. Festgehalten wird, was zum Projekterfolg beigetragen hat, und welche Fehler gemacht wurden. Die Ergebnisse werden dem Topmanagement, Aufsehern, und Mitarbeitern in Büro und Fer-

<sup>343</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 442f.

<sup>344</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 504ff.

<sup>345</sup> Suri (1998), S. 484.

tigung vorgelegt. Das Team wird für seine Anstrengungen entlohnt (primär nichtmonetär), damit die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sich andere Mitarbeiter für das nächste Implementierungsteam melden. Der genannte Einführungsprozess wird für weitere QRM-Projekte wiederholt. Mit den aus dem ersten Projekt gewonnenen Erkenntnissen können komplexere oder umfangreichere Projekte in Angriff genommen werden. Die Mitarbeiter vergangener Projekte übernehmen Unterstützungsfunktionen in neuen Projekten bzw. stoßen sie an. Werden mehr Projekte umgesetzt, wandelt sich die Unternehmensorganisation schrittweise in eine QRM-Organisation um.<sup>346</sup>

## 7 Vergleich AM – QRM

Nachdem in der Arbeit die beiden Unternehmenskonzepte QRM und AM vorgestellt wurden, können nun Vergleiche zwischen diesen Ansätzen erarbeitet werden.

### 7.1 Gemeinsamkeiten AM - QRM

QRM und AM entstanden aus derselben Motivation: Vom traditionellen Fertigungsparadigma soll Abstand genommen werden. Beide Ansätze betonen, dass Economies of Scale zunehmend unbedeutend werden, und rücken Economies of Scope in den Vordergrund. Viele Enabler der beiden Konzepte stimmen überein. Wie QRM betont AM, dass Wettbewerbsfähigkeit dadurch erreicht wird, dass ein Unternehmen schnell auf den Bedarf nach kundenspezifischen und hochqualitativen Produkten reagieren kann. Kern beider Ansätze ist die Integration von Mensch, Technologie und Organisation. AM betont wie QRM die Bedeutung kontinuierlicher Veränderung und Innovation. Die Unternehmensentwicklung erfolgt in QRM und AM schrittweise in Projekten, die auf gezielte Marktsegmente ausgerichtet sind.<sup>347</sup> Beide Ansätze versuchen vermehrt dynamische Wechselwirkungen des Fertigungssystems zu begreifen. Beide Ansätze beschreiben, welche negativen Konsequenzen lange Durchlaufzeiten und Eilaufträge auf die Fertigung haben. Von beiden Ansätzen wird eine konsequente Parallelisierung von Arbeitsschritten (z.B. Concurrent Engineering) im gesamten Unternehmen gefordert. Beide Ansätze nutzen moderne Technologien, um ihre Organisationskonzepte zu unterstützen (CAD, Barcoding, EDI, Electronic Commerce). Interdisziplinäre Tätigkeiten<sup>348</sup> von Organisation, Mensch, und Technik werden weiterentwickelt. Die empfohlenen Umstellungen von QRM und AM benötigen eine gewisse Zeit, bis sie ihre Vorteile entfalten. Einige Metho-

---

<sup>346</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 506f.

<sup>347</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 272.

<sup>348</sup> Interdisziplinarität ist mehr als die Anwendung von Wissen aus Organisationslehre und Psychologie auf die Entwicklung von Fertigungssystemen. Die Beachtung wird vielmehr auf die Bereiche gelegt, wo diese Wissenbereiche überlappen, bzw. auf die Bereiche zwischen diesen. [Kidd (1994), S. 4.]

den, die in AM und QRM genannt werden, stimmen überein (z.B. QFD). Die aufwändigen Umstellungen, die von QRM und AM verlangt werden, schaffen Wettbewerbsbarrieren.

Beide verlangen tiefgehende Änderungen im Unternehmen.<sup>349</sup> Flexible Strukturen, breit geschulte Mitarbeiter und dezentrale Informationssysteme werden aufgebaut. Die Unternehmensorganisation in QRM/AM ist flach und teambasiert, mit kaum Hierarchie. Die Bedeutung von Gruppen anstatt Abteilungen für Büro und Shopfloor wird betont.<sup>350</sup> Managementpraktiken und Technologien werden verändert, um breit geschulten Mitarbeitern die Freiheit zu geben, ihre Arbeitspraktiken an eine Vielzahl von Situationen anpassen zu können.<sup>351</sup> Unterstützungsstrukturen werden geschaffen, die kontinuierliches Lernen und Experimentieren unterstützen. Mitarbeiter werden (als bedeutende Ressource) multifunktional ausgebildet, um durch funktionsübergreifendes Verständnis komplexe Probleme lösen zu können. Technologie soll dem Mitarbeiter dabei helfen, seine Fähigkeiten regelmäßig anzuwenden und weiterzuentwickeln, ihn bei komplexen Entscheidungen unterstützen, und ihn von monotonen Tätigkeiten befreien. Beide Ansätze investieren vermehrt in Schulungen für Manager und Mitarbeiter. Empowerment wird in beiden Ansätzen betont. In beiden Ansätzen werden Produktcluster gebildet und diese mit jeweils adäquaten Prozessen hinterlegt.<sup>352</sup> Während Experten auch im agilen Unternehmen benötigt werden, müssen in Zukunft wie in QRM mehr Menschen eine Rolle als Systemintegrator übernehmen.<sup>353</sup> Da die Zellenteams auf Marktsegmente ausgerichtet sind, berichten sie in Strukturen, die diese Segmente reflektieren.

Kooperationsmodelle wie virtuelle Unternehmen werden empfohlen. Die Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten werden überarbeitet. Lieferanten werden bei der Anbindung von Computersystemen bzw. der Implementierung von AM/QRM unterstützt. Der Aufbau von Partnerschaften mit einigen wenigen Lieferanten (Single- bzw. Dual Sourcing) wird empfohlen. Der Abruf beim Lieferanten erfolgt verbrauchsgesteuert von den Zellen in kleinen Losgrößen. Wie im AM betont fordert QRM für seine Mitarbeiter eine Kommunikationsstruktur, die Teams eine schnelle Wechselwirkung ermöglicht, auch zwischen Unternehmen. Die Elemente einer integrierten Supply Chain (Information Systems Management, Inventory und Time Management und Relationship Management<sup>354</sup>) werden in beiden Ansätzen behandelt. Änderungen im Rechnungssystem (z.B. für Bewertungskriterien für Investitionen und die Zuordnung von Overhead) werden in beiden Ansätzen besprochen. AM und QRM verlangen Umstellungen in der Leistungsmessung (u.A. Messung direkter Größen wie Outputmengen

---

<sup>349</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. viii.

<sup>350</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 28.

<sup>351</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 25.

<sup>352</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 386.

<sup>353</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 357.

<sup>354</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 792.

und Ressourceneinsatz). Messgrößen der Agilität (Reaktionsgeschwindigkeit, Qualität und Leistungsvielfalt<sup>355</sup>) werden auch im QRM empfohlen.

Beide Ansätze eignen sich für Fertigungen, die mit geringem Volumen und One-of-a-Kind-Produkten zu kämpfen haben, und wurden für heutige Marktverhältnisse konzipiert.<sup>356</sup> Cellular Manufacturing wird für die Strukturierung von Fertigung und Büro verwandt. Die geforderten Eigenschaften von Zellen stimmen in QRM und AM überein (Rückkoppelung vom Shopfloor, Teamgröße, ...). Beide Ansätze nehmen Schritte vor, um Planungs- und Kontrollaufgaben (Nutzung von MRP) durch die Dezentralisierung der Detailplanung (dezentrale Planungswerkzeuge) zu vereinfachen.<sup>357</sup> Von QRM/AM wird eine dezentrale Fertigungssteuerung verlangt. Eine zentrale, hierarchisches Produktionsplanung und -steuerung ist ungeeignet. Aufgaben der Planung und Durchführung werden in die Zellen integriert. In AM und QRM werden die organisatorischen Grenzen im Unternehmen so gelegt, dass sie um komplette Informations- und Materialflüsse herumlaufen. Zellen werden auf Marktsegmente ausgerichtet. Die Reaktionsfähigkeit der Fertigung wird in beiden Ansätzen durch die Nutzung von flexiblen, programmierbaren Maschinen und rekonfigurierbare Fertigungsanlagen unterstützt (Maschinen können leicht von Transportvorrichtungen getrennt und neu positioniert werden). Methoden der Reduktion von Rüstvorgängen werden in beiden Ansätzen behandelt. In QRM/AM wird der Produktentwicklungsprozess überarbeitet und die Bedeutung einer Fertigungsstrategie betont. Sie baut auf einer Systembetrachtung der genannten Agilitätsdimensionen auf.<sup>358</sup> Anstatt in Schwermaschinen zu investieren, wird in AM und QRM die Nutzung programmierbarer, flexibler Maschinen vorgeschlagen, die kürzere Rüstzeiten aufweisen (um kleine Lose effizient fertigen zu können).

## 7.2 Unterschiede AM - QRM

Die strategischen Ziele, die für AM genannt werden, werden mit einer Ausnahme durch QRM unterstützt. QRM korrigiert die Annahme, dass eine hohe Kapitalauslastung und eine schnelle Reaktionsfähigkeit miteinander vereinbar sind. Es handelt sich dabei um konkurrierende Zielgrößen, die einander im Wesentlichen ausschließen. AM betont die Bedeutung evolutionärer Designmodelle für die Entwicklung von Prozessen, Systemen und Produkten.<sup>359</sup> Auf Designmodelle des Software Engineering wird im QRM nicht eingegangen. Im Gegensatz zu QRM betont AM, dass bei der Umgestaltung der Unternehmensorganisation einige Schichten des mittleren Managements entfernt werden müssen. QRM spricht vielmehr von einer Umgestal-

---

<sup>355</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 125.

<sup>356</sup> Vgl.: Suri (1998), S. xxv.

<sup>357</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 114f.

<sup>358</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 5f.

<sup>359</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 48.

tung von Rollen (Änderung von Jobbeschreibungen) und von Unternehmenswachstum, das eine Reduktion des Mitarbeiterstamms unnötig macht. Den mittleren Managern werden neue Aufgaben zugeordnet (Experte in einer Abteilung, Mitarbeiter in einem Team, Teamcoach, Ausbilder). QRM erkennt, dass wenn die Implementierung von Zellen für die Reduktion von Personal verwandt wird, der Wandel zum QRM-Unternehmen durch Widerstand gegen die Teambildung erschwert wird.

Auffällig ist, dass ein Großer Teil der Enabler, die für AM genannt werden, IT-bezogen sind, etwa intelligente Steuerungen, modulare Hardware, usw. Dies, obwohl AM die Bedeutung organisatorischer und menschlicher Aspekte betont. Der Fokus des QRM scheint hingegen auf organisatorischen und menschlichen Aspekten zu liegen (z.B. der Mitarbeiterflexibilisierung). Die Bedeutung einiger Themen wie Umweltschutzbestimmungen wird im AM betont, während sie im QRM nicht aufgegriffen werden. Die Bestandteile von AM sind nicht neu, sondern die Art und Weise, wie sie kombiniert werden. Für QRM wurden im Gegensatz eigene Methoden entwickelt (POLCA, Time-Slicing, Tagging, ...). Weiters beschreibt QRM Phänomene wie die Response Time Spiral, d.h. Dynamiken, die im AM nicht aufgegriffen werden. AM betont, dass es auch in der Serviceindustrie eingesetzt werden kann. QRM fokussiert jedoch auf Fertigungsunternehmen. AM spricht von einer Erhöhung der Auslastung von Mitarbeiterressourcen. Auslastungsdenken arbeitet jedoch gegen die Verkürzung von Durchlaufzeiten, wie im QRM beschrieben wird. Elemente des AM sind kleine Losgrößen, minimaler Pufferbestand, verbesserte Prozesse, Total Quality Control, Rüstzeitminimierung, vorbeugende Instandhaltung und die Nutzung von Kanban-Systemen.<sup>360</sup> QRM verwendet ähnliche Elemente, setzt jedoch ein hybrides Materialsteuerungssystem (POLCA) ein.

Gezeigt wird, warum ein reines Pull-System für ein QRM-Umfeld nicht geeignet ist.<sup>361</sup> Im AM werden Fertigungszellen empfohlen, die jenen des QRM entsprechen. Die Installation und der Betrieb der Zellen werden im QRM jedoch umfangreicher behandelt. Weiters wird nur im QRM beschrieben, wie die Zellen in das restliche Fertigungsparadigma eingefügt werden können. Um QRM auf dem Shopfloor zu unterstützen werden Richtlinien der Kapazitäts- und Materialplanung genannt. AM geht auf diese Punkte nicht ein. Die Ansätze von AM/QRM, die für die Umstellung des Rechnungswesens genannt werden, unterscheiden sich. Während AM den Einsatz von ABC empfiehlt, nennt QRM Gründe, warum dieses für QRM ungeeignet ist. QRM betont Umstellungen im internen Rechnungswesen, die weniger aufwändig sind, und dennoch bedeutende Mängel des traditionellen Rechnungswesens beheben. QRM und AM schlagen andere Schritte vor, um den Mängeln der traditionellen Investitionsrechnung ent-

---

<sup>360</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 517.

<sup>361</sup> Vgl.: Suri (1998), S. xxvi.

gegenzuwirken. AM empfiehlt, Vorteile, die aus immateriellen Bewertungsgrößen resultieren, in monetär erfassbare Größen der Kostenreduktion wie geringeren Bestand, weniger Nacharbeit/Ausschuss und eine bessere Raumnutzung überzuführen, und diese Werte in traditionelle Investitionsmethoden wie DCF zu integrieren. QRM schlägt hingegen vor, neben monetären Größen auch nichtmaterielle Werte (z.B. die Reduktion von Durchlaufzeiten) für sich zu messen, da die monetäre Erfassung nichtmaterieller Größen oft sehr ungenau ist, und viele QRM-Vorteile umsatzsteigernd und weniger kostenreduzierend wirken. Umsatzsteigerungen sind oft schwer zu erfassen.<sup>362</sup> Im AM wird der Einsatz von Effizienz- und Effektivitätskennzahlen empfohlen.<sup>363</sup> Im QRM wird jedoch betont, dass die Messung von Effizienz Kennzahlen zu langen Durchlaufzeiten und anderen Nachteilen führt.

## 8 Erkenntnisse der Arbeit

- Wie ist QRM dem AM gegenüberzustellen? Ist QRM ein Teil von AM, ein alternativer und widersprüchlicher Ansatz, oder geht es über dieses hinaus?

Es ist erst wenig Fachliteratur über die Organisationskonzepte AM und QRM verfügbar, was insbesondere für den deutschsprachigen Raum gilt. In der Literatur wird nicht genau definiert, wie AM QRM gegenüber steht. Die Autoren Neelesh und Vijay Jain gehen soweit, die beiden Begriffe gleichzusetzen.<sup>364</sup> Rajan Suri wiederum betont, dass die Implementierung von QRM eine gute Grundlage für ein Unternehmen ist, das letztendlich nach Agilität strebt. Er sagte dies vor zehn Jahren in seinem Buch über QRM, unter Berücksichtigung des damaligen Wissensstandes im Agilitätsbereich. Suri konnte der damals vorhandenen Literatur keine ausreichenden Informationen entnehmen, um QRM dem AM gegenüberzustellen. Es schien für ihn, dass Agilität mehr beinhaltet als Quick Response. Der Autor konnte jedoch nicht feststellen, was genau die Erweiterungen von AM waren. Suri nahm an, dass in den folgenden Jahren massiv im Agilitätsbereich geforscht werden würde. Heute ist sich der Begründer des QRM jedoch immer noch nicht über die wahre Bedeutung des Agilitätsbegriffes im Klaren.<sup>365</sup> In der Agilitätsliteratur wird Quick Response neben Lean Manufacturing als eine Zwischenstufe auf dem Weg zum agilen Unternehmen betrachtet, wie in bereits dargestellt wurde.

QRM und AM wurden separat voneinander entwickelt, entstanden jedoch aus derselben Erkenntnis. Erkannt wurde, dass das traditionelle Fertigungsparadigma für heute Marktverhältnisse ungenügend ist. Ziel beider Ansätze war, basierend auf einer Analyse der Eigenschaften des heutigen Marktes Änderungen in den Bereichen Mensch, Organisation und Technolo-

---

<sup>362</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 78f.

<sup>363</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 97.

<sup>364</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 516.

<sup>365</sup> Vgl.: Anhang, S. 110.

gie zu motivieren. Trotz dieser gemeinsamen Ausgangsbasis ist es überraschend, wie sehr AM und QRM in ihren Grundgedanken, Strategien und Methoden übereinstimmen. QRM behandelt alle genannten Verhaltensroutinen der vier Agilitätsdimensionen von AM. Zahlreiche Enabler stimmen überein. Weiters werden alle Elemente des Referenzmodells Agile Wheel von QRM abgedeckt. Einige Übereinstimmungen wurden in dieser Arbeit beschrieben. Ein zentraler Gedanke, der beiden Ansätzen zugrunde liegt, ist wie gesagt, dass Wettbewerbsfähigkeit dadurch erreicht wird, dass ein Unternehmen in der Lage ist, schnell auf den Bedarf nach hoch kundenspezifischen und hochqualitativen Produkten zu reagieren. Dieser Grundsatz führt u.A. dazu, dass in beiden Ansätzen die Integration von Mensch, Technologie und Organisation gefordert wird. Weiters resultieren daraus Veränderung bestehender Managementpraktiken und Technologien, um breit geschulten Mitarbeitern Freiheit einzuräumen, ihre Arbeitspraktiken an eine Vielzahl von Situationen anzupassen, und ihre Fähigkeiten kontinuierlich weiterzuentwickeln.<sup>366</sup>

Eine Trennung von Planung und Durchführung wird abgelehnt. QRM und AM wurden für die Fertigungen von kleinen Losgrößen und one-of-a-kind Produkten entwickelt,<sup>367</sup> verlangen nach flachen, teamorientierten Strukturen und intensivieren die Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten. Preiswettbewerb ist eine Möglichkeit, in einen Markt einzudringen, bietet jedoch langfristig keinen Wettbewerbsvorteil. Qualität wird vom Kunden in der Zwischenzeit vorausgesetzt. Somit bleibt der Faktor Zeit (bzw. Geschwindigkeit) als zentraler Wettbewerbsfaktor.<sup>368</sup> Dieser zieht sich auch durch einen Großteil der genannten Ansätze von AM. Etwa ist die Reaktionsgeschwindigkeit eine wichtige Größe der Leistungsmessung im AM. In der AM-Literatur wird betont, dass anstatt reiner Kostenreduktion die Erhöhung des Durchsatzes und die schnelle Erstellung neuer Produkte (Quick Response) im Vordergrund des Agilitätsdenkens steht.<sup>369</sup> Quick Response wird als eine Wettbewerbsgrundlage des agilen Unternehmens genannt. Die anderen Wettbewerbsgrundlagen des agilen Unternehmens (kontinuierliche Veränderung, absoluter Kundenfokus, soziale Verantwortung, Qualitätsverbesserung) werden auch im QRM aufgegriffen.

Aufgrund dieses gemeinsamen Kerns stellt sich die Frage, ob QRM als Bestandteil des AM angesehen werden kann. Agile Unternehmen verbinden die Vorteile kurzer Durchlaufzeiten (Rapid Prototyping, Concurrent Engineering, Rüstzeitreduktion, simultane Durchführung von Produktionstätigkeiten<sup>370</sup>) mit einer Reduktion von Kosten durch Vielfalt, um sowohl in ho-

---

<sup>366</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 25.

<sup>367</sup> Vgl.: Suri (1998), S. xxv.

<sup>368</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 27.

<sup>369</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 692.

<sup>370</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 205.

hem Volumen als auch in hoher Varietät für verschiedene Marktnischen zu produzieren.<sup>371</sup> Es wird betont, dass Agilität nicht nur die schnelle Durchführung von Aktivitäten (kurze Durchlaufzeiten) beinhaltet. Geschwindigkeit per se führt nicht zu agilem Verhalten, sondern muss durch wesentliche strukturelle Veränderungen im Unternehmen begleitet werden muss.<sup>372</sup> Gleichzeitig darf QRM nicht auf die Reduktion von Durchlaufzeiten reduziert werden, obwohl dies das zentrale Ziel von QRM ist. Die konsequente Verfolgung dieses Ziels bewirkt auch Verbesserungen in zahlreichen anderen Bereichen.

Im Lauf dieser Arbeit wurde gründlich auf die verschiedenen Möglichkeiten von QRM eingegangen. AM betont, dass reduzierte Kosten, bessere Qualität, höhere Flexibilität und Rapid Response ohne wesentliche Trade-Offs im agilen Unternehmen erreicht werden sollen. Wie gezeigt wurde, ermöglicht QRM genau das. Bringt ein Unternehmen Produkte schneller auf den Markt, kann es Premiumpreise verlangen, solange noch kein Konkurrenzprodukt auf dem Markt ist. Eine Studie zeigt, dass QRM-Unternehmen, die auf Premiumpreise verzichten, dreimal so schnell wie der Industriedurchschnitt wachsen (Marktwachstum als bedeutender ROI-Treiber). Falls das Unternehmen die Markteinführung zum selben Zeitpunkt wie die Konkurrenz plant, kann es später mit der Produktentwicklung beginnen, und modernere Technologie in das Produkt integrieren, was sich auf Produktfunktionalität, Qualität und Fertigungskosten auswirkt. Ein kürzerer Produktentwicklungsprozess bedeutet, dass das Unternehmen seine Produktivität steigern kann, da es Ressourcen für die Produktentwicklung einspart. Weil die meisten Kosten, die mit der Produktentwicklung verbunden sind, nicht als direkte Kosten verrechnet werden, sinkt der Overhead.

Die Reduktion von Durchlaufzeiten führt zur verbesserten Integration des Gesamtunternehmens, da Ineffizienzen (z.B. Nacharbeit), Qualitätsprobleme, und Verschwendungen freigelegt werden.<sup>373</sup> Das durchschnittliche Verhältnis zwischen der Reduktion von Durchlaufzeiten und der Reduktion der gesamten Produktionskosten beträgt 2:1. Da QRM zu geringeren Produktionskosten führt, steigt der Gewinn selbst bei konstantem Marktpreis an.<sup>374</sup> Kürzere Durchlaufzeiten führen auch zu besseren Forecasts und geringeren Beständen (WIP), und somit zu geringeren Betriebskosten. Die Flexibilität des Unternehmens wird durch QRM-Prinzipien signifikant gesteigert. Ein besserer Fertigungsprozess bewirkt nicht nur geringere Stückkosten. Die Investition in die Prozessentwicklung führt auch zu einer kürzeren Time-to-Market, besserer Produktfunktionalität und einem schnelleren Ramp-up. Letzterer bewirkt, dass kritische Ressourcen schnell von Fehlersuche und -behebung entbunden und anderen

---

<sup>371</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 26.

<sup>372</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 382.

<sup>373</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 29 - 31.

<sup>374</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 40f.



Entwicklungsprojekten zugeteilt werden können. Eine Studie zeigt, dass, wenn Maßnahmen zur Losgrößenreduktion mit Schritten der kontinuierlichen Verbesserung unterstützt werden, ca. ein 1:1 Verhältnis zwischen der Losgrößenreduktion und der Reduktion von Nacharbeit/Ausschuss besteht.<sup>375</sup>

Diese Möglichkeiten durch QRM zeigen, dass die genannten Aussagen der Agilitätsliteratur nicht dazu verwandt werden, QRM dem AM vollständig unterzuordnen. Insbesondere, da der Fokus von AM und QRM unterschiedlich ist. Etwa wurde AM entwickelt, um auch in der Serviceindustrie eingesetzt zu werden, während die Strukturen und Methoden von QRM für Fertigungsunternehmen konkretisiert wurden. AM stellt Forderungen an das Unternehmen (etwa im Bereich des Umweltschutzes), die im QRM nicht explizit diskutiert werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese Themen für QRM-Unternehmen unbedeutend sind. Weiters nennen AM und QRM teilweise unterschiedliche Zielgrößen und Methoden zur Zielerreichung, wie noch beschrieben wird. Durch den breiten Fokus von AM und den uneinheitlichen Agilitätsbegriff treten dabei Konsistenzprobleme auf. Etwa fordert AM eine hohe Reaktionsfähigkeit bei gleichzeitigem Fokus auf die Auslastung von Ressourcen. QRM hat die konfliktären Zusammenhänge derartiger Zielgrößen untersucht, und daraus wichtige Grundsätze für Quick Response abgeleitet. Weiters beschreibt QRM Phänomene wie die Response Time Spiral, die im AM nicht aufgegriffen werden. Es ist somit die Auffassung des Autors, dass Unterschiede von AM und QRM in erster Linie aus dem konsequenten strategischen Fokus von QRM auf die Durchlaufzeitenreduktion entstehen, und nicht darauf hinweisen, dass die Konzepte QRM und AM miteinander unverträglich sind.

Aufgrund der unpräzisen und in der einschlägigen Fachliteratur uneinheitlichen Agilitätsdefinition sowie den unklaren Agilitätszielen und -konzepten kann QRM dem AM nicht genau gegenübergestellt werden. Dass die Ziele von AM nicht eindeutig definiert wurden, hat zur Folge, dass nicht mit Sicherheit beantwortet werden kann, ob QRM dieselben Ziele erreicht. Dennoch entsteht durch die zahlreichen genannten Ziele und die sehr allgemein gehaltenen Begrifflichkeiten von AM der Eindruck, das QRM als eine konkretisierte und auf ein eindeutiges Ziel ausgerichtete Implementierung von AM verstanden werden kann. Das Ziel, auf das alle Methoden, Technologien, Strukturen und Strategien des QRM ausgerichtet sind, ist die Reduktion von Durchlaufzeiten. Der Agilitätsbegriff wurde in den letzten Jahren nicht in Richtung Quick Response konkretisiert. Doch selbst wenn QRM einen anderen Fokus als AM hat, und mit diesem nicht gleichgesetzt werden kann, würden QRM-Projekte alle AM-Kriterien erfüllen, um in agilen Unternehmen umgesetzt zu werden. Es wurde jedoch gezeigt, dass

---

<sup>375</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 102.

wesentliche Forderungen des AM durch die Implementierung von QRM erreicht werden können. Auch wenn die genaue Einordnung von AM und QRM nicht erfolgen kann, konnte dennoch gezeigt werden, dass die beiden Unternehmenskonzepte miteinander harmonisieren. Der beschriebene gemeinsame Kern von AM und QRM deutet darauf hindeuten, dass die beiden Unternehmenskonzepte miteinander kompatibel sind. Allenfalls kann QRM im Fertigungsunternehmen eingeführt werden, um den Wandel zum agilen Unternehmen zu unterstützen.

- In welchen Bereichen können Erkenntnisse aus dem QRM den Wissenstand im Bereich AM bereichern?

Im Zuge dieser Arbeit wurden einige Nachteile im des aktuellen Wissensstandes im Bereich AM beschrieben. Unklar ist, wie Agilität bzw. Agilitätssteigerungen gemessen werden können.<sup>376</sup> Die Forderungen an Agilität sind unterschiedlich. Verbindungen zwischen relevanten Enablern wurden nicht erarbeitet. Es fehlen Methoden und Werkzeuge um den geforderten interdisziplinären Entwicklungsansatz zu unterstützen. Strukturen, die in der AM-Literatur dokumentiert wurden, sind nicht vernetzt. Etwa geht das genannte Spiralmodell nicht auf die gezeigten Referenzmodelle ein. Die vorhandenen Methoden und Werkzeuge für AM, welche die Gestaltung agiler Unternehmen unterstützen, sind in ihren Möglichkeiten unzureichend. Z.B. werden die Wechselwirkungen zwischen Strategieformulierung und Implementierung im AM unzureichend behandelt.<sup>377</sup> Wenn man Bücher über AM liebt, entsteht das Gefühl, dass jedes scheinbar moderne Konzept bzw. jede moderne Methode für die Implementierung von AM empfohlen wird. Die Referenzmodelle sind zwar oft ähnlich strukturiert, nennen aber scheinbar willkürlich Enabler für das agile Unternehmen. Was in der Literatur in erster Linie mangelt sind differenzierte Betrachtungen, die dem Praktiker dabei helfen, den Weg zum agilen Unternehmen systematisch zu beschreiten. Es scheint, dass AM zu viele Ziele auf einmal verfolgt, und zu viele Umstellungen auf einmal fordert. Das Konzept ist zu wenig fokussiert, vermittelt keine klare Botschaft wie QRM.

Durch den klaren Fokus von QRM können systemdynamische Zusammenhänge konsistenter dafür genutzt werden, Methoden auf ihre Eignung für flexible und reaktionsfähige Unternehmen zu prüfen. Z.B. nennt QRM zahlreiche Gründe, warum der Einsatz von ABC in dynamischen Umfeldern problematisch sein kann. Weiters wird in QRM erläutert, warum in einem dynamischen Umfeld der ausschließliche Fokus auf eine Pull-Steuerung nicht ausreichend ist. Kanban ist anfällig gegenüber häufigen Bedarfsschwankungen und Produktionsstörungen und funktioniert nur für Produkte mit geringem Customizing.<sup>378</sup> Seine enge Kopplung der

---

<sup>376</sup> Vgl.: Anhang, S. 109; Suri (1998), S. 8.

<sup>377</sup> Vgl.: Kidd (1994), S. 225.

<sup>378</sup> Vgl.: Gunasekaran (2001), S. 692.

Arbeitsschritte (kurze Kartenzyklen) verlangt Taktzeiten und Standardarbeit, um einen kontinuierlichen Materialfluss aufrecht zu erhalten, womit Kanban wenig flexibel ist. Für QRM wurde gezeigt, dass eine Auswahl relevanter Methoden und Technologien erfolgt ist, und dass beschrieben wurde, wann und wie in derartige Methoden und Technologien zu investieren ist. Eine Implementierungsanleitung für QRM wurde entwickelt.<sup>379</sup> Diese wurde als linearer Prozess dargestellt. Es gibt jedoch keinen Grund, warum nicht auch das im AM beschriebene Spiralmodell für die Einführung von QRM verwandt werden könnte, da Prozessmodelle sehr generisch und flexibel in ihrer Anwendung sind.

Die Bestandteile von AM sind nicht neu, sondern die Art und Weise, wie sie kombiniert werden. Für QRM wurden im Gegensatz eigene Methoden entwickelt. Aus der ersten bearbeiteten Kernfrage geht hervor, dass der Agilitätsbegriff erst konkretisiert werden muss, wenn Unternehmen nach Strategien, Strukturen und Methoden verlangen, die dazu beitragen, die Unternehmensagilität zu steigern. Gleichzeitig wurde jedoch gezeigt, dass QRM allenfalls dazu beitragen kann, Unternehmen, die AM einführen möchten, zu unterstützen. Diese Feststellung ermöglicht es, Strukturen und Methoden von QRM, die in dieser Arbeit beschrieben wurden, auf den Fachbereich AM zu übertragen. Dies ist insbesondere wertvoll, solange die genannten Defizite der vorhandenen Agilitätsliteratur nicht behoben wurden. Methoden, Strategien und Strukturen des QRM stammen aus verschiedenen Bereichen, etwa der Fertigung, dem Office-Bereich, der Supply Chain, und dem Rechnungswesen. Relevante Methoden und Strategien, die für AM interessant sein könnten, sind u.A. POLCA, Time-Slicing, Tagging und die Vertical Migration Strategie.

---

<sup>379</sup> Vgl.: Suri (1998), S. 8.

## 9 Literaturverzeichnis

### 9.1 Bücher

Suri, Rajan: Quick Response Manufacturing, New York, Productivity Press, 1998. ISBN: 1-56327-201-6

Kidd, Paul: Agile Manufacturing: Forging New Frontiers. New York/ Paris et.al; Addison-Wesley, 1994. ISBN 0-201-63163-6

Gunasekaran, Angappa: Agile Manufacturing: The 21<sup>st</sup> Century Competitive Strategy, Amsterdam/ New York et.al; Elsevier Verlag, 2001. ISBN 0-08-043567-X

Schenk, Michael/ Wirth, Siegfried: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Berlin/ Heidelberg, et.al; Springer Verlag, 2004. ISBN 3-540-20423-7

Dangelmaier, Wilhelm: Fertigungsplanung, Berlin/ Heidelberg, et.al; Springer Verlag, 2001. ISBN 3-540-42098-3

Haberfellner, Reinhard/ Nagel, Peter/ Becker, Mario/ Büchel, Alfred/ von Massow, Helene: Systems Engineering: Methoden und Praxis, 8. Auflage, Zürich, Verlag Industrielle Organisation, 1994. ISBN 3-85743-973-4

Košturiak, Jan/ Gregor, Milan: Simulation von Produktionssystemen, Wien, Springer-Verlag, 1995, ISBN 3-211-82701-3

Rohrschneider, Uwe: Risikomanagement in Projekten, München, Haufe Verlag, 2006, ISBN: 3-448-06819-5

Wallmüller, Ernst: Risikomanagement für IT- und Software-Projekte, München/ Wien, Hanser Verlag, 2004, ISBN 3-446-22430-0

Burghardt, Manfred: Projektmanagement, 6. Auflage, München/ Berlin, Siemens AG, 2002, ISBN 3-89578-199-1

Wieczorrek, Hans/ Mertens, Peter: Management von IT-Projekten, Berlin/ Heidelberg et.al; Springer-Verlag, 2005. ISBN 3-540-22071-2

Bunse, Christian/ von Knethen, Antje: Vorgehensmodelle kompakt, Berlin/ Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, 2002. ISBN 3-8274-1203-X

Kleinschmidt, Christian: Technik und Wirtschaft im 19. Und 20. Jahrhundert, Berlin/Heidelberg, Oldenbourg Verlag, 2007. ISBN 3-4865-8030-2

Goranson, H: The Agile Virtual Enterprise, London/Westport, Quorum Books, 1999. ISBN 1-56720-264-0

## 9.2 Online

Huang, H: Integrated Production Model in Agile Manufacturing Systems. Online im Internet: <<http://www.springerlink.com/content/u9ufdte12kgjy0d6/>> Stand 2002, Abfrage 1.05.2008, MEZ 13:49 Uhr.

Inman, Anthony: Time-Based Competition. Online im Internet: <<http://www.referenceforbusiness.com/management/Str-Ti/Time-Based-Competition.html>> Stand o.J; Abfrage 3.05.2008, MEZ 19:25 Uhr.

Wang, Hanrong: Computer Integrated Manufacturing Systems Technology. Online im Internet: <<http://www.jsu.edu/depart/library/graphic/handouts/computerintegratedtechuse.pdf>> Stand 2003, Abfrage 2.05.2008, MEZ 18:21 Uhr.

Brassard/Ritter: Value Added Analysis. Online im Internet: <<http://www.pacepilot.com/vanalysis1.shtml>> Stand 2004, Abfrage 3.05.2008, MEZ 17:14 Uhr.

Stone, Stanley: An Introduction to Cellular Manufacturing. Online im Internet: <<http://www.sms4success.com/Downloads/CellularManufacturing.PDF>> Stand 2006, Abfrage 2.05.2008, MEZ 16:30 Uhr.

Riezebos, J: Production Planning Systems for Cellular Manufacturing. Online im Internet: <[http://www.bdk.rug.nl/medewerkers/j.riezebos/PDF/98a07%20production%20planning%20for%20CM%20\(book%20chapter\).pdf](http://www.bdk.rug.nl/medewerkers/j.riezebos/PDF/98a07%20production%20planning%20for%20CM%20(book%20chapter).pdf)> Stand o.J; Abfrage 3.05.2008, MEZ 11:12 Uhr.

Anderson, David: Process Batch and Transfer Batch. Online im Internet: <<http://www.agilemanagement.net/Articles/Weblog/ProcessBatchandTransferBa.html>> Stand 2005, Abfrage 19.4.2008, MEZ 09:31 Uhr.

Alicke, K: Der Bullwhip-Effekt. Online im Internet: <[http://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloaddocument/9783540229988-c1.pdf?SGWID=0-0-45-148923-p51506205](http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783540229988-c1.pdf?SGWID=0-0-45-148923-p51506205)> Stand 2005, Abfrage: 2.05.2008, MEZ 08:46 Uhr.

Michaski/King: Value-Added-Cycle-Time-Chart. Online im Internet: <<http://exed.wisc.edu/sixsigma/resources/Value-NonValue%20Added%20Cycle%20Time%20Chart.pdf>> Stand 2006, Abfrage: 1.05.2008, MEZ 08:51 Uhr.

Verworn Birgit: Modelle des Innovationsprozesses. Online im Internet: <[http://www.tu-harburg.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Arbeitspapier\\_6.pdf](http://www.tu-harburg.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Arbeitspapier_6.pdf)> Stand 2000. Abfrage: 3.05.2008, MEZ 14:23 Uhr.

Blecker, Thorsten: Modularity and Delayed Product Differentiation in Assemble-to-order Systems. Online im Internet: <[http://mpira.ub.uni-muenchen.de/5286/1/MPRA\\_paper\\_5286.pdf](http://mpira.ub.uni-muenchen.de/5286/1/MPRA_paper_5286.pdf)> Stand 2005. Abfrage: 3.05.2008, MEZ 16:21 Uhr.

Adams: Employee motivation and employee empowerment. Online im Internet: <[http://www.adamssixsigma.com/Newsletters/employee\\_motivation.htm](http://www.adamssixsigma.com/Newsletters/employee_motivation.htm)> Stand o.J; Abfrage: 29.04.2008, MEZ 12:32 Uhr.

## 10Anhang

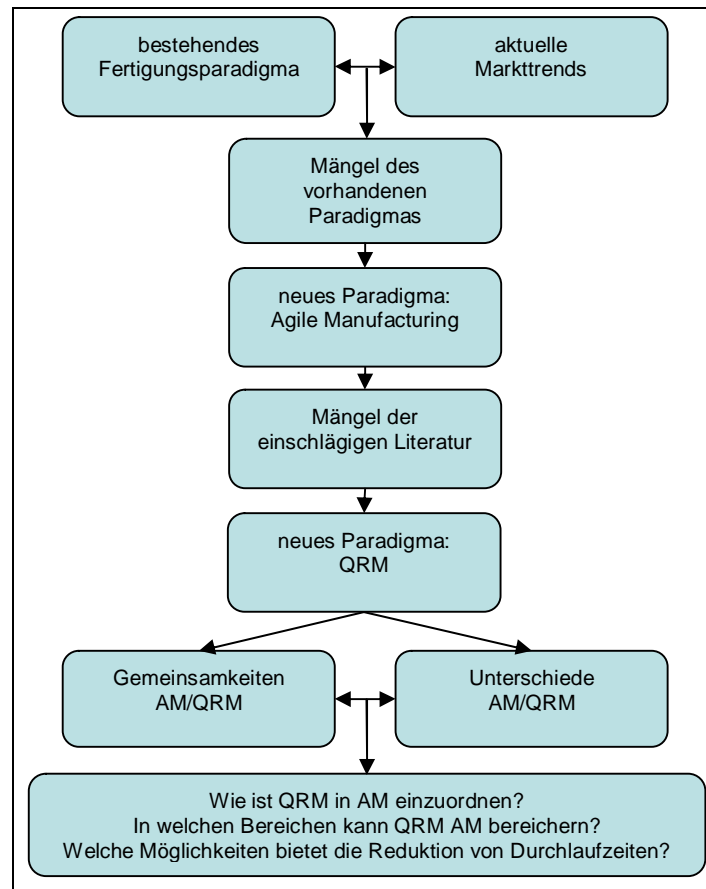


Abbildung 29: Aufbau der Arbeit

### **INTERVIEW mit Rajan Suri, Verfasser es Buches "Quick Response Manufacturing" und ehemaliger Leiter des QRM-Centers and der University of Wisconsin, Madison**

Essl: What do you consider important differences between QRM and AM?

Suri: As I mention in the first chapter, although a lot is written about Agile, there is no clear definition of it, and there are no clear principles. QRM has a clear goal (lead time reduction), along with specific principles, tools and methodologies to achieve this. Agility sounds good, but how do you measure it and measure progress towards it? With QRM it is simple -- lead time! (for whatever tasks you are improving).

Essl: If someone is particularly interested in QRM, which sources could you recommend?

Suri: Incidentally, I don't know if you already checked out the QRM center website [www.qrmcenter.org](http://www.qrmcenter.org) -- but if not, there is a lot of more recent info there, and lots of case studies too.

Essl: Does QRM fulfil all goals of agility? If not, what does the company have to do beside QRM to become agile?

Suri: Unable to answer. What are the goals of Agile Manufacturing?

Essl: If a company asks me how to become an agile company, can I simply reply: "Well, then implement QRM!" Or should I reply: "You could start with implementing QRM, but there is more to do than just implementing QRM!"

Suri: If a company asks you how to become Agile, ask them "What do you mean by Agile?" and then, after they reply, you can answer them more precisely.

Essl: You write in your book that QRM is a good start for companies which finally intend to become agile. This implies that there must be something more than QRM on the path to agility. But what is it?

Suri: My book was written 10 years ago, and I thought so -- in particular I thought more would be developed on agility and I didn't want to claim that QRM was everything -- it seemed that agility implied more than lead time reduction. Unfortunately, after 10 years I still don't know what exactly is agility, and the concept is not any more precise, so I can't really say what else there is...!

Suri: I can't answer your question precisely, because I don't know what Agile really is, only what it vaguely is (since the literature on it is vague). I wish I could help more, but it all goes to the fundamental point that there is no clearly stated definition (or goals) of agility that I am aware of. If you are, then you can better answer these questions. If you are also not aware of these, then I think that is an important point for you to make in your writeup.