

Renata Gruß

## **Schlanke Unikatfertigung**

# **GABLER RESEARCH**

## Beiträge zur Produktionswirtschaft

Herausgegeben von  
Professor Dr.-Ing. habil. Dieter Specht

Die Reihe enthält Forschungsarbeiten und praxisrelevante Schriften zu aktuellen Themenstellungen in der Produktion. Sie unterstützen Management und Forschung bei der Aufgabe, die Produktion in Planung, Organisation, Prozessen und Logistik zu optimieren und weiter zu entwickeln. Behandelt werden sowohl das Management des Betriebes als auch methodische und betriebswirtschaftliche Fragestellungen einschließlich der Schnittstelle zur Technik.

Die Schriftenreihe ist als offene Plattform für hervorragende Arbeiten in den genannten Gebieten konzipiert.

Renata Gruß

# **Schlanke Unikatfertigung**

Zweistufiges Taktphasenmodell  
zur Steigerung der Prozesseffizienz  
in der Unikatfertigung  
auf Basis der Lean Production

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr.-Ing. habil. Dieter Specht



**RESEARCH**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Dissertation Technische Universität Cottbus, 2010

1. Auflage 2010

Alle Rechte vorbehalten

© Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2010

Lektorat: Ute Wrasmann | Nicole Schweitzer

Gabler Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

[www.gabler.de](http://www.gabler.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-2506-0

## **Geleitwort**

Die schlanke Produktion hat sich als nützliches und nachhaltiges Instrument zur Optimierung der Produktion erwiesen. Dennoch wurden nicht wenige Anwendungen in der Industrie als zeitlich begrenzte und wenig tiefgehende Projekte durchgeführt. Ein Grund für die fehlende Nachhaltigkeit kann in der Schwierigkeit gefunden werden, die Vorgehensweise umfassend zu verstehen bzw. den Mitarbeitern ein volles Verstehen zu vermitteln.

Die schlanke Produktion ist von ihrem Ansatz auf die Serienproduktion gerichtet. Viele Methoden eignen sich jedoch auch für andere Fertigungsarten. Insbesondere liegt in der Übertragung auf die Einzel- und Kleinserienfertigung ein großes Potenzial brach. Bisher fehlt jedoch die Vorarbeit zur Generierung von Methoden und Unterstützungsmaßnahmen für diese Aufgabe.

Die vorliegende Arbeit nimmt sich dieser Thematik an und leistet einen wissenschaftlich fundierten Beitrag zur Steigerung der Prozesseffizienz in der Unikatfertigung durch Nutzung der Vorgehensweise der Lean Production. Dies kann sowohl Unternehmen Anstöße und Vorlagen für eigene Aktivitäten geben, als auch Anregungen für weitere wissenschaftliche Arbeit und Forschung generieren.

Ich wünsche der Arbeit eine zahlreiche Leserschaft und vielfache Anwendungen in den Unternehmen.

Prof. Dr.-Ing. habil. Dieter Specht

## Vorwort

Die Bedeutung von Unternehmen mit Unikatfertigung nimmt kontinuierlich aufgrund der veränderten externen und internen Rahmenbedingungen zu. Neben der Technologiefokussierung sind Unikatfertiger gezwungen, durch den Einsatz geeigneter Produktionskonzepte, verschwendungsarme und effiziente Prozesse zu gestalten. Im Rahmen der Arbeit wurde die Anwendbarkeit der schlanken Produktion für Unikatfertigung geprüft. Die Entwicklung eines an die Anforderungen dieser Fertigungsart angepassten zweistufigen Taktmodells wird als Gegenstand meiner Forschungstätigkeit verstanden. Sollte diese Arbeit Unikatfertigern helfen, das Lean Production Konzept anzuwenden, hätte sie ihr Ziel mehr als erreicht.

Die Entstehung der vorliegenden Dissertation war maßgeblich durch die Verknüpfung von relevanten Fragestellungen aus der Wissenschaft und der Wirtschaft bestimmt und durch die Unterstützung mehrerer Akteure ermöglicht.

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Doktorvater, *Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Dieter Specht* für die Betreuung und Förderung meines Promotionsvorhabens bedanken. Weiterhin danke ich *Herrn Prof. Dr.-Ing. Ralf Woll* für die Übernahme des Zweitgutachtens und *Frau Prof. Dr. rer. pol. Christiane Hipp* für die Übernahme des Vorsitzes im Promotionsausschuss.

Herzlichen Dank richte ich an meine Eltern, *Genowefa und Grzegorz Stefanscy*. Durch stete Förderung und Unterstützung befähigten Sie mich zu dieser Dissertation. Dziękuję Wam rodzice za wsparcie.

Besonderer Dank gebührt meinem Mentor, geliebten Ehemann und besten Freund, *Dr.-Ing. Christian M.F. Groß*. Als Mentor führte er mich in die Forschungs- und Projektarbeit am Lehrstuhl für Produktionswirtschaft ein und unterstützte mich stets auf meinem Promotionsweg durch zahlreiche Fachgespräche, kritisches Hinterfragen und Korrekturen. Als Ehemann hat er mir in vielen „nicht lehrstuhlbezogenen“ Bereichen den Rücken freigehalten, sodass die Konzentration auf das Wesentliche immer möglich war. Als bester Freund sorgte er für genügend Spaß und optimale Work-Life-Balance.

Ihm widme ich diese Arbeit.

Renata Groß

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung und Problemstellung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Aufbau und Gliederung der Arbeit.....	3
<b>2 Lean Production – Grundzüge, Entstehung und konzeptioneller Rahmen</b> .....	<b>6</b>
2.1 Kritische Würdigung des Lean Production Konzeptes .....	6
2.1.1 Systematisierung und Bewertung genereller Produktionskonzepte und Einordnung der Lean Production .....	6
2.1.2 1. Lean-Welle – Erfolgsbilanz praktischer Anwendungen.....	15
2.1.3 2. Lean-Welle – Aktuelle Relevanz der schlanken Produktion .....	18
2.2 Gegenstand und konzeptioneller Rahmen der Lean Production .....	21
2.2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung .....	21
2.2.2 Entwicklung und Fundament des Konzeptes.....	27
2.2.3 Ford'sche Merkmale im Lean Production Konzept .....	31
2.2.4 Konzeptioneller Rahmen der Lean Production .....	34
2.2.4.1 Takt- und Flussorientierung .....	38
2.2.4.2 Flexibilisierung und Standardisierung der Produktion .....	48
2.2.4.3 Autonomation .....	50
2.2.4.4 Vermeidung von Verschwendung .....	52
2.2.4.5 Kommunikationsfähige Organisationsstruktur .....	53
2.2.4.6 Leistungsmessung und –kontrolle .....	54
2.2.4.7 Grundsatz der ständigen Verbesserung .....	55
2.2.4.8 Lean Thinking – Einstellung und Verhalten .....	56
2.3 Voraussetzungen zur Anwendung des Lean Production Konzeptes ...	57
2.3.1 Anwendungsvoraussetzungen unterschiedlicher Sprachräume....	57
2.3.2 Systematisierung und abschließende Definition notwendiger Anwendungsvoraussetzungen.....	59
2.4 Zwischenfazit.....	65
<b>3 Eignung des Lean Production Konzeptes für Einzelfertigung</b> .....	<b>67</b>
3.1 Charakterisierung der Einzelfertigung.....	67
3.1.1 Möglichkeiten zur Individualisierung des Leistungsangebots .....	67
3.1.2 Begriffsdefinition und -abgrenzung .....	69
3.1.3 Spezifische Merkmale der Unikatfertigung .....	73

3.2	Validierung der Gültigkeit der Anwendungsvoraussetzungen der Lean Production in der Unikatfertigung.....	82
3.2.1	Gültigkeit spezifischer Rahmenbedingungen der Lean Production.....	82
3.2.1.1	Gestaltung des technischen Systems.....	82
3.2.1.2	Gestaltung der Managementinfrastruktur .....	87
3.2.1.3	Einstellung und Verhaltensweisen .....	92
3.2.2	Gültigkeit genereller Rahmenbedingungen.....	93
3.3	Widersprüche zwischen den Anforderungen schlanker Produktion und den Merkmalen der Unikatfertigung .....	95
3.4	Zwischenfazit.....	97
<b>4</b>	<b>Konzeption eines zweistufigen Taktphasenmodells als Lösungsansatz für Unikatfertigung .....</b>	<b>99</b>
4.1	Datengenerierung.....	100
4.1.1	Prozessanalyse mittels der Schwimmbahnen- Wertstromanalyse.....	101
4.1.2	Erweiterte Zeiterfassungsmethodik.....	103
4.2	Modell der Process Competence Center .....	110
4.2.1	Produktstandardisierung .....	111
4.2.2	Objektorientierter Ansatz zur Komplexitätsreduzierung in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase .....	116
4.2.3	Bildung der Process Competence Center.....	120
4.3	Zweistufiges Taktphasenmodell .....	125
4.3.1	Taktungssystematik mittels Makro- und Mikrotakten .....	125
4.3.2	Steuerungssystematik mittels Makro- und Mikrotakten .....	133
4.3.3	Generisches Planungsmodell auf Basis des zweistufigen Taktphasenmodells .....	140
4.4	Übergang von der Werkstatt- zur Materialflussorientierung.....	143
4.5	Zwischenfazit.....	147
<b>5</b>	<b>Anwendung des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung und dessen Auswirkungen .....</b>	<b>149</b>
5.1	Notwendigkeit des Wandels der Unikatfertigung zwecks Operationalisierung des Lean Production Konzeptes .....	149
5.1.1	Zielgrößenwandel bei Unikatfertigern .....	150
5.1.2	Neues Verständnis der Kundenorientierung .....	154
5.1.3	Kundennutzenmaximierendes Leistungsangebot.....	157

5.1.4	Neues Verständnis des Taktes .....	158
5.1.5	Wandel der Eigenfertigungstiefe .....	160
5.1.6	Verhaltenswandel .....	162
5.2	Operationalisierung des Lean Production Konzeptes mittels der Lean Transformationen .....	164
5.2.1	Erste Phase einer Lean Transformation: Vorbereitung und Analyse.....	166
5.2.2	Zweite Phase einer Lean Transformation: Unternehmensindividuelle Anpassung des zweistufigen Taktphasenmodells .....	168
5.2.3	Dritte Phase einer Lean Transformation: Implementierung und Nachhaltigkeit .....	172
5.3	Unterstützende Funktion der IT-Lösungen.....	173
5.3.1	Einsatz von Manufacturing Execution Systemen zur Informationsbereitstellung bei taktorientierter Produktionssystematik .....	174
5.3.2	Auswahl und Einführung eines geeigneten MES-Systems in Unternehmen mit Unikatfertigung .....	177
5.4	Zwischenfazit.....	181
<b>6</b>	<b>Schlussbetrachtung .....</b>	<b>183</b>
6.1	Zusammenfassung.....	183
6.2	Anwendungsmöglichkeiten.....	185
6.3	Grenzen der Anwendung und weiterer Forschungsbedarf .....	186
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>189</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die wichtigsten Bausteine der vorliegenden Arbeit .....	5
Abbildung 2: Kriterienkatalog zur Systematisierung relevanter Produktionskonzepte .....	8
Abbildung 3: Systematisierung und Bewertung genereller Produktionskonzepte .....	12
Abbildung 4: Lean-Wellen .....	14
Abbildung 5: Vergleichszahlen verschiedener Industrienationen im Automobilsektor .....	15
Abbildung 6: Vergleich der Modellvielfalt in verschiedenen Nationen .....	17
Abbildung 7: Parallele Entwicklung der Automobilindustrie .....	31
Abbildung 8: Klassische Darstellung von Schlüsselementen der Lean Production .....	35
Abbildung 9: Gestaltungselemente schlanker Produktionssysteme .....	36
Abbildung 10: Ansätze und Instrumente der Lean Production .....	38
Abbildung 11: Externe und interne Kunden-Lieferanten-Beziehungen.....	39
Abbildung 12: Ermittlung der Taktzeit und Anzahl notwendiger Arbeitsstationen .....	41
Abbildung 13: Zusammenhänge der Takt- mit der Flussorientierung .....	45
Abbildung 14: Einfluss der Produktionsnivellierung auf den Lagerbestand.....	47
Abbildung 15: Flexibler Personaleinsatz .....	49
Abbildung 16: Band-Stop-System und Andon-Tafel .....	51
Abbildung 17: Lean Thinking .....	57
Abbildung 18: Übersicht von Anwendungsvoraussetzungen des Lean Production Konzeptes verschiedener Autoren.....	59
Abbildung 19: Rahmenbedingungen zur Gestaltung des technischen Systems .....	61
Abbildung 20: Rahmenbedingungen zur Gestaltung der Managementinfrastruktur .....	62
Abbildung 21: Rahmenbedingungen zur Erreichung einer „lean-kompatiblen“ Einstellung und Verhaltensweise .....	63
Abbildung 22: Individualisierungsmöglichkeiten des Leistungsangebots .....	68
Abbildung 23: Einordnung und Abgrenzung von Fertigungsarten.....	70
Abbildung 24: Unterscheidungskriterien zwischen Unikatklassen.....	71
Abbildung 25: Gegenstand der Auftragsabwicklung in der Unikatfertigung.....	74

Abbildung 26: Abhängigkeit zwischen dem Auftragsabwicklungstyp und dem Kundeneinfluss bei der Auftragsabwicklung.....	75
Abbildung 27: Informationsverfügbarkeit nach Fertigungsart .....	77
Abbildung 28: Produktentstehungsphasen in der Unikat-, Serien- und Massenfertigung .....	79
Abbildung 29: Abhängigkeit zwischen der zu fertigenden Stückzahlen, der Flexibilität und dem Automatisierungsgrad.....	80
Abbildung 30: Auswirkungen individueller Kundenwünsche auf die Wertschöpfung .....	81
Abbildung 31: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von Anwendungsvoraussetzungen zur Gestaltung eines Technischen Systems zwischen der Großserien- und Unikatfertigung.....	87
Abbildung 32: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von Anwendungsvoraussetzungen zur Gestaltung der Managementinfrastruktur zwischen der Großserien- und Unikatfertigung.....	92
Abbildung 33: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von Anwendungsvoraussetzungen für Einstellungen und Verhaltensweisen zwischen der Großserien- und Unikatfertigung .....	93
Abbildung 34: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von generellen Anwendungsvoraussetzungen zwischen der Großserien- und Unikatfertigung.....	94
Abbildung 35: Widersprüche zwischen den Merkmalen der Unikatfertigung und den Anwendungsvoraussetzungen der Lean Production..	97
Abbildung 36: Vorgehensweise bei der Konzeption des zweistufigen Taktphasenmodells .....	100
Abbildung 37: Schwimmbahndarstellung zur Erfassung der Grobprozesse.....	102
Abbildung 38: Klassische Methoden der Ist-Zeitenerfassung von betrieblichen Abläufen .....	104
Abbildung 39: Laufwegeerhebungsblatt.....	108
Abbildung 40: Laufwegematrix.....	109
Abbildung 41: Phasen des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses .....	115
Abbildung 42: Bildung objektorientierter Datenstruktur .....	118

Abbildung 43: Erweiterung der Attribute durch Dimensionen .....	119
Abbildung 44: Unterstützungsansätze bei der Bildung von PCC.....	122
Abbildung 45: Process Competence Center.....	124
Abbildung 46: Ermittlung von Prozesszeitanteilen für die Bildung von Makrotakten.....	129
Abbildung 47: Makrotaktdauer in Abhängigkeit von der Auftragsabwicklungszeit.....	131
Abbildung 48: Zusammenhang zwischen den Makro- und Mikrotakten .....	132
Abbildung 49: Steuerungssystematik mittels des zweistufigen Taktphasenmodells .....	138
Abbildung 50: Planungslogik in Bezug auf ein Produkt .....	141
Abbildung 51: Multiprojektplanung für mehrere Produkte.....	142
Abbildung 52: Generisches Planungsmodell auf Basis des zweistufigen Taktphasenkonzeptes.....	143
Abbildung 53: Abhängigkeit des physischen Materialflusses von der Produktgröße.....	144
Abbildung 54: Ergebnisse der Laufwegeerhebung.....	146
Abbildung 55: Notwendigkeit des Wandels der Unikatfertigung .....	150
Abbildung 56: Einfluss der Auslastung und der Termintreue auf die Umsatzrendite.....	152
Abbildung 57: Produktionslinien nach Wiendahl.....	153
Abbildung 58: Auswirkungen ausgewählter Ansätze der Lean Production auf die Zielgrößen.....	160
Abbildung 59: Zusammenhang zwischen der Veränderungsbereitschaft und den Fähigkeiten zur Konzeptimplementierung.....	163
Abbildung 60: Phasen einer Lean Transformation .....	166
Abbildung 61: Auswirkungen der Lean Production auf die Informationsstrukturen.....	173
Abbildung 62: MES als Bindeglied zwischen der Fertigungs- und Managementebene .....	176
Abbildung 63: Beispiel einer Nutzwertanalyse mit möglichen Bewertungskriterien.....	178
Abbildung 64: Unikatrelevante Industriezweigen.....	185

# 1 Einführung und Problemstellung

Durch dynamische Marktveränderungen wird die zu beherrschende Komplexität im industriellen Umfeld größer. Einer der Auslöser der Marktdynamik ist die zunehmende Nachfrage nach individuellen und innovativen Produktlösungen.<sup>1</sup> Die Erhöhung der angebotenen Variantenanzahl eines Produktes bis hin zur Herstellung von maßgeschneiderten Einzellösungen sind Folgen der schnell wachsenden Märkte.<sup>2</sup> Neben der Forderung nach einer individualisierten Leistung, verkürzen sich zusätzlich die von Kunden geforderten Reaktionszeiten.

Die veränderlichen Marktanforderungen verlangen reaktionsfähige Organisations- und Produktionsstrukturen in Unternehmen. Dies setzt kontinuierliche Weiterentwicklung und Einsatz effizienter Methoden und Instrumente zur Planung und Optimierung von Produktionssystemen voraus. Technische, informationstechnische, organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen sind in diesem Zusammenhang ganzheitlich und zukunftsweisend zu betrachten.

Die flexible und wirtschaftliche Gestaltung von Organisationsstrukturen und Produktionsprozessen stellen in Unternehmen mit Einzelfertigung, aufgrund der spezifischen Merkmale solcher Unternehmen<sup>3</sup>, eine besondere Herausforderung dar.

## 1.1 Problemstellung

Globalisierung der Märkte<sup>4</sup>, hoher Innovationsdruck sowie Individualität und Dynamik der Märkte bewirken, dass die produzierenden Unternehmen vor immer neuen Herausforderungen gestellt werden.<sup>5</sup> Die Herausforderung besteht nicht nur darin, neue Märkte mit innovativen Produkten zu erschließen.

---

<sup>1</sup> vgl. Faust 2009, S. 157 und Schreyögg 2009, S. 213

<sup>2</sup> vgl. Liu/Tu 2008, S. 5781

<sup>3</sup> siehe Kapitel 3.1.3

<sup>4</sup> vgl. Beinhocker/Davis/Mendonca 2009, S. 20

<sup>5</sup> vgl. Picot 2009, S. 213

Vielmehr gilt es, die Wünsche der Kunden nach individuellen Produkten in immer kürzerer Zeit zu erfüllen.<sup>6</sup>

Die beobachtete Steigerung der Heterogenität von Kundenwünschen verursacht, dass die Einzelfertigung kontinuierlich an Bedeutung gewinnt.

Kurze Lieferzeiten erfordern verschwendungsarme Prozesse entlang der gesamten Auftragsabwicklungskette. Weiterhin besteht die Notwendigkeit, die vorhandenen Unternehmensstrukturen flexibel zu gestalten. Deshalb ist es erforderlich, dass die Unikatfertiger ihre Wettbewerbsfähigkeit neben einer Technologiefokussierung zusätzlich durch eine erhöhte Prozesseffizienz steigern.<sup>7</sup> Es gilt die bestehenden Wertschöpfungsstrukturen zu hinterfragen und Ansätze zu verfolgen, die einen Beitrag zur Produktivitätsverbesserung leisten können. Ein möglicher Lösungsansatz ist das Lean Production Konzept.

Das Lean Production Konzept wurde von dem japanischen Automobilunternehmen Toyota unter dem Namen Toyota Produktionssystem /TPS/ entwickelt. Der Begriff schlanker Produktion wurde im Rahmen der weltweiten Automobilherstellereanalyse des Massachusetts Institut of Technology /MIT/ als Arbeitstitel für das TPS geschaffen. Durch die im 1991 veröffentlichte MIT-Studie über die weltweite Situation in der Automobilindustrie konnte die Erfolgsbilanz des Lean Production Konzeptes nachgewiesen werden.<sup>8</sup>

Obwohl eine beeindruckende Erfolgsbilanz von Anwendungen der schlanken Produktion in Unternehmen mit der Serienfertigung vorliegt, kann eine nur begrenzte Konzeptimplementierung in der Einzelfertigung beobachtet werden. Problematisch erweist sich vor allem, dass der klassische Ansatz der schlanken Produktion nicht vollständig implementiert werden kann. Dies resultiert aus der Schwierigkeit für Einzelfertiger, eine flexible, standardisierte und harmonisierte Produktion zu gestalten. Die genannten Schwierigkeiten liegen in den spezifischen Merkmalen solcher Betriebe begründet.

---

<sup>6</sup> vgl. Wildemann 1994, S. 329; Piller 1998, S. 52ff.; Piller 2006, S. 40 und Mieke 2007, S. 111

<sup>7</sup> vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 421

<sup>8</sup> vgl. Womack/Jones/Roos 1991 und Kapitel 2.1.2

Es existieren ebenfalls kaum wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit der Übertragung dieses Konzeptes auf Unternehmen mit Einzelfertigung beschäftigen. Die Themenbereiche „Lean Production“ sowie „Einzelfertigung“ wurden in der wissenschaftlichen Literatur als unabhängige Gebiete bereits ausführlich behandelt, jedoch noch nicht ausreichend miteinander in Verbindung gebracht. Daraus folgt, dass systematisches Vorgehensmodell den Praktikern nicht zur Verfügung steht.

Die vorliegende Arbeit greift den Bedarf an methodischer Ausgestaltung der schlanken Produktion für Einzelfertigung auf. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll die existierende Forschungslücke geschlossen werden. Es wird geprüft, ob das Lean Production Konzept auf Einzelfertigung, im Besonderen auf Unikatfertigung, übertragen werden kann und welche positiven Folgen daraus entstehen. Für die identifizierten Weiterentwicklungspotenziale werden Lösungsvorschläge erarbeitet und vorgestellt.

## **1.2 Aufbau und Gliederung der Arbeit**

Die Arbeit umfasst sechs Kapitel. Das erste Kapitel führt mit dem Aufzeigen der Problemstellung in die Thematik ein. In Kapitel zwei werden zunächst verschiedene Produktionskonzepte diskutiert. Eine kritische Würdigung des Lean Production Konzeptes wird vorgenommen. Die Fokussierung der Arbeit auf das Konzept schlanker Produktion wird begründet. Weiterhin zeigt das zweite Kapitel, neben dem Gegenstand und dem Ziel eines Lean Production Konzeptes, dessen Entwicklungspfad und Ansätze auf. Die schlanken Ansätze werden entlang der Elemente eines Produktionssystems, wie technisches System, Managementinfrastruktur sowie Einstellungen und Verhaltensweisen, systematisiert und beschrieben. Aus den definierten schlanken Ansätzen werden die relevanten Anwendungsvoraussetzungen abgeleitet und systematisiert.

Im dritten Kapitel steht die Validierung der Gültigkeit der Anwendungsvoraussetzungen des Lean Production Konzeptes für Unikatfertigung im Mittelpunkt. Zur Verifizierung der Gültigkeit erfolgt zunächst die Untersuchung spezifischer Merkmale der Einzelfertigung als nicht „lean-kompatible“ Fertigungsart. Eine eindeutige Definition der Einzelfertigung wird vorgenommen. Der Unterschied zwischen der einmaligen und wiederholten Einzelfertigung wird herausgearbei-

tet und der Fokus auf die einmalige Einzelfertigung /Unikatfertigung/ gelegt. Im Anschluss erfolgt die Gültigkeitsverifizierung der Anwendungsvoraussetzungen in Bezug auf die spezifischen Merkmale der Unikatfertigung. Es wird geprüft, ob das Konzept ohne systematische Hindernisse auf die Unikatfertigung übertragen werden kann. Das Ausformulieren der existierenden Widersprüche zwischen der schlanken Produktion und den Merkmalen der Unikatfertigung beendet das Kapitel drei.

Im vierten Kapitel wird ein zweistufiges Taktphasenmodell für die Unikatfertigung als Lösungsansatz entwickelt. Auf die Auflösung existierender Dilemmata wird besondere Aufmerksamkeit gelegt. Die Erarbeitung des zweistufigen Taktphasenmodells erfolgt in vier Schritten. Sie beginnt mit der Datengenerierung, setzt sich über die Produkt- und Prozessstandardisierung fort und endet mit der Konzeption der Taktsystematik. Eine auf das zweistufige Taktphasenmodell angepasste Steuerungssystematik wird erarbeitet. Die Darstellung einer Vorgehensweise zur Realisierung des Übergangs von der handwerklichen Werkstattfertigung zur flussorientierten Fertigung schließt das Kapitel ab.

In Kapitel fünf wird die Notwendigkeit eines strukturellen und organisatorischen Wandels bei der Modellimplementierung erläutert. Sowohl der Wandlungsprozess als auch die Wandlungsintensität werden erörtert. Ein Vorgehensmodell zur Modellanwendung in der Unikatfertigung wird erarbeitet und vorgestellt. Das Aufzeigen der unterstützenden Rolle von IT-Lösungen bei der Konzeptimplementierung beendet das Kapitel.

Das sechste Kapitel beinhaltet eine Zusammenfassung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und zeigt den weiteren Forschungsbedarf auf.

Das Ziel der Arbeit ist es, einen Beitrag zum anwendungsbezogenen Einsatz des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung zu leisten.

Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.

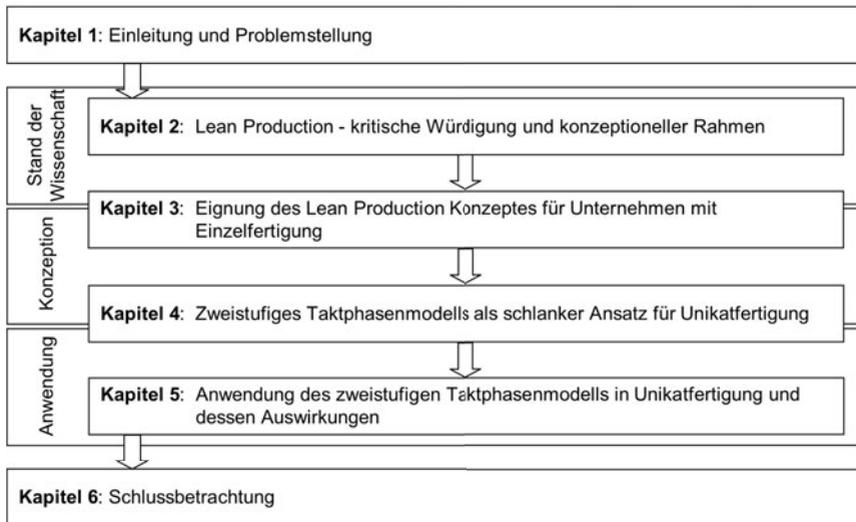


Abbildung 1: Die wichtigsten Bausteine der vorliegenden Arbeit im Überblick

## 2 Lean Production – Grundzüge, Entstehung und konzeptioneller Rahmen

### 2.1 Kritische Würdigung des Lean Production Konzeptes

Im folgenden Unterkapitel werden zunächst verschiedene Produktionskonzepte diskutiert, um die Fokussierung der vorliegenden Arbeit auf das Konzept der schlanken Produktion zu begründen. Die unterstellte Bedeutung der Lean Production als Gestaltungsgrundsatz für eine effiziente Einzelfertigung wird anhand der 1. und 2. Lean-Welle verdeutlicht.

#### 2.1.1 Systematisierung und Bewertung genereller Produktionskonzepte und Einordnung der Lean Production

Die Produktion wird als Mittelpunkt der Wertschöpfung verstanden. Sie ist die tragende Säule der industriellen Unternehmung. Aus der systemtheoretischen Sicht stellt die Produktion ein Subsystem der Unternehmung dar. Die Elemente des Subsystems, wie beispielsweise Ressourcen, Produkte und Aufträge, kommunizieren miteinander und mit anderen Subsystemen. Das Ziel dieser Interaktion ist eine wirtschaftliche Leistungserstellung.<sup>9</sup>

Die Produktion verfolgt in der Regel eine klare Strategie, welche den konzeptionellen Rahmen für ein Fabrikmodell determiniert. Durch die Produktionsstrategie werden die Marktanforderungen und die Fähigkeiten eines Unternehmens aufeinander abgestimmt. Die Erreichung der durch die strategische Ausrichtung festgelegten Ziele erfolgt durch den Einsatz von Produktionskonzepten. Diese treffen Aussagen zur Gestaltung eines Produktionssystems.<sup>10</sup>

Durch Verschiebungen im produktionswirtschaftlichen Zielsystem ergeben sich veränderte Anforderungen an die Gestaltung von Produktionssystemen. Dominierten in der Vergangenheit betriebsorientierte Ziele, wie Auslastungsmaximierung und Umlaufbestandsreduzierung, stehen heutzutage marktorientier-

---

<sup>9</sup> vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 43

<sup>10</sup> vgl. Blecker/Kaluza 2004, S. 9

te Ziele, wie kurze Durchlaufzeiten und hohe Termintreue, im Vordergrund.<sup>11</sup> Die Ursache hierfür liegt in der verstärkten Kundenorientierung, insbesondere in Bezug auf die Breite und den Innovationsgrad des angebotenen Leistungsspektrums. Eine breite Produktpalette wird als relevanter Komplexitätstreiber verstanden. Hohe Variantenvielfalt beeinflusst nicht nur die Anzahl der benötigten Materialien, sondern auch die Beschaffungs-, Dispositions-, Fertigungs- und Montageprozesse nebst erforderlicher Technologien und Ressourcen.<sup>12</sup> In der Einzelfertigung wird die bestehende Produkt- und Prozesskomplexität zusätzlich durch die Konstruktionsänderungen und die hohe Anzahl an Sondermodellen erhöht.

Um auf die veränderten Anforderungen an die Gestaltung von Produktionssystemen adäquat zu reagieren, sind geeignete Produktionskonzepte einzusetzen. Zu den am häufigsten in der wissenschaftlichen Literatur diskutierten und in der Praxis angewandten Produktionskonzepten gehören:

- schlanke Fabrik /Lean Production/,
- integrierte Fabrik /Computer Integrated Manufacturing/<sup>13</sup>,
- fraktale Fabrik<sup>14</sup>,
- segmentierte und modulare Fabrik<sup>15</sup>,
- Web-based Manufacturing<sup>16</sup>,
- Bionic Manufacturing<sup>17</sup>,
- ökologiegerechte Produktion<sup>18</sup>.

Der Einsatzbereich genannter Konzepte wird durch mehrere Kriterien determiniert. Auf der einen Seite hängt die Auswahl eines Produktionskonzeptes von der Unternehmungsart und –größe sowie vom Produktionstyp ab. Auf der anderen Seite wird die Entscheidung durch den Übereinstimmungsgrad der von Unternehmen verfolgten und durch ein Produktionskonzept unterstützten Ziele

---

<sup>11</sup> vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 430

<sup>12</sup> vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 47

<sup>13</sup> vgl. Spur/Specht 1988, Cronjäger 1994 und Wildemann 1997

<sup>14</sup> vgl. Warnecke 1995, Scholl/Niemand/Bätz 1994 und Kamp 1996

<sup>15</sup> vgl. Wildemann 1992

<sup>16</sup> vgl. Blecker 2003

<sup>17</sup> vgl. Engel 1990

<sup>18</sup> vgl. Zahn/Schmid 1991

len beeinflusst. Die relevanten Kriterien mit möglichen Ausprägungen sind in der nachfolgenden Abbildung in Form eines morphologischen Kastens dargestellt. Anhand des vorgestellten Kriterienkatalogs können im Weiteren die relevanten Produktionskonzepte systematisiert und deren klassische Einsatzbereiche identifiziert werden.

Kriterien	Ausprägungen einzelner Kriterien		
<b>Formalziele</b>	technisch und wirtschaftlich	sozial	ökologisch
<b>Wettbewerbsstrategische Ziele</b>	Kostenführerschaft		Differenzierung
<b>Unternehmungsart</b>	Sachleistung		Dienstleistung
<b>Unternehmensgröße</b>	klein	mittelgroß	groß
<b>Produktionstyp</b>	Massenfertigung	Serienfertigung	Einzelfertigung

Abbildung 2: Kriterienkatalog zur Systematisierung relevanter Produktionskonzepte (in Anlehnung an Acka/llas 2005, S. 36)

### *Lean Production*

Das Ziel der schlanken Fertigung liegt in der radikalen Erhöhung der Produktivität bei gleichzeitiger Reduzierung der Durchlaufzeiten.<sup>19</sup> Optimale Qualität und niedrige Produktkosten werden angestrebt. Die Erreichung der Ziele erfolgt durch eine konsequente Umsetzung der Standardisierung sowie der Takt- und Flussorientierung. Neben den genannten technischen und wirtschaftlichen Zielsetzungen steht das Lean Production Konzept für die Entwicklung von Mitarbeiterfachkompetenzen. Dadurch kann der Einsatzbereich von produktiven Mitarbeitern vergrößert werden. Die Monotonie der Arbeitsabläufe wird reduziert. Die Folge dieser sozialen Zielsetzung ist eine erhöhte Motivation der Belegschaft. Ökologische Ziele werden im Rahmen des schlanken Konzeptes nicht ausdrücklich verfolgt. Durch den zentralen Gedanken der Vermeidung von Verschwendung im weiteren Sinne lässt sich jedoch eine indirekte Verbin-

<sup>19</sup> vgl. Schaeffer/Reinertsen 2005, S. 52

derung zu ökologischen Zielen herstellen.<sup>20</sup> Lean Production unterstützt sowohl die Strategie der Kostenführerschaft als auch die Differenzierungsstrategie.<sup>21</sup> Der typische Anwendungsbereich des Produktionskonzeptes sind produzierende, mittelgroße bis große Unternehmen mit Serienfertigung.

### *Computer Integrated Manufacturing*

Im Vordergrund des Konzeptes steht eine weitestgehende Integration aller Informationsflüsse und vorhandener Daten einer Unternehmung. Dadurch können die verfolgten Ziele der Durchlaufzeitenreduzierung, der erhöhten Flexibilität und der verbesserten Produktqualität erreicht werden. Soziale und ökologische Ziele stehen nicht im Fokus des CIM-Produktionskonzeptes.<sup>22</sup>

Eine höhere Flexibilität der Produktion und damit eine erhöhte Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Kundenwünsche unterstützen die Strategie der Differenzierung.<sup>23</sup> Die Fokussierung auf einen hohen Prozessautomatisierungsgrad beeinflusst positiv die Kosten. Die Kostenführerschaftsstrategie wird adressiert. Das CIM-Konzept ist sowohl in der Dienstleistung als auch in allen Produktionstypen produzierender Unternehmen weit verbreitet. Aufgrund hoher Implementierungskosten liegt der Schwerpunkt in mittleren und großen Betrieben.

### *Web-based Manufacturing*

Das Produktionskonzept basiert auf dem Einsatz von Internet-Technologien und kann als eine weitere Entwicklungsstufe des CIM-Konzeptes verstanden werden. Die adressierten Ziele der Web-based Manufacturing können mit den Zielen des CIM-Konzeptes gleich gesetzt werden.

### *Fraktale Fabrik*

Das fraktale Produktionskonzept postuliert den Aufbau eines Produktionssystems aus fraktalen Einheiten. Die fraktalen Strukturen fokussieren auf Selbstorganisation, Zielorientierung und Dynamik.<sup>24</sup> Da die Fraktale keiner definier-

---

<sup>20</sup> siehe Kapitel 2.2.4

<sup>21</sup> Acka/llas 2005, S. 41ff.

<sup>22</sup> vgl. Specht/Stefanska 2009, S. 48

<sup>23</sup> vgl. Adam 2001, S. 675

<sup>24</sup> vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 56

ten Organisationsstruktur unterliegen, kann das Ziel einer hohen Anpassungsfähigkeit stets und mit einem geringen Zeitaufwand realisiert werden. Innerhalb von Fraktalen kommen ausgewählte Elemente der Lean Production zur Anwendung. Deshalb stimmen die technischen und wirtschaftlichen Ziele einer fraktalen Fabrik mit den Zielen der Lean Production überein. Soziale und ökologische Ziele werden ähnlich wie beim CIM-Konzept nicht adressiert. Das fraktale Produktionskonzept befähigt eine Unternehmung zu einem konkurrenzfähigen Zustand im Hinblick auf die Produktkosten sowie auf die Breite des angebotenen Leistungsspektrums. Das Konzept unterstützt beide Wettbewerbsstrategien. Der Ansatz fraktaler Fabriken kann in allen Produktionstypen und Unternehmensgrößen implementiert werden.

### *Segmentierte und modulare Fabrik*

Das Konzept der Segmentierung basiert auf der organisatorischen Gliederung der Produktion. Dies führt zur Bildung von „Fabriken in Fabriken“, die durch einen hohen Autonomiegrad gekennzeichnet sind. Zudem fokussieren einzelne Fertigungssegmente auf zusammengefasste Produktgruppen.<sup>25</sup> Die Leitlinie der Segmentierung ist die Kundenorientierung. Die Kosten- und Produktivitätsvorteile werden durch die Verbindung zweier Elemente der Lean Production, wie der Fließfertigung und der Flexibilisierung, erzielt. Folgende technische und wirtschaftliche Ziele werden nach Wildemann<sup>26</sup> verfolgt: Die Verkürzung der Durchlaufzeiten, die Reduzierung der Bestände, die Verbesserung der Qualität der Produkte, die Steigerung der Produktivität, die Verbesserung des Servicegrades, die Kostensenkung und die Erhöhung der Motivation durch die Reduzierung der Schnittstellen. Durch die Einführung des Konzeptes können sowohl die Kostenführerschaft- als auch die Differenzierungsstrategie unterstützt werden. Der Einsatzbereich stimmt mit dem Einsatzbereich der Lean Production überein.

### *Bionic Manufacturing*

Die Idee bionischer Produktionssysteme basiert auf den Grundsätzen der Anpassungsfähigkeit und Evolution. Das Produktionssystem wird mit einem lebenden Organismus verglichen. Die hierarchische Struktur entspricht Organen

---

<sup>25</sup> vgl. Wildemann 1992, S. 47

<sup>26</sup> vgl. Wildemann 1992, S. 82

eines Körpersystems.<sup>27</sup> Das Körpersystem soll die Fabrik abbilden. Im Vordergrund des Konzeptes steht die Flexibilität und hohe Reaktionsfähigkeit. Soziale und ökonomische Ziele werden nicht adressiert. Das Konzept könnte beide Wettbewerbsstrategien unterstützen. Der Anwendungsbereich ist von der Unternehmensgröße und –art unabhängig.

### *Ökologiegerechte Produktion*

Eine ökologiegerechte Produktion fokussiert neben den technischen und wirtschaftlichen Zielen sehr stark auf die ökologischen Ziele. Es handelt sich um eine generelle Schonung der Umwelt vor schädlichen Einflüssen der Unternehmung einerseits und eine sparsame Nutzung verfügbarer Ressourcen andererseits.<sup>28</sup> Durch die Verfolgung des Grundsatzes der Vermeidung von Verschwendung weist die ökologiegerechte Produktion eine Ähnlichkeit zur schlanken Produktion auf. Der Ansatz kann sowohl in den produktiven als auch in dienstleistungsorientierten Bereichen eingesetzt werden. Das ökologiegerechte Produktionskonzept ist unabhängig vom Produktionstyp und von der Unternehmensgröße.

Durch die vorgenommene Bewertung relevanter Produktionskonzepte werden deren Unterschiede und Gemeinsamkeiten deutlich – siehe Abbildung 3. Zudem können weitgehende Überschneidungen sowohl in Bezug auf die verfolgten Ziele als auch auf die Einsatzbereiche festgestellt werden. Jedes der genannten Produktionskonzepte adressiert verstärkt die marktorientierten Ziele, wie etwa kurze Durchlaufzeiten, höhere Produktivität oder hohe Termintreue. Soziale und ökologische Ziele stehen, mit Ausnahme der Lean Production und ökologiegerechter Produktion, eher im Hintergrund. Der Unterschied zwischen den untersuchten Konzepten liegt hauptsächlich in den angewandten Instrumenten zur Erreichung der technischen Ziele. Es seien damit beispielsweise die Standardisierung, Takt- und Flussorientierung in Bezug auf die Lean Production oder die Implementierung von CAx-Komponenten zur weitestgehenden Informations- und Datenintegration beim CIM-Konzept gemeint. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass ausgewählte Instrumente der Lean Production in Konzepten fraktaler und segmentierter Fabrik ihre Anwendung finden.

---

<sup>27</sup> vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 55

<sup>28</sup> vgl. Acka/Ilas 2005, S. 29f.