

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

Von der Fakultät für Maschinenbau, Elektrotechnik
und Wirtschaftsingenieurwesen
der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus
zur Erlangung des akademischen Grades
einer Doktorin der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Ingenieurin
Renata Gruß (geb. Stefańska)

geboren am 07.12.1982 in Kłecko (Polen)

Vorsitzende: Frau Prof. Dr. rer. pol. habil. Ch. Hipp

Gutachter: Herr Prof. Dr.-Ing. habil. D. Specht

Gutachter: Herr Prof. Dr.-Ing. R. Woll

Tag der mündlichen Prüfung: 05.05.2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Problemstellung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Aufbau und Gliederung der Arbeit	3
2	Lean Production – Grundzüge, Entstehung und konzeptioneller Rahmen	6
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	Autonation	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
3	Eignung des Lean Production Konzeptes für Einzelfertigung	67
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
4	Konzeption eines zweistufigen Taktphasenmodells als Lösungsansatz für Unikatfertigung	99
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
5	Anwendung des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung und dessen Auswirkungen	150
5.1	Notwendigkeit des Wandels der Unikatfertigung zwecks Operationalisierung des Lean Production Konzeptes	150
5.1.1	Zielgrößenwandel bei Unikatfertigern	151
5.1.2	Neues Verständnis der Kundenorientierung	155
5.1.3	Kundennutzenmaximierendes Leistungsangebot	158

5.1.4	Neues Verständnis des Taktes	159
5.1.5	Wandel der Eigenfertigungstiefe	161
5.1.6	Verhaltenswandel	163
5.2	Operationalisierung des Lean Production Konzeptes mittels der Lean Transformationen	165
5.2.1	Erste Phase einer Lean Transformation: Vorbereitung und Analyse.....	167
5.2.2	Zweite Phase einer Lean Transformation: Unternehmensindividuelle Anpassung des zweistufigen Taktphasenmodells	169
5.2.3	Dritte Phase einer Lean Transformation: Implementierung und Nachhaltigkeit.....	173
5.3	Unterstützende Funktion der IT-Lösungen.....	174
5.3.1	Einsatz von Manufacturing Execution Systemen zur Informationsbereitstellung bei taktorientierter Produktionssystematik	175
5.3.2	Auswahl und Einführung eines geeigneten MES-Systems in Unternehmen mit Unikatfertigung	178
5.4	Zwischenfazit.....	182
6	Schlussbetrachtung	184
6.1	Zusammenfassung	184
6.2	Anwendungsmöglichkeiten.....	186
6.3	Grenzen der Anwendung und weiterer Forschungsbedarf	187
7	Literatur	189

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die wichtigsten Bausteine der vorliegenden Arbeit im Überblick..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 fertigen 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: Schwimmbahnendarstellung 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	151
Abbildung 56: Einfluss der Auslastung und der Termintreue auf die Umsatzrendite	153
Abbildung 57: Produktionslinien nach Wiendahl	154
Abbildung 58: Auswirkungen ausgewählter Ansätze der Lean Production auf die Zielgrößen	161
Abbildung 59: Zusammenhang zwischen der Veränderungsbereitschaft und den Fähigkeiten zur Konzeptimplementierung	164
Abbildung 60: Phasen einer Lean Transformation	167
Abbildung 61: Auswirkungen der Lean Production auf die Informationsstrukturen	174
Abbildung 62: MES als Bindeglied zwischen der Fertigungs- und Managementebene	177
Abbildung 63: Beispiel einer Nutzwertanalyse mit möglichen Bewertungskriterien	179
Abbildung 64: Unikatrelevante Industriezweigen	186

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.¹ Die Erhöhung der angebotenen Variantenzahl eines Produktes bis hin zur Herstellung von maßgeschneiderten Einzellösungen sind Folgen der schnell wachsenden Märkte.² 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 Unternehmen³, eine besondere Herausforderung dar.

1.1 Problemstellung

Globalisierung der Märkte⁴, hoher Innovationsdruck sowie Individualität und Dynamik der Märkte bewirken, dass die produzierenden Unternehmen vor immer neuen Herausforderungen gestellt werden.⁵ Die Herausforderung besteht nicht nur darin, neue Märkte mit innovativen Produkten zu erschließen.

¹ vgl. Faust 2009, S. 157 und Schreyögg 2009, S. 213

² vgl. Liu/Tu 2008, S. 5781

³ siehe Kapitel 3.1.3

⁴ vgl. Beinhocker/Davis/Mendonca 2009, S. 20

⁵ vgl. Picot 2009, S. 213

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

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.⁷ 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.⁸

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.

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

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

⁸ 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.

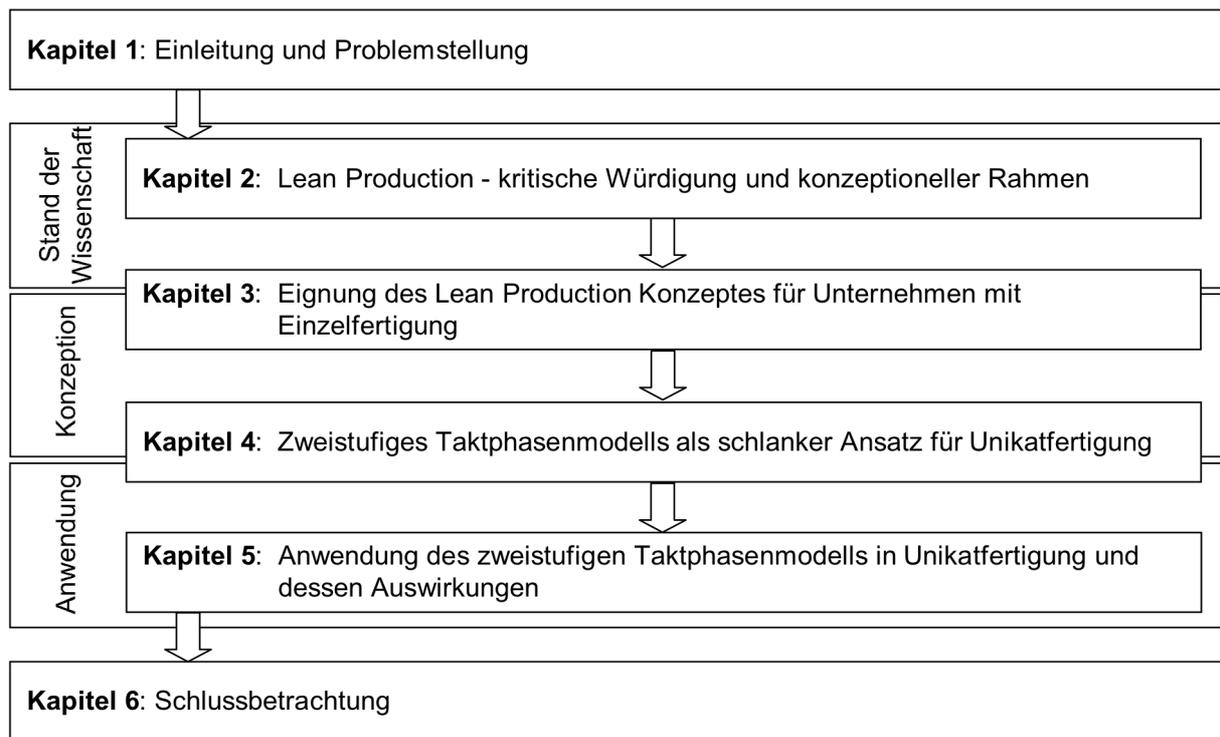


Abbildung 1: Die wichtigsten Bausteine der vorliegenden Arbeit im Überblick

2 Lean Production – Grundzüge, Entstehung und konzeptueller 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.⁹

Die Produktion verfolgt in der Regel eine klare Strategie, welche den konzeptuellen 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.¹⁰

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-

⁹ vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 43

¹⁰ vgl. Blecker/Kaluza 2004, S. 9

te Ziele, wie kurze Durchlaufzeiten und hohe Termintreue, im Vordergrund.¹¹ 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.¹² 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/¹³,
- fraktale Fabrik¹⁴,
- segmentierte und modulare Fabrik¹⁵,
- Web-based Manufacturing¹⁶,
- Bionic Manufacturing¹⁷,
- ökologiegerechte Produktion¹⁸.

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

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

¹² vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 47

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

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

¹⁵ vgl. Wildemann 1992

¹⁶ vgl. Blecker 2003

¹⁷ vgl. Engel 1990

¹⁸ 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		
Formalziele	technisch und wirtschaftlich	sozial	ökologisch
Wettbewerbsstrategische Ziele	Kostenführerschaft		Differenzierung
Unternehmungsart	Sachleistung		Dienstleistung
Unternehmensgröße	klein	mittelgroß	groß
Produktionstyp	Massenfertigung	Serienfertigung	Einzelfertigung

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

Lean Production

Das Ziel der schlanken Fertigung liegt in der radikalen Erhöhung der Produktivität bei gleichzeitiger Reduzierung der Durchlaufzeiten.¹⁹ 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-

¹⁹ vgl. Schaeffer/Reinertsen 2005, S. 52

dung zu ökologischen Zielen herstellen.²⁰ Lean Production unterstützt sowohl die Strategie der Kostenführerschaft als auch die Differenzierungsstrategie.²¹ 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.²²

Eine höhere Flexibilität der Produktion und damit eine erhöhte Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Kundenwünsche unterstützen die Strategie der Differenzierung.²³ 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 Selbst-

²⁰ siehe Kapitel 2.2.4

²¹ Acka/llas 2005, S. 41ff.

²² vgl. Specht/Stefanska 2009, S. 48

²³ vgl. Adam 2001, S. 675

organisation, Zielorientierung und Dynamik.²⁴ Da die Fraktale keiner definierten 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.²⁵ 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 Wildemann²⁶ 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 le-

²⁴ vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 56

²⁵ vgl. Wildemann 1992, S. 47

²⁶ vgl. Wildemann 1992, S. 82

benden Organismus verglichen. Die hierarchische Struktur entspricht Organen eines Körpersystems.²⁷ 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.²⁸ 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 Producti-

²⁷ vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 55

²⁸ vgl. Acka/Ilas 2005, S. 29f.

on in Konzepten fraktaler und segmentierter Fabrik ihre Anwendung finden. Das Produktionskonzept Web-based Manufacturing wird als eine weitere Entwicklungsstufe des CIM-Konzeptes verstanden. Das Konzept der bionischer Fabrik wird als ein unkonventioneller Gestaltungsgrundsatz bewertet. Die bislang nur theoretische Betrachtung gilt es durch eine praktische Validierung spezifischer Implementierungen zu ergänzen.²⁹ Im Gegensatz zur Bionic Manufacturing weisen die restlichen Produktionskonzepte einen hohen Praxisbezug auf. Obwohl ein hoher Implementierungsgrad einzelner Produktionskonzepte festgestellt wird, haben sich Unterschiede in Bezug auf deren Einsatz herauskristallisiert. Besonders hervorzuheben ist, dass die Eignung der Lean Production in der Einzelfertigung nur als bedingt bewertet wird.

Systematisierungskriterien	Produktionskonzepte												
	Technische & wirtsch. Ziele	Soziale Ziele	Ökologische Ziele	Kostenführerschaftsstrategie	Differenzierungsstrategie	Produzierendes Unternehmen	Dienstleistungsunternehmen	Kleine Unternehmung	Mittelgroße Unternehmung	Große Unternehmung	Massenfertigung	Serienfertigung	Einzelfertigung
Lean Production													
Comuter Integrated Manufacturing													
Web-based Manufacturing													
Fraktale Fabrik													
Segmentierte Fabrik													
Bionic Manufacturing													
Ökologiegerechte Produktion													

Trifft eher nicht zu
 Trifft teilweise zu
 Trifft eher zu
 Trifft zu

Abbildung 3: Systematisierung und Bewertung genereller Produktionskonzepte

²⁹ vgl. Lindemann/Gronau 2009, S. 58

Zusammenfassend sei Folgendes festgehalten:

- Die festgestellte Zielverschiebung von betriebsorientierten zu marktorientierten Zielen schlägt sich in den untersuchten Produktionskonzepten nieder. Es werden vordergründig die marktorientierten Ziele adressiert. Die radikalsten Verbesserungen und folglich beste Zielerreichung können mittels der Lean Production realisiert werden.
- Jedes der analysierten Produktionskonzepte unterstützt sowohl die Strategie der Kostenführerschaft als auch die Differenzierungsstrategie.
- Die Produktionskonzepte sind von der Unternehmungsart und –größe eher unabhängig.
- Die überwiegende Anzahl der untersuchten Produktionskonzepte wird in den Produktionstypen Massen-, Serien- und Einzelfertigung angewandt. Das Lean Production Konzept stellt eine Ausnahme dar. Das Konzept schlanker Produktion wurde speziell für die Serienfertigung entwickelt³⁰. Obwohl eine beachtliche Erfolgsbilanz in der Serienfertigung vorliegt, findet die schlanke Produktion in der Einzelfertigung bisher kaum Verwendung.³¹ Deshalb stellen die Übertragungsmöglichkeiten der Lean Production auf die Einzelfertigung ein zu untersuchendes Forschungsfeld dar.

Aus der durchgeführten Analyse relevanter Produktionskonzepte konnte eine Forschungslücke identifiziert werden. Wird zusätzlich der Gedanke verstärkter Bedeutung einer effizienten Einzelfertigung³² einbezogen, erscheint das zu untersuchende Forschungsfeld von hoher Relevanz.

Die unterstellte Relevanz der Lean Production als Gestaltungsgrundsatz für eine effiziente Einzelfertigung kann mit zwei Aspekten untermauert werden. Dazu gehören:

- Die in der wissenschaftlichen Literatur vorliegende beachtliche Erfolgsbilanz schlanker Produktion in der Serienfertigung – 1. Lean-Welle,

³⁰ vgl. Jürgens 1994, S. 21

³¹ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 22f.

³² siehe Kapitel 1.1

- aktuelle Renaissance des Konzeptes in wissenschaftlichen Diskussionen und in unternehmerischer Praxis – 2. Lean-Welle.

Der Verlauf der beiden Lean-Wellen wurde auf Basis der Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen in unterschiedlichen Sprachräumen untersucht.³³

Das Ergebnis der Analyse verdeutlicht die nachfolgende Abbildung.

Beide Aspekte werden in nachfolgenden Unterkapiteln näher betrachtet.

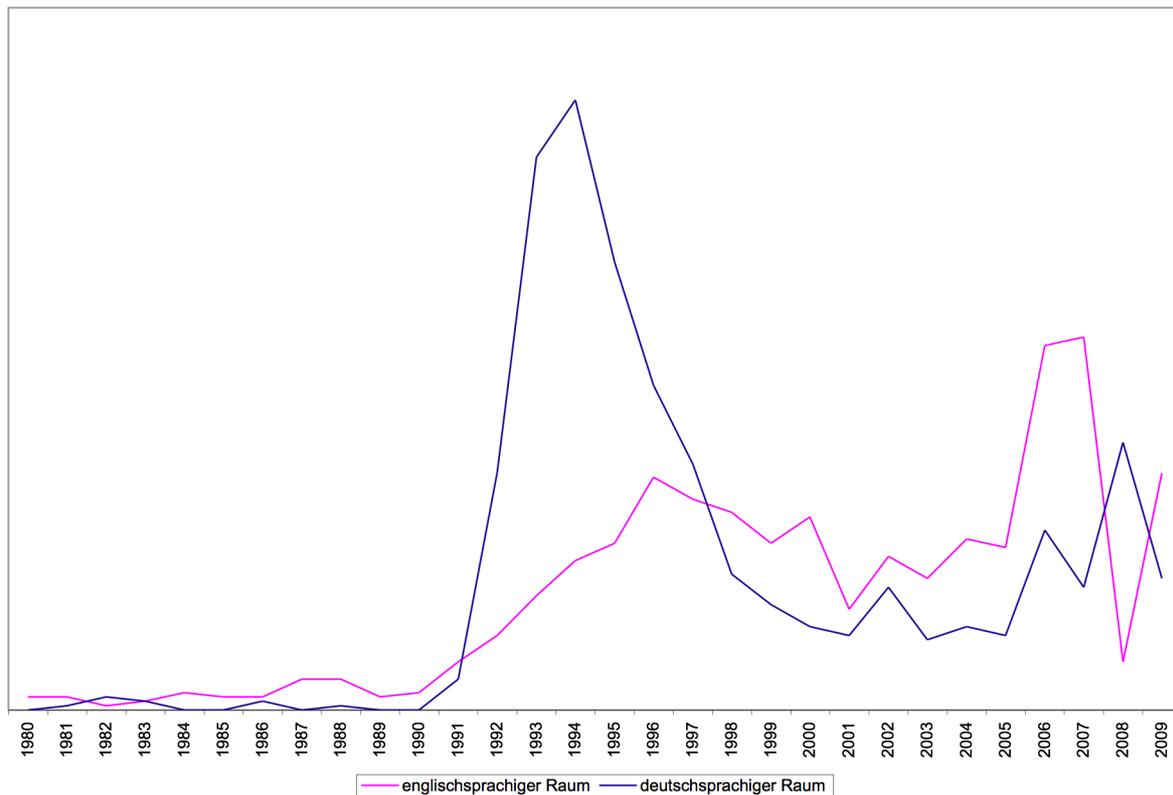


Abbildung 4: Lean-Wellen

³³ Im Rahmen der Literaturanalyse wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen im englisch- und deutschsprachigen Raum betrachtet, die im KVK (Karlsruher Virtueller Katalog) gemeldet sind. Es fanden ausschließlich Bücher und Artikel Berücksichtigung; einzelne Buchbeiträge wurden nicht mitgezählt. In die Recherche wurden englisch- und deutschsprachige Veröffentlichungen aus den folgenden Ländern herangezogen: USA, England, Schweden, Deutschland, Österreich und Schweiz. Es wurden Veröffentlichungen mit folgenden Begriffen im Titel mitgezählt: Toyota Produktionssystem/ Toyota Production System, schlankes Management/ Lean Management, schlanke Produktion/ Lean production, Kaizen, KVP, Produktionsnivellierung/ Smoothing Production. Mehrfache Wiederholungen wurden nicht berücksichtigt. In der untersuchten Zeitspanne, zwischen den Jahren 1980 und 2009, konnten insgesamt 1689 wissenschaftliche Veröffentlichungen, davon 898 im deutschsprachigen und 791 im englischsprachigen Raum, identifiziert werden. Die Untersuchung fand im Zeitraum vom 01.07.2009 bis zum 30.09.2009 statt.

2.1.2 1. Lean-Welle – Erfolgsbilanz praktischer Anwendungen

Das Lean Production Konzept wird in der wissenschaftlichen Literatur als ein *Phänomen* der Produktionskonzepte beschrieben.³⁴ Der Vorreiter des schlanken Konzeptes war die japanische Automobilindustrie, die im Vergleich zu westlichen Automobilherstellern von allem nur die Hälfte brauchte. Die Hälfte des finanziellen Aufwands, des Flächenbedarfs, des Planungsaufwands, der Lagerbestände, der Entwicklungszeit und der Mitarbeiteranzahl über alle Funktionen und Hierarchieebenen.³⁵ Japanische Unternehmen erzielten diese deutlich besseren Performance-Zahlen, trotz eines wesentlich komplexeren Produktmixes. Die effektive und effiziente Gestaltung der Wertschöpfungskette bei japanischen Herstellern manifestiert sich in einer beachtlichen Erfolgsbilanz der Studie des Massachusetts Institute of Technology in Boston. Die Ergebnisse der Studie wurden 1991 veröffentlicht und sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.

Produktionsmerkmale (Auswahl)	Japanische Unternehmen	Amerikanische Unternehmen	Europäische Unternehmen
Personalaufwandzeit (Mio.Ingenieurstunden)	1,7	3,1	3,1
Produktivität (Std./Auto)	16,8	25,1	36,2
Qualität (Montagefehler/100 Kfz)	60	82,3	97
Fläche (qm/Auto/Jahr)	0,5	0,7	0,7
Größe des Reparaturbereiches (% der Montagefläche)	4,1	12,9	14,4
Job Rotation (0=keine, 4=häufig)	3,0	0,9	1,9
Abwesenheit (%)	5,0	11,7	12,1
Vorschläge der Beschäftigten	61,6	0,4	0,4
Montagelagerbestand (Monate)	0,2	2,9	2,0
Anteil der Teile mit JiT (%)	45	14,8	7,9
Lagerbestand (Tage)	1,5	8,1	16,3
Maschinen je Mitarbeiter	7,4	2,5	2,5

Abbildung 5: Vergleichszahlen verschiedener Industrienationen im Automobilsektor (vgl. Womack/Jones/Roos 1992, S. 88ff.; Krafcik 1989, S. 29ff.)

³⁴ vgl. Graf 1996

³⁵ vgl. Womack/Jones/Roos 1991, S. 92

Bedeutende Leistungsunterschiede waren insbesondere hinsichtlich der Produktivität zu verzeichnen. Benötigten die europäischen Hersteller 36,2 Stunden pro Auto, lag dieser Wert bei japanischen Lieferanten bei 16,8 Stunden.³⁶ Diese Unterschiede können am Beispiel des VW-Taro verdeutlicht werden. Das Modell Taro wurde in Kooperation mit Toyota in Deutschland und in Japan hergestellt. Während in Deutschland 35 Stunden pro Auto benötigt wurden, brauchten die Japaner nur 20 Stunden pro Fahrzeug.³⁷ Ein weiteres Beispiel stellen die für den Entwicklungsaufwand benötigten Stunden dar. Diese beliefen sich in europäischen Unternehmen auf 3,1 Millionen Ingenieurstunden. Die Ingenieurstunden in japanischen Firmen betragen nur 1,7 Millionen.

Neben den sehr guten Leistungskennzahlen sei die Modellvielfalt als ein weiteres Phänomen des Lean Production Konzeptes erwähnt. Von 1982 bis 1990 verdoppelten die Japaner ihr Modellangebot, zudem erfolgte die Erneuerung der gesamten Palette alle vier Jahre. Die Amerikaner erhöhten das Modellangebot nur um die Hälfte und die europäischen Hersteller reduzierten es sogar um 10% bei gleichzeitiger Verlängerung der Erneuerungszyklen von 8 auf 10 Jahre.³⁸ Die Ursache hierfür liegt insbesondere in den hohen Entwicklungseinmalinvestitionen neuer Fahrzeuge bei den westlichen Produzenten. Die hohen Entwicklungs- und Produktionsvorbereitungskosten bewirkten, dass die Hersteller unter enormen Stückzahlendruck standen. Statt in die Flexibilität der Prozesse und Anlagen zu investieren, wichen amerikanische und europäische Hersteller auf die Verlängerung des Lebenszyklus aus. Japanische Autobauer dagegen verringerten den Stückzahlendruck durch die Reduzierung der Einmalinvestitionen und durch enorme Investitionen in Flexibilität. Den beschriebenen Sachverhalt verdeutlicht die nachfolgende Abbildung.³⁹

³⁶ Die vorliegenden Zahlen beziehen sich auf die MIT-Studie und wurden zu dem damaligen Untersuchungszeitpunkt ermittelt (Erscheinungsjahr der Ergebnisse: 1991). Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass die Vorgehensweise zur Ermittlung der in Abbildungen 5 und 6 vorgestellten Zahlen, aufgrund einer ungenügenden Befragungsdifferenzierung zwischen den betrachteten Industrieländern, kritisiert wurde (vgl. Graf 1996). Die Ergebnisse der MIT-Studie werden in der vorliegenden Arbeit als ein Hinweis für den Erfolg der Lean Production in Japan verstanden.

³⁷ vgl. Blüthmann 1992, S. 26

³⁸ vgl. Womack/Jones/Roos 1991, S. 119ff.

³⁹ vgl. Pfeiffer/Weiss 1994, S. 13

Produktionsmerkmale (Auswahl)	Japanische Unternehmen	Amerikanische Unternehmen	Europäische Unternehmen
Modellvielfalt	84 (ursprünglich 47)	53 (ursprünglich 36)	43 (ursprünglich 49)
Erneuerungszyklen der Modellpalette (Jahre)	4	10	10
Produktion je Modell bis zum Modellauslauf (Stk.)	500.000	2.000.000	2.000.000
Durchschnittliche Produktion je Modell pro Jahr (Stk.)	125.000	200.000	200.000
Durchschnittliche Entwicklungsstunden je Modell (Mio. Ingenieurstunden)	1,7	3,1	2,9

Abbildung 6: Vergleich der Modellvielfalt in verschiedenen Nationen
(vgl. Womack/Jones/Roos 1991, S. 119ff.)

Die in der MIT-Studie dargestellte Erfolgsbilanz wurde ein Impulsgeber für die Automobilhersteller weltweit. Die Erfolgskennzahlen konnten auch in japanischen Transplants⁴⁰ festgestellt werden.⁴¹ Ein Beispiel dafür ist die Übernahme einer Chrysler-Fabrik in Australien durch Mitsubishi. Innerhalb von fünf Jahren gelang es Mitsubishi die Produktivität um 115 Prozentpunkte zu steigern und die Stückzeit pro Fahrzeug von 59 auf 24 Stunden zu reduzieren.⁴² Neben den japanischen Transplants sind ähnliche Erfolge in den deutschen Automobilunternehmen zu verzeichnen. Es sei das Programm „Kontinuierliche Verbesserung Hoch Zwei“ der Firma Volkswagen im Jahr 1993 erwähnt. Durch eine konsequente Umsetzung der schlanken Prinzipien⁴³ konnten der Ausschuss um 25 Prozent, die Lagerbestände um 26 Prozent, die Flächen um

⁴⁰ japanische Auslandswerke

⁴¹ „Wir stellen fest, dass viele japanische Betriebe im Ausland – in den USA, in Kanada, Mexiko, Korea und Großbritannien – ein ähnliches Leistungsniveau wie in den Schwesterbetrieben in Japan erzielen. Es ist deshalb durchaus möglich, diese Techniken in ein nichtjapanisches Umfeld zu übertragen. Wer daran zweifelt, sollte dem Nissan-Werk im Sunderland, England, einen Besuch abstatten.“ (vgl. Jones 1992, S. 20)

⁴² vgl. Lederer 1984, S. 328 und Pfeiffer/Weiß 1994, S. 19

⁴³ Es wurden ca. 1000 Kaizen-Workshops mit ca. 11.000 Mitarbeitern durchgeführt (vgl. o.V. 1993, S. 22)

16 Prozent und die Durchlaufzeiten um 29 Prozent reduziert sowie die Produktivität um 23 Prozent gesteigert werden.⁴⁴

Der Erfolg des von Toyota verfolgten Ansatzes liegt in der konsequenten Anwendung bewährter Techniken. Eine schrittweise Optimierung und ständige Verbesserung ermöglicht eine positive Wandlung des Unternehmens. Durch die Fokussierung des Toyota Managements auf die Themen der standardisierten Abläufe und Arbeitsplatzorganisation, der bedarfsorientierten Materialversorgung und der kontinuierlichen Verbesserung entwickelte sich das Lean Production Konzept, insbesondere am Anfang der neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts, zum Modell erfolgreicher Unternehmensführung. Eine verstärkte Anwendung japanischer Begrifflichkeiten, wie Kanban, Andon und Poka Yoke⁴⁵, konnte, sowohl in der unternehmerischen Praxis, als auch in der wissenschaftlichen Literatur, beobachtet werden. Es wird in diesem Zusammenhang von der „1. Lean-Welle“ gesprochen.⁴⁶

2.1.3 2. Lean-Welle – Aktuelle Relevanz der schlanken Produktion

Eine Recherche aktueller wissenschaftlicher Ausarbeitungen zeigt, dass das Lean Production Konzept eine Renaissance erlebt. Seit circa vier Jahren kann eine wiederholte „2. Lean-Welle“ festgestellt werden.⁴⁷ Diese schlägt sich sowohl in der Wissenschaft als auch in der unternehmerischen Praxis nieder.⁴⁸ Eine steigende Anzahl von theoriebasierten Veröffentlichungen⁴⁹ sowie eine steigende Konzeptimplementierungstendenz können beobachtet werden. Als Beispiel für theoretische Konzeptweiterentwicklung sei der Lean Innovation Ansatz erwähnt.⁵⁰ Das Ziel der Lean Innovation ist, die Grundsätze schlanker Produktion auf das Innovationsmanagement systematisch zu übertragen.

⁴⁴ vgl. Schultz 1993, S. 8. Ähnliche Erfolge konnten auch bei Opel in Eisenach mit dem Programm „Picos“ erzielt werden (vgl. Linden 1991, S. 132ff.).

⁴⁵ siehe Kapitel 2.2.4

⁴⁶ vgl. Faust 2009, S. 157

⁴⁷ vgl. Lass 2009, S. 12; Gerhard/Scheiner/Engel/Voight 2009

⁴⁸ vgl. Cardaun 2009, S. 14ff.

⁴⁹ siehe Abbildung 4

⁵⁰ Schuh/Lenders/Jung 2009, S. 780ff.

Eine erhöhte Implementierungstendenz schlanker Produktion kann am Beispiel der Johnsons Controls Automotive Electronics GmbH und der Kautex Textron GmbH verdeutlicht werden. Beide Unternehmen starteten den ersten Transformationsprozess zur Verschlankeung der Unternehmensstrukturen im Jahr 2005 und konnten ihn erfolgreich umsetzen. Im Rahmen des „WOB-Transformationsprogramms“⁵¹ bei Johnsons und des „CBS-Transformationsprogramms“⁵² bei Kautex wurden die Produktionsprozesse standardisiert sowie transparenter und flexibler gestaltet. Das Pull-Prinzip stellt die Grundlage zur Steuerung der gesamten logistischen Prozesse dar und wird mittels Kanban unterstützt. Die Implementierung des Lean Production Konzeptes erfolgte mit der starken Involvierung der Mitarbeiter aller Konzern-ebenen. Die Führungskräfte absolvierten diverse Trainings in gleicher Weise, wie die Mitarbeiter niedrigerer Hierarchiestufen. Die Zielvereinbarungen zwischen den Führungskräften und einzelnen Abteilungen konnten festgelegt und mittels der typischen Lean-Kennzahlen gemessen werden.⁵³

Im Zuge der 2. Lean-Welle werden schlanke Prinzipien von deutschen OEM's, wie beispielsweise bei Volkswagen in Kassel, eingeführt. Zudem erfolgt die Fokussierung besonders auf die indirekten Bereiche.⁵⁴

Die aktuelle Renaissance des Lean Production Konzeptes liegt zum einen in praxisorientierten und zum zweiten in wissenschaftlichen Aspekten begründet.

Praxisorientierte Aspekte:

- Erneute Einführung schlanker Prinzipien aufgrund fehlender Umsetzungsdurchgängigkeit und -nachhaltigkeit der 1. Lean-Welle,
- unternehmensspezifische Konzeptanpassung aufgrund stark veränderter Rahmenbedingungen des externen und internen Unternehmensumfelds in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren,⁵⁵

⁵¹ „WOB“ wird als das Motto der Lean Change Story verstanden und steht für „Wir optimieren Prozesse“ (vgl. Cardaun 2009, S. 15).

⁵² „CBS“ wurde als das Motto des Pilotprojektes ausgewählt und steht für „Customer, Orientation, Manpower, Excellence Business System“ (vgl. Cardaun 2009, S. 15).

⁵³ vgl. Cardaun 2009, S. 15f.; Zu den typischen Lean-Kennzahlen gehören beispielsweise der Tätigkeits-, Anlagen-, Zeit-, Flächen- oder Transportnutzungsgrad (vgl. Bösenberg/Metzen 1993, S. 249)

⁵⁴ vgl. Deiwiks/Faust/Becker/Niemand 2008, S. 402

- Konzeptübertragung auf indirekte Unternehmensbereiche, wie beispielsweise Forschung & Entwicklung oder Instandhaltung.⁵⁶

Wissenschaftliche Aspekte:

- Entwicklung von Vorgehensweisen zur Konzeptanwendung in indirekten Bereichen,
- Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zur wirksamen Übertragung des Konzeptes auf nicht lean-spezifische Unternehmen. Obwohl Pfeiffer/Weiß die branchen- und serienunabhängige Gültigkeit schlanker Prinzipien manifestieren⁵⁷, liegen nur sehr wenige Beispiele für die praktische Anwendung außerhalb der Automobilbranche vor. Einzelne Werkzeuge des Lean Production Konzeptes werden aber im variantenreichen Maschinen-, Werkzeug- und Anlagenbau sowie in der Elektronikbranche eingesetzt.⁵⁸ Es handelt sich jedoch in diesem Zusammenhang um die Reduzierung der Anzahl von Fertigungsteilen und um eine Standardisierung von Produktgruppen.⁵⁹ Die Elemente der Takt- und Flussorientierung werden nicht betrachtet.

Die vorgenommenen Ausführungen zu den beiden Lean-Wellen verdeutlichen zunächst die generelle Relevanz der Lean Production. Weiterhin lässt die Erfolgsbilanz der 1. Lean-Welle in der Serienfertigung ähnliche Erfolge bei der Einzelfertigung vermuten. Die Forschungssinnhaftigkeit innerhalb der identifizierten Forschungslücke wird durch die Existenz der 2. Lean-Welle bestätigt.

Die vorliegende Arbeit soll einen positiven Beitrag in der wissenschaftlichen Diskussion leisten, indem die Gültigkeit des Lean Production Konzeptes für die produzierenden Unternehmen mit Einzelfertigung verifiziert wird.

⁵⁵ vgl. Deuse/Buhl 2009, S. 26; Deuse/Wuthnow 2009, S. 43; Kienzle/Müller/Riedel 2009, S. 13

⁵⁶ vgl. Deiwiks/Faust/Becker/Niemand 2008, S. 404 und Becker/Deiwiks/Faust/Horzella/Thesling 2007, S. 771

⁵⁷ vgl. Pfeiffer/Weiß 1994, S. 21

⁵⁸ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 52; Schuh/Gottschalk/Gulden/Koch 2007, S. 633ff. und Deuse/Wuthnow 2009, S. 43

⁵⁹ vgl. Pfeiffer/Weiß 1994, S. 23; Leibinger-Kammüller 2009, S. 158

Es soll geprüft werden, ob und wie das Lean Production Konzept die Gestaltung der Einzelfertigung unterstützen kann.

2.2 Gegenstand und konzeptioneller Rahmen der Lean Production

Hauptwettbewerbsziele einer Unternehmung sind unter anderem die Erhöhung der Produktivität, Durchlaufzeitenverkürzung, Kapitalbindungsreduktion, Flexibilitätssteigerung und Qualitätsverbesserung. Seit den neunziger Jahren steht hierfür das „Standardproduktionssystem des 21. Jahrhunderts“: Das Toyota Produktionssystem⁶⁰. Vorreiter dieses Ansatzes waren insbesondere japanische Unternehmen, die durch die Weiterentwicklung der Produktion nachhaltige Wettbewerbsvorteile erzielten und damit den Wandel der Produktionsrolle vom operativen zum strategischen Akteur bewirkten. Das Toyota Produktionssystem hat seine Ursprünge im Ford'schen Produktionssystem, das für die Massenfertigung entwickelt wurde. Mit der Weiterentwicklung des Ford'schen Produktionssystems sollen die Vorteile der handwerklichen Fertigung, wie Flexibilität und Qualität, mit den Vorteilen der Massenfertigung, wie Schnelligkeit und Stückkosten, verbunden werden. Die hohen Kosten der handwerklichen Fertigung und die Starrheit der Massenfertigung sollten vermieden werden⁶¹.

2.2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung

Die Toyota Motor Company bewirkte in den vierziger Jahren des 20. Jahrhunderts entscheidende Verbesserungen des Ford'schen Produktionssystems. Heutzutage wird Toyota als Pionier des Toyota Produktionssystems und deren schlanken Prinzipien zur Gestaltung von Unternehmensprozessen und Organisationsstrukturen angesehen. Dieses Produktionskonzept wird in unterschiedlichen Industrieunternehmen mit Großserienfertigung, insbesondere in der Automobilindustrie, unter dem Namen Lean Production angewandt⁶².

⁶⁰ vgl. Womack/Jones/Roos 1992, S. 96

⁶¹ vgl. Zahn/Dillerup 1994, S. 18f. und Roth 1993, S. 11

⁶² vgl. Womack/Jones/Roos 1992, S. 109ff. und Liker 2007, S. 41ff.

Obwohl die Toyota Motor Company das neue Unternehmensgestaltungskonzept bereits in der Nachkriegszeit entwickelte und einführte⁶³, wurde der Begriff „Lean Production“⁶⁴ erst im Jahre 1988 von einem Mitarbeiter des Massachusetts Institute of Technology -MIT- in Boston begründet⁶⁵. Um die wesentlichen Unterschiede zwischen dem Ford'schen Produktionssystem und dem Toyota Produktionssystem aufzuzeigen, führte Krafcik zwei gegensätzliche Begrifflichkeiten zur Beschreibung der beiden Konzepte ein. Es handelte sich um ein „lean production system“ und ein „buffered production system“⁶⁶. Der Begriff der Lean Production entstammt somit nicht dem theoretischen Gesamtkonzept der Japaner, sondern wurde von der MIT-Arbeitsgruppe als Arbeitstitel für das von Toyota entwickelte Produktionssystem erfunden.

Das Konzept der gepufferten Produktion war in westlichen Industrienationen verbreitet. So konnten sich die Hersteller mit einer umfangreichen Lagerhaltung gegen unvorhersehbare Produktionsausfälle und mit einem Überschuss von betrieblichen Ressourcen gegen Maschinenausfälle absichern. Weiterhin ermöglichte eine überdimensionierte Anzahl an Arbeitskräften die vorhandenen Kapazitätsengpässe auszugleichen. Mit reichlichen Nacharbeitsplätzen wurde die Nachbesserung der Produktqualität sichergestellt.

Das Lean Production Konzept schließt eine kostenintensiv gepufferte Produktion aus und baut derartige Absicherungen konsequent ab⁶⁷. Der Schwerpunkt dieses Produktionssystems liegt in der kontinuierlichen Optimierung der Produktionsprozesse, wobei der Ansatz zur Verschlinkung das gesamte Unternehmen betrifft.

⁶³ vgl. Ohno 1993, S. 24f.

⁶⁴ Eng.: schlanke Produktion

⁶⁵ vgl. Krafcik 1988, S. 44f.

⁶⁶ Eng.: gepufferte Produktion. Die Einführung der Begriffe lean/buffered basiert auf den Forschungsarbeiten des International Motor Vehicle Program's. Das Forschungsteam Haruo Shimada und John Paul MacDuffie verwenden in diesem Zusammenhang Begriffe „robust“ für buffered (aus dem englischen: widerstandsfähig) und „fragile“ für lean (aus dem englischen: anfällig) zur Beschreibung gleicher Sachverhalte (vgl. Krafcik 1988, S. 51; Krafcik/MacDuffie 1989, S. 10; MacDuffie 1989 und Womack/Jones/ Roos 1991)

⁶⁷ vgl. Krafcik 1988, S. 45 und Rudolph 1996, S.41

Der Terminus „Lean“, sei es Lean Production, Lean Management oder Lean Operation, wird in verschiedenen wissenschaftlichen Ausarbeitungen als eine Art „...glänzende Black Box, die man verführt ist zu platzieren – ins eigene Argument – ohne genau anzuzeigen, was gerade drin ist“ beschrieben. „(...) Drinnen liegen im Falle von Lean Production – das zeigt erstes Hineinblicken – unterschiedlichste, selten geordnete Sortimente vieler kleiner Schachteln mit Aufklebern wie Aufgabenintegration, Job rotation, Gruppenarbeit, etc. verschiedentlich verknüpfte mit breiten Bändern, auf denen unterschiedliches zu lesen ist – etwa: ‚Toyotismus‘, ‚Total Quality Management‘, ‚Modell Japan‘.“⁶⁸

Autoren verschiedener Sprach- und Wirkungsräume benennen und beschreiben das Lean Production Konzept ungleich. Ende der achtziger und Anfang der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts wird „Lean Production“ oftmals als eine neue Managementmode zur Durchführung unternehmerischer Managementmaßnahmen verstanden und publiziert.⁶⁹ So wurden der Abbau von Mitarbeitern, die Reduzierung diverser, für die Wertschöpfung nicht relevanter, Produktionsschritte sowie einfaches, zielorientiertes Handeln als Lean-Projekte bezeichnet.

Die Ursache für diese breitgefächerte Anwendung des Konzeptes liegt in den erwähnten Veröffentlichungen der MIT-Arbeitsgruppe, insbesondere diesen von Krafcik und Womack/Jones/Roos.⁷⁰ In beiden Arbeiten wird das Lean Production Konzept durch eine kontextbezogene Beschreibung der in der Automobilindustrie verwendeten Instrumente charakterisiert, wobei die Problematik in der unpräzisen Verwendung der Begriffe liegt. Eine explizite und eindeutige Definition von Systemelementen des schlanken Produktionskonzeptes liegt in diesen Werken nicht vor. Eine Systematisierung der Kernaussagen wird dadurch erschwert. Obwohl keine umfassende Konzeptdarstellung in den erwähnten Basispublikationen vorliegt, werden die beiden Werke als ein Im-

⁶⁸ vgl. Schmidt 1994, S. 63

⁶⁹ vgl. Graf 1996, S. 8ff.

⁷⁰ vgl. Womack/Jones/Roos 1990 und Krafcik 1988. Obwohl der Begriff der Lean Production mit der Veröffentlichung von Krafcik entstanden ist und die Diskussion um dieses Konzept die Arbeit von Womack/Jones/Roos auslöste, existieren bereits vor dem Jahr 1990 unterschiedliche Publikationen zu dieser Thematik (vgl. Schonberger 1982 und Tomasko 1987).

pulsgeber für eine breite Diskussion über zukunftsfähige Produktionskonzepte aufgefasst.⁷¹

Im Folgenden sei die Definition der Autoren der MIT-Studie aufgeführt:

Womack/Jones/Roos:

„Lean production [...] ist schlank, weil sie von allem weniger einsetzt als die Massenfertigung - die Hälfte des Personals in der Fabrik, die Hälfte der Produktionsfläche, die Hälfte der Investition in Werkzeuge, die Hälfte der Zeit für die Entwicklung eines neuen Produkts. Sie erfordert auch weit weniger als die Hälfte des notwendigen Lagerbestands, führt zu viel weniger Fehlern [...].“⁷²

Besonders hervorzuheben ist, dass die Intensität der Diskussion um das Thema Lean Production ihren Höhepunkt im deutschsprachigen Raum erreichte und sich besonders auf den Terminus „Lean Management“⁷³ konzentrierte⁷⁴.

Die Autoren Wildemann⁷⁵, Pfeiffer/Weiß⁷⁶, Kaluza⁷⁷, Sohn⁷⁸ sowie Groth/Kammel⁷⁹ definieren das Lean Production Konzept besonders erschöpfend. Im Gegensatz zu ihren Anglo-Amerikanischen Kollegen erfassen sie die zugrunde liegende Problematik konzeptionell und weitgehend unabhängig von Kontextbezügen. Exemplarisch sei die Definition Pfeiffer/Weiß aufgeführt:

„...Lean Management (ist) die permanente, konsequente und integrierte Anwendung eines Bündels von Prinzipien, Methoden und Maßnahmen zur effektiven und effizienten, strategischen, taktischen und operativen Planung, Implementierung, Gestaltung, Durchführung und Kontrolle sämtlicher Gestaltungsfaktoren der Unternehmung (Input, Output, Technologie/Anlagen, Personal und Organisation/Führung) und darüber hinaus des gesamten Wertschöpfungsnetzwerks, mit dem Ziel, prinzipiell Verschwendung zu vermeiden, um

⁷¹ vgl. Hinterhuber/Aichner/Lobenwein 1994, S. 24

⁷² vgl. Womack/Jones/Roos 1992, S. 19

⁷³ Zum Terminus „Lean Production“ existieren vielfältige weitere synonym verwendete Begrifflichkeiten. Ein häufig verwendeter Terminus, insbesondere im deutschen Raum, ist das Wort „Lean Management“. Pfeiffer/Weiß und Groth/Kammel verwenden beispielsweise diesen Wortlaut in Ihrer Definition (Pfeiffer/Weiß 1994, S. 53 und Groth/Kammel 1994, S. 24). Im nächsten Kapitelabsatz wird auf die unterschiedliche Begriffsverwendung näher eingegangen.

⁷⁴ vgl. Metzen 1993, S. 142 und Graf 1996, s. 3f.

⁷⁵ vgl. Wildemann 1993, S. 40

⁷⁶ vgl. Pfeiffer/Weiß 1993, S. 18 und Vgl. Pfeiffer/Weiß 1994, S. 53

⁷⁷ vgl. Kaluza 1995, S. 34

⁷⁸ vgl. Sohn 1993, S. 17

⁷⁹ vgl. Groth/Kammel 1994, S. 25

somit die Systemwirtschaftlichkeit kurz-, mittel- und langfristig zu optimieren. So betrachtet erscheint es [...] angebracht, mehr von einer Philosophie des Lean Management als von einer traditionellen Definition zu sprechen. Damit soll deutlich zum Ausdruck kommen, dass Lean Management kein Patentrezept im Sinne eines „Crash-Programms“ zur Revitalisierung der Wettbewerbsfähigkeit angeschlagener Unternehmen ist.“⁸⁰

Die Autoren Pfeiffer/Weiß weisen auf das von Lean Production verfolgte Effizienzprinzip bei gleichzeitiger Vermeidung von Verschwendung hin. Die Definition des Konzeptes ist unternehmensstrategisch ausgerichtet und umfasst die primäre Zielsetzung. Die konkreten Gestaltungselemente der Lean Production werden jedoch nicht genannt. Einzelne Gestaltungsmerkmale werden von Wildemann⁸¹ aufgeführt. Groth/Kammel⁸² bieten ebenfalls eine umfassende Begriffsbestimmung an.

Die Autorin der vorliegenden Arbeit bewertet die Definition von Pfeiffer/Weiß als umfassend, frei von Kontextbezügen, ausreichend abstrahiert und wird sich deshalb im Weiteren auf diese Definition beziehen.

Anhand der gezeigten Definitionen und der Literaturrecherchen wird eine Unschärfe im Umgang mit dem Lean Production Konzept deutlich – die der Begriffswahl.⁸³ Während die oben gezeigten Definitionen mit den Termini „Lean Production“ und „Lean Management“ arbeiten, existieren vielfältige weitere Begrifflichkeiten. Die meist im Zusammenhang mit dem Toyota Ansatz verwendeten Begriffe sind „Kaizen“⁸⁴, „kontinuierlicher Verbesserungsprozess /KVP/“, „Total Quality Management /TQM/“, „Total Productive Maintenance /TPM/“⁸⁵ und „Just in Time“ /JIT/⁸⁶. Die genannten quasi synonymen Begriffe werden durch ausgewählte Autoren mit dem Lean Production Konzept gleich gesetzt.⁸⁷ Die Autorin der vorliegenden Arbeit versteht diese Begriffe als Kom-

⁸⁰ vgl. Pfeiffer/Weiß 1994, S. 53

⁸¹ vgl. Wildemann 1993, S. 40

⁸² vgl. Groth/Kammel 1994, S. 25

⁸³ vgl. Shah/Ward 2007, S. 6f.

⁸⁴ vgl. Imai 1993

⁸⁵ vgl. Hartmann 1997; Rusek/Stacho 2008

⁸⁶ vgl. Kaiser 1993

⁸⁷ vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 13f.

ponenten des Lean Production Konzeptes. Das wesentliche Kriterium des Lean Production Konzeptes ist die konsequente, umfassende und kompromisslose Integration und Anwendung dieser Komponenten⁸⁸. Da die vorliegende Arbeit ihren Schwerpunkt im Weiteren auf den Auftragsabwicklungsprozess der Einzelfertigung setzt, stehen Aspekte der Total Quality Management und Total Productive Maintenance nicht im Vordergrund der Betrachtung.

Die beiden in der Literatur am häufigsten zu findenden Termini sind Lean Production und Lean Management. Sowohl „Lean Production“ als auch „Lean Management“ werden im amerikanischen Sprachgebrauch in diesem Zusammenhang zur Beschreibung gesamter Organisationsstrukturen eines Unternehmens verwendet⁸⁹. Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff „Lean Production“ häufig nur in Bezug auf die Fertigung erwähnt. Der Begriff „Lean Management“ hat in beiden Sprachen vergleichbare Bedeutung. Im deutschen Sprachgebrauch verdeutlicht der Terminus „Lean Management“ die hinter diesem Begriff stehende Philosophie⁹⁰. Der Terminus „Lean Management“ wird von ausgewählten Autoren als Erweiterung zum Lean Production Konzept verstanden⁹¹. Da der Begriff zur Beschreibung schlanker Produktion aus den USA stammt, erscheint es wenig sinnvoll eine Unterscheidung beider Termini vorzunehmen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird deshalb der Terminus „Lean Production Konzept“ verwendet.

Neben der positiven Auslegung der japanischen Ansätze der Unternehmensorganisation existieren verschiedene wissenschaftliche Ausarbeitungen, die das Lean Production Konzept negativ interpretieren und kritisch bewerten. Die Ursache hierfür kann in der unpräzisen Definition und fehlender Abgrenzung zu anderen Produktionskonzepten liegen.

So wurde das Lean Production Konzept beispielsweise von Delbridge/Trunbull⁹² und Gendo/Konschak⁹³ weniger als ein ganzheitlicher Ansatz zur

⁸⁸ vgl. Nakajima 1995, S. 4ff.; Schmidt 1996, S. 123; Specht 1996, S. 15s und Jäger 1999, S. 30ff.

⁸⁹ vgl. Jürgens 1994, S. 373f. und Graf 1996

⁹⁰ vgl. Schultheiß 1995, S. 17f.

⁹¹ vgl. Bösenberg/Metzen 1993, S. 8

⁹² vgl. Delbridge/Trunbull 1992

Schaffung eines Gesamtoptimums bei der Prozessgestaltung, sondern als ein „Post-Tayloristisches“ Werkzeug zur verstärkten Kontrolle der Mitarbeiter angesehen.⁹⁴ Die Reduzierung von Puffern innerhalb der Prozesse sollte nicht zur Aufdeckung vorhandener Fehler, sondern zur stärkeren Überwachung der Beschäftigten führen. Weiterhin wurden die flexiblen Personaleinsatzsysteme als Förderung der Mitarbeiter austauschbarkeit kritisiert und die Übertragung der Verantwortung auf einzelne Personen als ein Ansatz zur gegenseitigen Überwachung gewertet.⁹⁵ Eine Auslegung des Lean Production Konzeptes nach Delbridge/Trunbull und Gendo/Konschak wird als eine Fehlinterpretation verstanden und in der Folge ausgeschlossen.

2.2.2 Entwicklung und Fundament des Konzeptes

Das Konzept der schlanken Produktion wurde kurz nach dem Zweiten Weltkrieg von Eiji Toyoda und dem damaligen Toyota Produktionsleiter, Taiichi Ohno, entwickelt und unter dem Namen „Toyota seisan hoshiki“⁹⁶ 1978 in Tokio veröffentlicht.

Um sich im Wettbewerb mit den in den USA und in Europa etablierten Massenproduktions- und Massenabsatzsystemen der amerikanischen und europäischen Autohersteller zu behaupten, wurde die japanische Autoindustrie in der Nachkriegszeit gezwungen, die westlichen Produktionskonzepte in ihren eigenen Werken einzuführen⁹⁷. Es wurde ein Plan zur Verschmelzung von zwölf japanischen Autofirmen erarbeitet, um ein großes Produktionsvolumen zu erreichen. Die Massenfertigung sollte wettbewerbsfähige Preise auf den Exportmärkten erzielen.

⁹³ vgl. Gendo/Konschak 1999, S. 17

⁹⁴ vgl. Pastega 1999, S. 17

⁹⁵ vgl. Delbridge/Trunbull 1992, S. 56ff.

⁹⁶ Deutsche Übersetzung nach dem japanischen Original und der amerikanischen Ausgabe „Toyota Production System“ (Productivity Press Cambridge, Massachusetts, 1988) lautet „Das Toyota-Produktionssystem“ (Campus Verlag, Frankfurt/ Main, New York, 1993).

⁹⁷ vgl. Ohno 1993, S. 19

Im Frühjahr 1950 fand deshalb ein Besuch der Toyota Mitarbeiter in der damals größten und effizientesten Massenproduktionsanlage der Welt, Fords Rouge-Komplex in Detroit statt. Der nach dem Ford'schen Produktionssystem organisierte Rouge-Komplex lieferte an einem Tag 7000 Autos aus. Die Toyota Motor Company produzierte in den 13 Jahren, zwischen der Unternehmensgründung 1937 und dem Besuch in den USA im Jahre 1950, insgesamt lediglich 2685 Fahrzeuge – weniger als ein Fahrzeug pro Tag.⁹⁸

Das Ford'sche Produktionskonzept zu studieren und künftig auf die Toyota Motor Company zu übertragen, war das Ziel des Werksbesuches in Detroit. Das Ford-Konzept umfasste folgende Hauptelemente, die bis heute in den Automobilwerken eingesetzt werden:

- das Fließband,
- die Arbeitsteilung,
- die integrierte Zuliefererkette für Teile und Material⁹⁹.

Die Ford Motor Company setzte diese Prinzipien um und erreichte zwischen 1908 und 1913 eine starke Produktivitätssteigerung. Durch die Prozessstandardisierung und die Einführung der Arbeitsteilung wurde die Vorgangsdauer eines Montageschritts von 8,56 Stunden auf 2,3 Minuten reduziert. Die Einführung des Fließbandes erlaubte eine erneute Reduzierung auf 1,19 Minuten.¹⁰⁰ Henry Ford sowie Alfred Sloan von General Motors überführten die handwerkliche Einzelfertigung von Automobilen in die Massenfertigung und beeinflussten demzufolge die Art und Weise der Produktherstellung. Es handelte sich hierbei um die Modell-T Massenproduktion, die sich seit ihrer Einführung zu einem immer komplexeren System mit hohen Mitarbeiterzahlen und Lagerbeständen entwickelte. Durch die Einführung von standardisierten Messlehren und Arbeitsumfängen konnte der Umfang der Teile- sowie Mitarbeiteraus-tauschbarkeit erhöht und in der Folge das Fließband eingeführt werden. Die Fahrzeuge wurden auf dem Fließband durch die Montagelinie transportiert. Damit war es möglich, die Arbeit zum Mitarbeiter zu bringen. Entwicklung und Einführung neuer Werkzeuge, wie beispielsweise verbesserte Schneidewerk-

⁹⁸ vgl. Womack/Jones/Roos 1992, S. 53ff.

⁹⁹ vgl. Liker 2007, S. 48f.

¹⁰⁰ vgl. Simon 1996, S. 96

zeuge und Pressen, ermöglichte zudem die Fertigung hoher Stückzahlen. Die Verringerung der Arbeitsumfänge und die gleichzeitige Festlegung eines Mitarbeiters auf eine wiederholbare Aufgabe stellten die Basis der Arbeitsteilung dar und bewirkten, dass Ford mit angelernten Mitarbeitern arbeiten konnte. Durch den Einsatz moderner Betriebsmittel stieg wiederum die Anzahl der indirekten Produktionsmitarbeiter an, die für Instandhaltung, Logistik und Produktionsplanung verantwortlich waren¹⁰¹.

Das Ford'sche Produktionssystem wurde zwischen den zwanziger und fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts mit Ausnahme Japans, zum Vorbild für die Automobilindustrie in allen Industrienationen. Eine detaillierte Analyse des Konzeptes durch Eiji Toyoda im Jahr 1950 ergab, dass ein ganzheitliches Kopieren des Ford'schen Produktionssystems, aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen, in Japan unmöglich war. Der Unterschied zwischen der japanischen und der westlichen Autofertigung lag insbesondere in der Stückzahlhöhe. Die westlichen Hersteller produzierten nach dem konventionellen Massenproduktionssystem eine variantenarme Modellpalette in hoher Stückzahl. Die Herausforderung an die Toyota Motor Company war eine variantenreiche Serienproduktion¹⁰². Geringe Nachfrage für die Produkte, fehlende moderne Betriebsmittel sowie Mangel an Rohstoffen und qualifizierten indirekten Mitarbeitern stellen die Hauptursachen dafür dar, dass das Ford'sche Produktionssystem nicht ganzheitlich auf die japanischen Werke übertragen werden konnte.

Um den herrschenden wirtschaftlichen Umständen gerecht zu werden, entwickelten die japanischen Automobilhersteller das Ford'sche Produktionssystem weiter und konzipierten neue Methoden und Instrumente zur Gestaltung der Unternehmensprozesse.¹⁰³ Der Fokus wurde auf flexible Anlagen zur gleichzeitigen Bearbeitung unterschiedlicher Modelltypen sowie auf angepasste Materialbereitstellungsprozesse ohne große Teilelagerbestände gelegt¹⁰⁴.

¹⁰¹ vgl. Bönig 1989, S. 237ff. und Pfeiffer/Weiss 1994, S. 30ff.

¹⁰² vgl. Ohno 1993, S. 28

¹⁰³ Die Ausprägungsstärke der Ford'sche Elemente im Lean Production Konzept wird im nachfolgenden Kapitel untersucht.

¹⁰⁴ vgl. Womack/Jones/Roos 1992, S. 54

Während sich die Mitarbeiter in den USA ausschließlich auf einen begrenzten Aufgabenumfang konzentrierten, arbeiteten japanische Arbeitnehmer nach den Rotationsregeln. Diese Arbeitsweise trug zur Steigerung der Qualifikation der Mitarbeiter bei und ermöglichte eine flexible Reaktion auf kurzfristige Veränderungen der Produktionsprogramme.

Getrieben von der immer stärker werdenden Komplexität eines Automobils und folglich der Geschäftsprozesse, entwickelte das Unternehmen Ford starre Organisationsstrukturen und wurde zu einem wandlungsunfähigen Apparat. Die Verschwendung von Ressourcen jeglicher Art sowie Intransparenz des Produktionsprozesses waren die negativen Folgen. Das Verhältnis zwischen dem Management und den Mitarbeitern war in der Folge durch Misstrauen und konträre Zielorientierung geprägt. Das Streben einzelner Mitarbeiter, die Abläufe zu optimieren, scheiterte an der Komplexität des gesamten Systems, insbesondere am hohen Grad an Bürokratie.¹⁰⁵ Während sich die amerikanischen Automobilunternehmen dem Problem veralteter Modelle und geringer Fahrzeugqualität gegenüber sahen, erweiterten die japanischen Firmen ihre Fahrzeugpalette und wurden zum bedeutenden Autoimporteur und Wettbewerber in den USA.¹⁰⁶

Parallel zur Entwicklung des Toyota Produktionskonzeptes¹⁰⁷ in Japan wurden in Westeuropa, überwiegend in Schweden und Deutschland, neue Organisations- und Produktionskonzepte erarbeitet und implementiert, in denen Toyota-Ansätze erkennbar waren. Ein Beispiel hierfür stellt die Einführung der Gruppenarbeit und die Arbeitshumanisierung im Pharmakonzern Astra und beim PKW-Hersteller Volvo dar.¹⁰⁸

Aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen verlief die Entwicklung der Automobilindustrie in den USA, Japan und Westeuropa in der Nachkriegszeit, vor allem zwischen den fünfziger und achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts,

¹⁰⁵ vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 8

¹⁰⁶ siehe auch Kapitel 2.1.2

¹⁰⁷ Zur zeitlichen Entwicklung der schlanken Produktion siehe auch Holweg 2007.

¹⁰⁸ vgl. Berggren 1992 S. 92ff.; Ellegard 1995, S. 125ff. und

unterschiedlich. In der nachfolgenden Abbildung werden wesentliche Unterschiede zusammenfassend dargestellt.

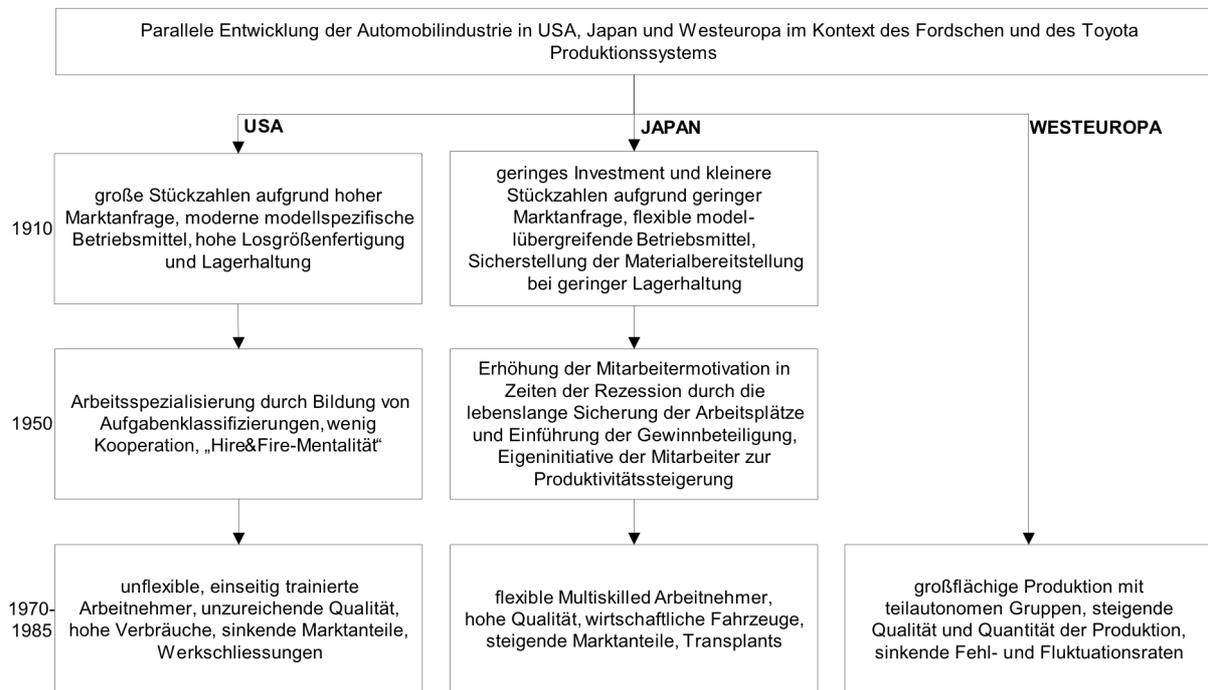


Abbildung 7: Parallele Entwicklung der Automobilindustrie
(in Anlehnung an Oeltjenbruns 2000, S. 8 und Simon 1996, S. 111f.)

2.2.3 Ford'sche Merkmale im Lean Production Konzept

Bevor im nachfolgenden Kapitel die inhaltliche Ausgestaltung des Lean Production Konzeptes vorgestellt wird, sei an dieser Stelle der theoretische Ursprung schlanker Prinzipien verifiziert.

Es ist unumstritten, dass Toyota einzelne Elemente des Ford'schen Produktionskonzeptes übernahm. Es seien das Fließband, die Arbeitsteilung sowie die integrierte Zuliefererkette für Teile und Material erwähnt. Die Ausgestaltung dieser Elemente erfolgte jedoch in beiden Unternehmen auf unterschiedlichen, oftmals konträren Wegen. Toyota entwickelte zudem neue Ansätze und trug zur industriellen Weiterentwicklung bei. Ein Beispiel stellt die unterschiedliche Vorgehensweise bei der Einführung des Fließbandes dar. Die Ford Motor

Company versuchte den Menschen an das Fließband anzupassen. Toyota wählte den umgekehrten Weg und passte das Fließband den Menschen an¹⁰⁹. Der Unterschied zwischen beiden Produktionssystemen ergibt sich aus der differenzierten Ausprägung verschiedener Merkmale. Diese werden nachfolgend in Bezug auf beide Produktionskonzepte betrachtet.

Merkmal 1: Organisation

Im Rahmen des Ford'schen Produktionssystems erfolgte eine funktionsorientierte Planung und Leitung des Unternehmens. Die planerischen und leitenden Stellen trugen zwar die Verantwortung für die gesamte Produktpalette, jedoch nur für einen bestimmten Prozessabschnitt¹¹⁰. Das Toyota Produktionssystem verfolgte eine prozessorientierte Planung und Leitung. Das Unternehmen wurde produktionsbezogen in ergebnisverantwortliche Fraktale unterteilt. Die Mitarbeiter der Fraktale übernahmen die Verantwortung für den gesamten Prozess einer spezifizierten Produktpalette.

Merkmal 2: Trennung der Arbeitsvorbereitung und –ausführung

Ford Werke entwickelten die administrativen Bereiche zu einem bürokratischen Kontrollapparat und bauten eine steile Hierarchie zwischen den administrativen und produktiven Bereichen¹¹¹. Lange Kommunikationswege stellten die negativen Folgen dar. Bei Toyota entstanden dagegen Hierarchien durch Delegation der Verantwortung. Die produktiven Mitarbeiter wurden zur Validierung der Planung aufgefordert, um nicht wertschöpfende Arbeitsvorgänge zu identifizieren und zu beseitigen¹¹².

Merkmal 3: Weitgehende Arbeitsteilung und Standardisierung

Eine Schematisierung und Mechanisierung der Arbeit ermöglichte eine Konzentration auf die einzelnen einmalig festgelegten Arbeitsschritte. Durch eine starke Reduzierung wiederholbarer Arbeitsumfänge konnte in Ford Werken die Anlernphase neuer Mitarbeiter stark verkürzt werden¹¹³. Eine Optimierung der

¹⁰⁹ vgl. Roth 1993, S. 13ff. und Simon 1996, S. 94

¹¹⁰ vgl. Frenz 1920, S. 20

¹¹¹ vgl. Frenz 1925, S. 20 und Frese 1987, S. 58

¹¹² vgl. Krafcik 1988, S. 43 und Shingo 1993, S. 45f.

¹¹³ vgl. Frenz 1925, S. 20

Prozesse aufgrund des produktiven Know-How fand nicht statt. Toyota verfolgte das Prinzip eindeutiger Beschreibung standardisierter, ständig optimierbarer Prozesse bei gleichzeitiger Verkürzung der Anlernphase. Die Rotation der Mitarbeiter innerhalb und zwischen Arbeitsstationen wurde als kontinuierliches Training zur Flexibilisierung der Produktion verstanden.

Merkmal 4: Systematische Personalselektion

Durch die Ermittlung der am besten geeigneten Arbeitskraft konnten die theoretisch errechneten optimalen Bewegungsabläufe in der Ford Motor Company sichergestellt werden. Im Rahmen des Toyota Produktionssystems wurden die Arbeitsabläufe unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte gestaltet, sodass diese von jeder Arbeitskraft durchgeführt werden konnten.

Merkmal 5: Arbeitsplatzgestaltung

Im Ford'schen Produktionssystem erfolgte eine arbeitswissenschaftliche Gestaltung des Arbeitsplatzes zur Schaffung optimaler Arbeitsbedingungen hinsichtlich der Temperatur, des Lichtes, der Farbe und des Layouts. Bei Toyota dagegen wird der Arbeitsplatz autonom bei gleichzeitiger Einbindung des Arbeitsteams ausgestaltet¹¹⁴.

Obwohl das Toyota Produktionssystem seinen Ursprung im Ford'schen Produktionssystem hat, kritisierte die Toyota Motor Company folgende Restriktionen dieses Ansatzes:

- Trennung von Kopf- und Handarbeit,
- Enteignung der Mitarbeiter von deren Kenntnissen und Fähigkeiten durch die Fokussierung ausschließlich auf eine begrenzte Tätigkeit,
- festgeschriebene betriebliche Abläufe,
- reine Leistungsorientierung,
- Degradierung des Mitarbeiters als austauschbaren Faktor.¹¹⁵

„Wir sind die Gewinner und der industrielle Westen wird weiter verlieren [...]. Ihre Unternehmen sind nach dem Taylorschen Modell ausgerichtet. [...] Für Sie besteht das Wesentliche des Managements darin, die Idee von den Köp-

¹¹⁴ vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 249f.

¹¹⁵ vgl. Simon 1996, S. 97f.

fen der Bosse in die Hände der Arbeiter zu bringen. Wir stehen jenseits des Modells von Taylor: Unternehmertum – das wissen wir – ist heute so komplex und schwierig [...], dass der fortwährende Bestand von der tagtäglichen Mobilisierung jedes Gramms Intelligenz abhängt. Für uns besteht der Kern des Managements insbesondere in der Kunst, die intellektuellen Ressourcen aller Mitarbeiter für den Dienst am Unternehmen zu mobilisieren und zu bündeln. [...] Nur wenn wir die kombinierte Kraft aller Hirne aller Mitarbeiter nutzen, können wir die Turbulenz und die Bedrohung der heutigen Umwelt in den Griff bekommen.“¹¹⁶

Trotz der Kritik des Ford'schen Produktionssystems ist festzuhalten, dass die organisatorischen Grundlagen der modernen Produktion zum ersten Mal in der Ford Motor Company implementiert wurden. Die Gestaltung des Ford'schen Systems und seine spätere Modifizierung und Erweiterung durch die Toyota Motor Company sind wesentliche Grundsteine der industriellen Weiterentwicklung.

2.2.4 Konzeptioneller Rahmen der Lean Production

Aufgrund einer hohen Leistungsfähigkeit zur Gestaltung effizienter Prozesse hat sich das Lean Production Konzept besonders in der Automobilindustrie schnell verbreitet. Bei der Umstellung eines Unternehmens auf schlanke Prinzipien werden vorhandene Organisationsstrukturen und Managementprozesse auf den Prüfstand gestellt. Im Zuge dieser Umstellung wird versucht, die in den unterschiedlichen Verhaltensweisen begründeten Widerstände zu erkennen und zu eliminieren. Eine vollständige Implementierung bezieht sich sowohl auf die Fertigungsebene als auch auf die Managementebene. Im folgenden Unterkapitel wird auf die relevanten Aspekte des Lean Production Konzeptes näher eingegangen. Lean Production wird als ein ganzheitliches Konzept zur optimalen Gestaltung des Gesamtsystems „Unternehmen“ verstanden. Auf der prozessualen Seite sei damit die gesamte unternehmens- oder auch branchenübergreifende Wertschöpfungskette gemeint. Auf der organisatorischen Seite umfasst das Konzept alle Organisationsebenen.

¹¹⁶ vgl. Reinhard 1993, S. 164

Das Ziel ist, jede Verbesserungsmöglichkeit wahrzunehmen und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess voranzutreiben, der in seiner kumulierenden Wirkung zur Realisierung von Wettbewerbszielen beiträgt.¹¹⁷

Die Grundstruktur des Lean Production Konzeptes wird in wissenschaftlichen Ausarbeitungen unterschiedlich dargestellt. Das klassische Bild umfasst die Schlüsselemente, wie Just-in-Time und Autonomation¹¹⁸, Flexibilisierung und Standardisierung der Produktion, Sicherung der Qualität unter Einbeziehung der Mitarbeiter sowie Vermeidung der Verschwendung mit dem Ziel kontinuierlicher Verbesserung.¹¹⁹ Diese werden in der nachfolgenden Abbildung präsentiert.

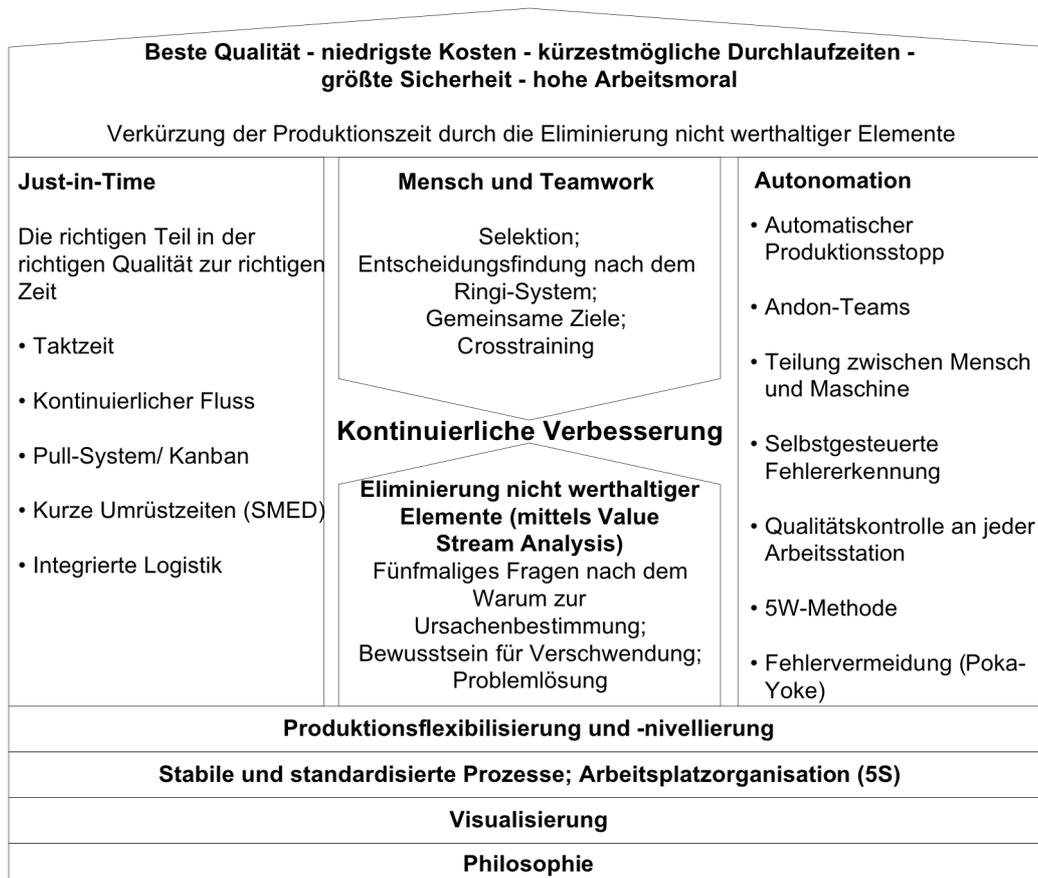


Abbildung 8: Klassische Darstellung von Schlüsselementen der Lean Production (in Anlehnung an Jürgens 1994, S. 375f. und Liker 2007, S. 65)

¹¹⁷ vgl. Jürgens 1994, S. 372f.

¹¹⁸ in vielen Ausarbeitungen auch „Jidoka“ genannt (vgl. Ohno 1993, S. 139ff.; Monden 1994, S. 224 und Liker 2007, S. 64)

¹¹⁹ vgl. Ohno 1993, S. 21f. und Liker 2007, S. 65

Der Werkzeugkasten „Lean Production“ wird in der Literatur vielfach und ausführlich beschrieben.¹²⁰ Die einzelnen Schlüsselemente schlanker Produktion werden in wissenschaftlichen Ausarbeitungen praxisnah und kontextbezogen zu Konzepten mit differenzierten Schwerpunkten zusammengestellt. Das Augenmerk wird beispielsweise auf die Einführung von Just-in-Time oder auf die Durchführung der 5S-Aktion¹²¹ gelegt. Eine Fokussierung auf ausgewählte Elemente widerspricht der Ganzheitlichkeit des Konzeptes. Dies kann sich negativ auf eine wirksame und nachhaltige Implementierung auswirken.

In der vorliegenden Arbeit werden die Inhalte der schlanken Produktion in Bezug auf die drei relevanten Elemente eines zu gestaltenden Produktionssystems strukturiert:

- auf das technische System,
- auf die Managementinfrastruktur,
- auf die Denk- und Verhaltensweise der Mitarbeiter¹²².

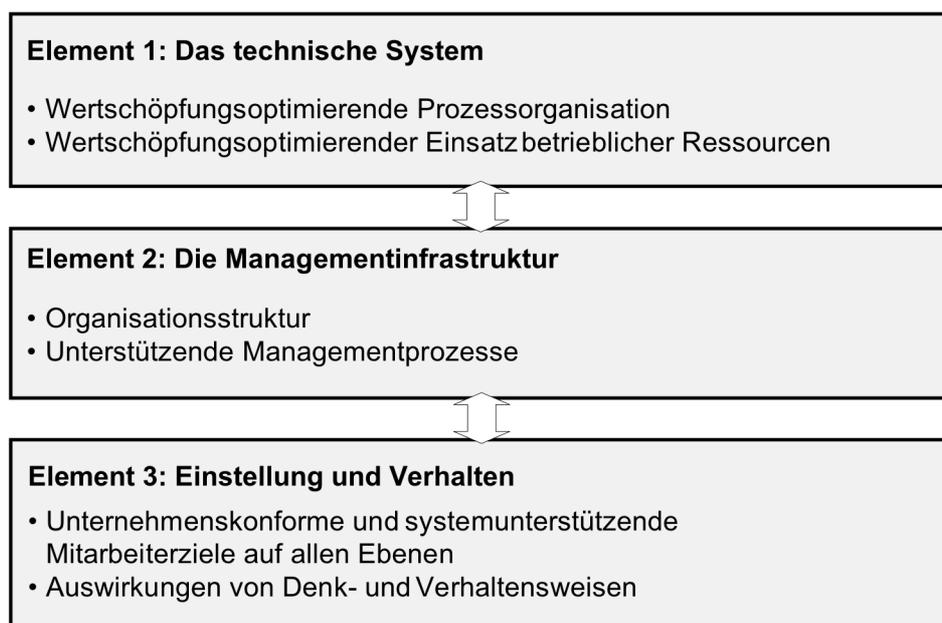


Abbildung 9: Gestaltungselemente schlanker Produktionssysteme (eigene Darstellung in Anlehnung an Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 38)

¹²⁰ vgl. Bösenberg/Metzen 1992; Hunold 1993; Müller/Rupper 1993; Geißler/Behrmann/Petersen 1995; Jeziorek 1995; Kobayashi 1995; Liker 1997; Cooper/Slagmulder 1999

¹²¹ 5S-Aktion: Sortiere aus, Stelle hin, Säubere, Standardisiere, Selbstdisziplin

¹²² vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 47, 49ff., 75ff., 97ff.

Das erste Element ist das technische System. Bei der Gestaltung eines technischen Unternehmenssystems sind seine Funktionen und Ziele festzulegen. Es bestimmt die Art und Weise, wie die betrieblichen Ressourcen, beispielsweise Maschinen, Ausrüstung und Mitarbeiter¹²³, organisiert werden, um eine Wertschöpfung zu erzeugen und an den Kunden weiterzugeben. Es handelt sich um ein wertschöpfungsoptimierendes System, das den Fertigungsfluss verbessert und die Schwachstellen minimiert. In der industriellen Fertigung umfasst das technische System die Definition von Verfahren zur Erzeugung der Wertschöpfung, Produktionssteuerungsverfahren, Prozessdesign, Material-, Informations- und Personenflüsse, Maschinenbelegung, Lagerauslastung, Personalstärke und eingesetzte IT-Landschaft.

Das zweite Gestaltungselement eines Produktionssystems, die Managementinfrastruktur, umfasst die Organisationsstruktur, die übergeordneten Managementprozesse, Methoden wirksamer Kompetenzentwicklung sowie Implementierung geeigneter Anreizsysteme auf allen Unternehmensebenen. Die gesamte Managementinfrastruktur muss das technische System ergänzen und unterstützen. Es wird das Ziel verfolgt, ein hohes Leistungsniveau zu erreichen und eine Unternehmenskultur der ständigen Verschwendungsvermeidung und kontinuierlichen Verbesserung zu entwickeln und dauerhaft zu etablieren.

Das dritte Element beschreibt die Einstellung und das Verhalten der Unternehmensbelegschaft. Das Umsetzungsziel dieses Elements ist es, den Beschäftigten auf allen Unternehmensebenen die Gründe und Ziele eines Wandels so zu vermitteln, dass sich die Mitarbeiter innerlich verpflichten, diese Ziele zu erreichen.

Die parallele Bearbeitung dieser Aspekte schafft eine stabile und tragfähige Plattform zur nachhaltigen Durchführung des Systemwandels.¹²⁴

Obwohl bereits viele Ausarbeitungen zum schlanken Werkzeugkasten vorliegen, existieren aus der Sicht der Autorin der vorliegenden Arbeit nur wenige qualitativ hochwertige und ausreichend abstrahierte Werke.¹²⁵ Deshalb wer-

¹²³ vgl. Corsten 2007, s. 334ff.

¹²⁴ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 39ff.

¹²⁵ In existierenden Literaturquellen erfolgt in der Regel eine Fokussierung auf ein Gebiet/eine Methode der Lean Production. Eine ganzheitliche Betrachtung wird nur selten vorgenommen. Als Beispiel sei auf Liker 2007 und Pfeiffer/Weiß 1994 verwiesen.

den im Weiteren wesentliche Konzeptansätze beschrieben. Ziel ist, hierdurch eine eindeutige Verständnisbasis der Lean Production zu schaffen. Die vorgestellten Ansätze stellen die Grundlage späterer Modellentwicklung zur Übertragung der schlanken Produktion auf die Unikatfertigung. Die relevanten Zusammenhänge zwischen den drei Aspekten eines Produktionssystems und den dazu gehörigen Gestaltungsansätzen werden in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

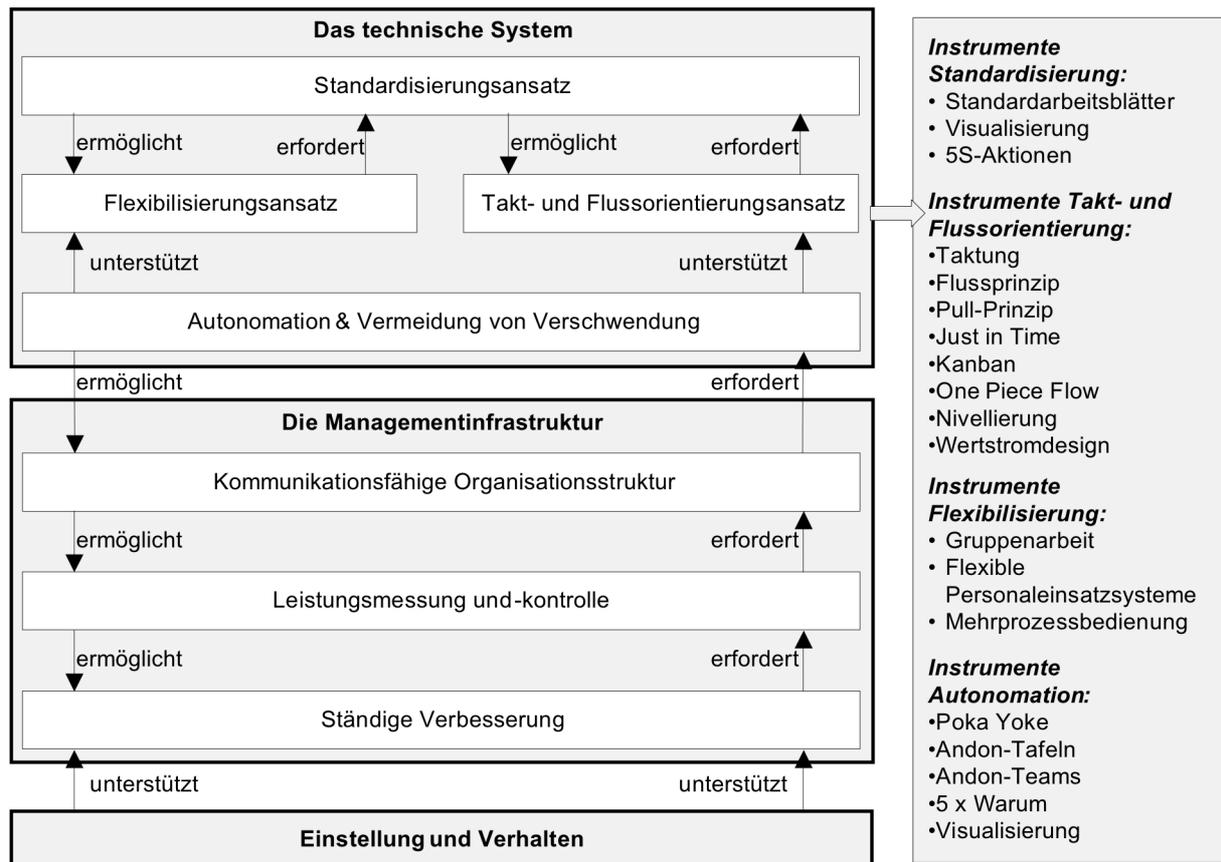


Abbildung 10: Ansätze und Instrumente der Lean Production

2.2.4.1 Takt- und Flussorientierung

Die Basis der Takt- und Flussorientierung ist zum einen eine weitestgehende Standardisierung auf der Prozess- und Produktebene. Zum anderen wird die Konzentration auf die Kundenwünsche vorausgesetzt. Ein gutes Kunden-Lieferanten-Verhältnis zwischen externen und internen sowie zwischen den internen Systemakteuren gilt es zu pflegen. Die Anforderungen und Erwartungen zwischen internen Systemeinheiten sind dieselben wie bei externen Ein-

heiten. Daraus ergeben sich sowohl Rechte als auch Pflichten – siehe nachfolgende Abbildung.

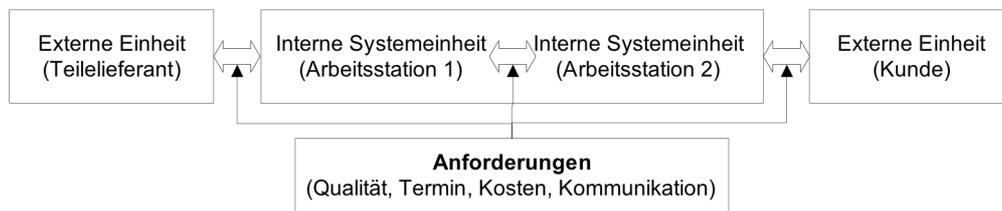


Abbildung 11: Externe und interne Kunden-Lieferanten-Beziehungen

Die Realisierung einer schlanken Produktion wird durch die Implementierung folgender Instrumente unterstützt:

- Erzeugung eines kontinuierlichen Fertigungsflusses¹²⁶ innerhalb der Prozesse, mit dem Ziel der Durchlaufzeitreduzierung,
- Synchronisierung und Anpassung der Produktionsgeschwindigkeit an den Kundenbedarf mittels Taktzeiten, mit dem Ziel nur das zu produzieren, was der Kunde anfordert,
- kundenorientierte Prozesssteuerung mittels des Pull-Prinzips, mit dem Ziel einer bedarfsgerechten Leistungserstellung und Belieferung,
- Produktionsnivellierung mit dem Ziel, die Auswirkungen schwankender Kundennachfrage zu minimieren.¹²⁷

Neben den zu realisierenden genannten Prinzipien, fußt der Ansatz der Flussorientierung auf dem Prinzip ständiger Vermeidung von Verschwendung jeglicher Art.¹²⁸

Im Weiteren werden die relevanten Instrumente der Takt- und Flussorientierung näher betrachtet.

Kontinuierlicher Fluss:

Das Ziel der flussorientierten Fertigung ist unter anderem die Durchlaufzeitreduzierung. Dies erfolgt durch eine konsequente Eliminierung aller nicht wertschöpfenden Arbeitsschritte, wobei die Maschinen und Prozesse einem Pro-

¹²⁶ vgl. Lander/Liker 2007, S. 3684f.

¹²⁷ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 52

¹²⁸ siehe Kapitel 2.2.4.4

dukt oder einer Produktfamilie direkt zugeordnet werden. Der Wertfluss ist zu gewährleisten. Das heißt, der Wert des Produktes erhöht sich bei jedem Arbeitsgang.¹²⁹ Die einzelnen Bearbeitungsschritte werden entlang der Wertschöpfungskette progressiv erreicht, sodass ein Produkt, von der Konstruktion bis zur Markteinführung, vom Auftrag bis zur Fertigstellung, von der Bereitstellung des Rohstoffmaterials bis hin zur Übergabe eines fertigen Produktes an Kunden, ohne jegliche Verschwendung mit möglichst kurzen Durchlaufzeiten in der best möglichen Qualität hergestellt werden kann.¹³⁰ Ein klassisches Instrument zur wertstromorientierten Gestaltung des Fertigungsflusses ist das Wertstromdesign. Durch eine Aufnahme vorhandener Wertströme können Optimierungspotenziale identifiziert und Schwachstellen innerhalb des Flusses behoben werden.¹³¹

Synchronisierte und taktzeitorientierte Produktionsgeschwindigkeit:

Im Toyota-Produktionssystem wird als Taktzeit der Zeitbedarf zur Abarbeitung eines Bearbeitungsabschnittes definiert¹³² und kann beispielsweise die Dauer der durchzuführenden Arbeiten an einem Auto innerhalb eines Bandabschnittes auf dem Fließband beschreiben.

Die Einführung von Taktzeiten dient dazu, die kontinuierliche Fließfertigung zu unterstützen und zu optimieren. Durch die Anpassung der Produktionsgeschwindigkeit an den Kundenbedarf wird die Verschwendung in Form von Überproduktion¹³³ ausgeschlossen. Weiterhin wird mithilfe der Taktzeit der Arbeitsinhalt innerhalb des Fertigungsflusses harmonisiert und gleichmäßig auf die Anzahl der Arbeitsstationen verteilt. Diesen Sachverhalt veranschaulicht nachfolgende Abbildung.

¹²⁹ vgl. Ohno 1993, S. 37f. und 129

¹³⁰ vgl. Womack/Jones/Roos 1991, S. 71ff.

¹³¹ vgl. Wiegand/Franck 2008, S. 66f.; siehe auch Kap. 2.3.1.5

¹³² vgl. Monden 1994, S. 303f. und Drew/McCallum/Roggenhofer 2004, S. 30

¹³³ siehe Kapitel 2.2.4.4

$$\text{Taktzeit} = \frac{\text{Tagesproduktion (min)}}{\text{Tagesproduktionsvolumen (Fahrzeuge)}} = \frac{900 \text{ min}}{300 \text{ Eh}} = \mathbf{3 \text{ min}}$$

$$\text{Anzahl Arbeitsstationen} = \frac{\text{Gesamtmontagezeit/ Fahrzeug (min)}}{\text{Taktzeit (min/ Arbeitsstationen)}} = \frac{300 \text{ min}}{3 \text{ min}} = \mathbf{100 \text{ Arbeitsstationen}}$$

Abbildung 12: Ermittlung der Taktzeit und Anzahl notwendiger Arbeitsstationen

Steuerungsmechanismen nach dem Push- und Pull-Prinzip:

Das konventionelle System der Produktionsplanung und –steuerung in der Serienfertigung beruht auf dem Push-Prinzip. Von einer zentralen Planungseinheit wird anhand einer langfristigen Marktprognose ein detailliertes Produktionsprogramm erstellt, sodass eine bedarfsgerechte Einsteuerung der benötigten Einzelteile in der vorausgeplanten Sequenz erfolgen kann. Die Reaktionsgeschwindigkeit auf die Prozessstörgrößen kann durch einen hohen Lagerbestand gesichert werden. Unternehmen müssen in diesem Fall Vorräte für viele Produktkombinationen vorhalten. Dies kann zu einem Ungleichgewicht an Vorräten zwischen den einzelnen Prozessen führen. In der Folge steigt der Bestand an Halbfabrikaten, was zu einer erhöhten Kapitalbindung im Umlaufvermögen sowie erhöhten Lagerverwaltungsaufwänden und steigenden Durchlaufzeiten führt. Im Sinne einer schlanken Produktion werden diese als Verschwendung¹³⁴ verstanden und sind durch die Anwendung des Pull-Prinzips auszuschließen.¹³⁵

Durch die Anwendung des Pull-Prinzips kann der Material- und Informationsfluss komplexer Produktionssysteme gesteuert und vereinfacht werden. Die nachgelagerte Arbeitsstation bezieht Materialien und Informationen bedarfsgerecht von der vorgelagerten Arbeitsstation. Der Auslöser eines Pull-Systems ist die Kundenbestellung. Der Bedarfstermin und die bestellte Menge werden in der Folge nur der letzten Station bekannt gegeben. Entsprechend der Bedarfsmenge werden die Teile der vorgelagerten Arbeitsstation entnommen. Im vorhergehenden Fertigungsprozess werden die fehlenden Teile (nach)produziert und erneut bereitgestellt. Durch dieses einfache Steuerungs-

¹³⁴ Siehe Kap. 2.2.4.4

¹³⁵ vgl. Monden 1994, S. 114

prinzip werden alle Teile bedarfsgerecht in der benötigten Menge und zum benötigten Zeitpunkt „Just-in-Time“ bereitgestellt.¹³⁶

Die Steuerung der Material- und Informationsflüsse nach dem Pull-Prinzip ist über alle Prozessschritte bis hin zum Rohstofflager und externen Lieferanten, d.h. über die gesamte Wertschöpfungskette, zu realisieren. Die Verschwendung in Form von Überproduktion kann dadurch verhindert und eine gleichmäßige Verteilung von Gütern und Informationsflüssen sichergestellt werden. Ein erhöhter Lager- und Umlaufbestand ist in der Folge ausgeschlossen.¹³⁷

Die Produktionssteuerung nach dem Pull-Prinzip bedarf mehrerer Unterstützungsinstrumente und ist durch folgende zwei Ansätze realisierbar:

- One-Piece-Flow-Ansatz¹³⁸,
- Kanban-Steuerung¹³⁹.

Im Rahmen des One-Piece-Flow-Ansatzes werden einzelne Arbeitsschritte eines Produktionsprozesses so verkettet, dass die Herstellung in einem kontinuierlichen Fluss erfolgt, wobei jedes bearbeitete Fertigungsteil sofort an die nächste Station weitergegeben wird. Es handelt sich um eine Fertigung in Losgröße 1. Die Einzelteile werden ohne Verschwendung, wie Zwischenlagerung und Doppelhandling, bearbeitet. Dies stellt einen wesentlichen Unterschied zu der klassischen Losgrößenfertigung dar.

Neben den genannten Vorteilen, wie Durchlaufzeitreduzierung, Umlauf- und Lagerbestandsminimierung sowie Doppelhandlungeliminierung, weist die Fertigung der Losgröße 1 jedoch einen Nachteil auf. Bei einer großen Variantenzahl kann es zu einer starken Rüstzeitenerhöhung kommen. Diese werden als Verschwendung in Form von Prozesswartezeiten angesehen. Um diesen Mangel des Konzeptes zu beheben, entwickelte Toyota eine Methode zur Optimierung von Werkzeugwechselzeiten. Es handelt sich um den Single Minute

¹³⁶ vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 40

¹³⁷ vgl. Monden 1994, S. 5 und Liker 2007, S. 72

¹³⁸ Eng.: Ein-Stück-Fluss. „Beim One-Piece-Flow-Ansatz erfolgt die Bearbeitung auf hintereinander angeordneten Arbeitstationen ohne Zwischenlager und jedes Teil läuft jede Arbeitsstation ohne Unterbrechung bis zum fertigen Endprodukt durch.“ (Brunner 2008, S. 109)

¹³⁹ vgl. Louis 2006, S. 135

Exchange of Dies-Ansatz¹⁴⁰ zur Reduzierung aller nichtwertschöpfenden Wartezeiten. Durch die Parallelisierung der Haupt- und Nebentätigkeiten, die zum Wechsel von Werkzeugen notwendig sind, können die Zeiten für Werkzeugwechselforgänge auf ein Minimum gesenkt werden. Ein erhöhter Robotereinsatz ermöglicht zusätzlich eine stärkere Automatisierung verschiedener Arbeitsvorgänge, wie etwa Entnahme, Transport und Einlage von Teilprodukten. Die Eliminierung der Prozesswartezeiten bei den Produktionsanlagen anhand des SMED-Ansatzes wird heutzutage als eine Standardlösung verstanden und in der Großserienfertigung diverser Branchen verwendet. Neben der SMED-Methode sei der Ansatz „Total Productive Maintenance“¹⁴¹ zur systematischen Maximierung der Anlagenzuverlässigkeit erwähnt.

Die logistische Steuerung der verketteten Arbeitsschritte übernimmt ein Informationszettel „Kanban“. Er beinhaltet relevante Materialbedarfsinformationen, die beispielsweise in Form von Buchstaben, Barcodes oder RFID-Tags¹⁴² abgebildet werden können.¹⁴³ Durch die Anwendung dieses Kommunikations- und Steuerungsinstruments erfolgt eine Umkehr der Produktionskette von der Push- auf eine Pull-Produktion. Folgende Vorteile können dadurch erzielt werden:

- Eine Bedarfsmeldung durch den Kanban stellt sicher, dass die Teile, ohne Meldung, weder produziert noch bestellt werden können. Eine Überproduktion oder Überbestände im Lager/Umlauf sind ausgeschlossen.
- Durch die sich im Umlauf befindenden Kanban kann die ungleichmäßige Geschwindigkeit der Fertigung identifiziert und ausgeglichen werden.
- Teamarbeit und eine verbesserte Kommunikation zwischen den Prozessakteuren werden positiv beeinflusst.

¹⁴⁰ SMED

¹⁴¹ Die beiden genannten Ansätze werden in der vorliegenden Arbeit aufgrund der Abgrenzung des Untersuchungsfeldes nicht näher betrachtet. Für nähere Informationen zum Total Productive Maintenance sei zum Beispiel auf Wildemann 2008, Al-Radhi/Heuer 1995; Maggard 1995 und Hartmann 1997 verwiesen.

¹⁴² Zum Thema RFID sei beispielsweise auf Seemann 2009; Abramovici/Flohr/Krebs 2009; Hossain/Witte 2009 und Straube/Bensel/Fürstenberg 2009 verwiesen.

¹⁴³ Zur näheren Erläuterung des Kanbans sei beispielsweise auf Luczak/Eversheim/Schotten 1998, S. 152 und Louis 2006 verwiesen.

- Die Übernahme der Verantwortung für die Produktionsschritte durch die produktiven Mitarbeiter wird gefördert, da zur Sicherung einer bedarfsgerechten Bereitstellung von Materialien eine Fertigung von fehlerfreien Teilprodukten vorausgesetzt wird.

Die Anzahl der im Umlauf befindlichen Kanbans und somit der vorhandene Umlaufbestand hängen von der Häufigkeit und der Anzahl der Materialanforderungen ab. Die Materialanforderung wird von den Produktionsmitarbeitern ausgelöst. Da das Ziel der schlanken Produktion die Minimierung des vorhandenen Umlaufbestands ist, dürfen vorzeitige Materialanforderungen oder Bestellungen auf Vorrat nicht realisiert werden. Werden den Mitarbeitern zu viele Informationszettel zur Verfügung gestellt, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass kleine Materialpuffer an der Fertigungslinie aufgebaut werden. Folglich können die vorhandenen Optimierungspotenziale nur sehr schwer identifiziert werden. Um dieser Gefahr entgegen zu wirken, ist langfristig die Reduzierung der den Mitarbeitern zur Verfügung stehenden Kanbans anzustreben. Das Ziel ist, nur die Materialien anzufordern, die zur weiteren Produktion tatsächlich benötigt werden.

Das Kanban-System wird in Unternehmen mit Großserienfertigung häufig durch das „On call delivery-System“¹⁴⁴ unterstützt. Dieser Ansatz vereinfacht die Koordinierung der Fahren von Staplerfahrern. Anhand eines elektronischen Reihenfolgesystems wird am Bildschirm das als nächstes benötigte Material avisiert, sodass eine Belieferung mehrerer Arbeitsstationen nach dem First-In-First-Out-Prinzip¹⁴⁵ erfolgen kann. Ein Unter- oder Überangebot von Staplerfahrten kann dadurch harmonisiert werden.

Das Pull-Prinzip wird nicht nur innerhalb des Fertigungsprozesses angewandt. In Industrieunternehmen mit Großserienfertigung kann das Pull-System auf die Materialversorgung der Materialbereitstellungszonen und in der Folge auf die gesamte innerbetriebliche und externe Logistik übertragen werden. Um eine Just-in-Time-Anlieferung der benötigten Materialien zu gewährleisten, bedarf es einer störungsfreien Zusammenarbeit zwischen den internen Arbeitsstatio-

¹⁴⁴ Engl. Teileabrufsystem (vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 43)

¹⁴⁵ Zu FIFO vgl. Martin 2006, 328

nen in der Produktion, der innerbetrieblichen Logistik sowie den Zulieferern. Weiterhin spielt in diesem Zusammenhang ein internes und externes Kunden-Lieferanten-Verhältnis eine bedeutende Rolle. Durch die herrschenden Rechte und Pflichten, insbesondere hinsichtlich der Qualität, kann die Verschwendung in Form von Ausschuss und Nacharbeit eliminiert werden.¹⁴⁶

Eine Übersicht der Zusammenhänge der takt- und flussorientierten Produktion gibt die nachfolgende Abbildung.

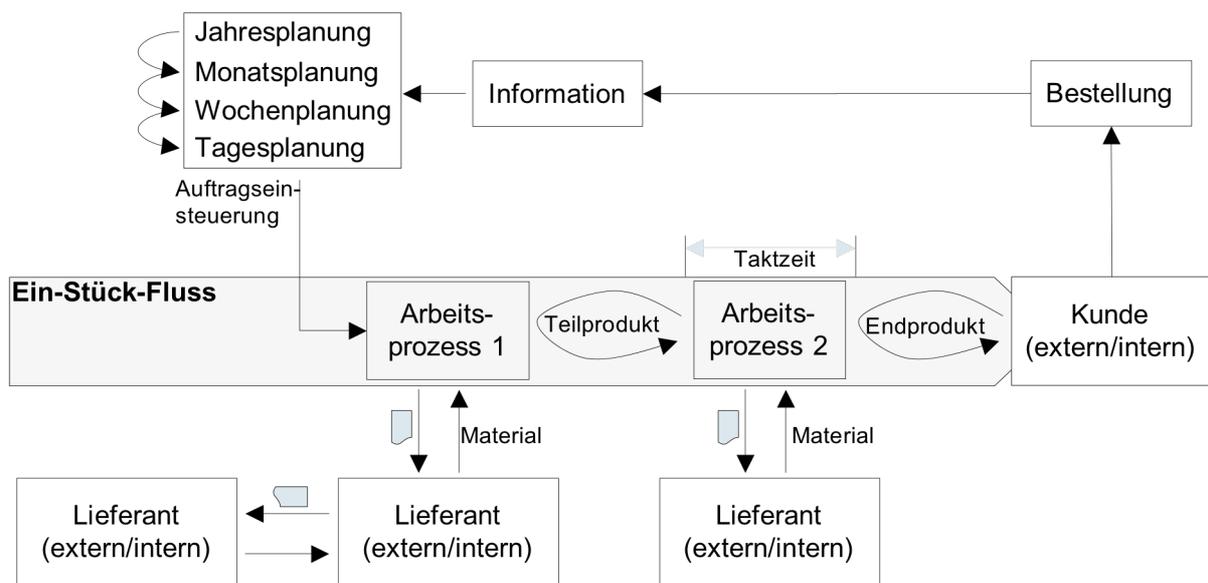


Abbildung 13: Zusammenhänge der Takt- mit der Flussorientierung

Produktionsnivellierung:

Die Einführung des im Sinne der schlanken Produktion angestrebten Steuerungsmechanismus nach dem Pull-Prinzip hängt maßgeblich von der Möglichkeit der Kundenentkopplung und der Nivellierungsstufe ab. Durch die Entkopplung der Fertigungsaufträge von den Kundenabrufen, kann eine künstliche Nivellierung der Produktion erfolgen. Das Ziel ist, die Produktionskapazität nicht täglich anpassen zu müssen. Der gesamte Bedarf eines bestimmten Zeitraums wird so aufgeteilt, dass täglich der gleiche Mix und die gleiche Menge produziert werden.

¹⁴⁶ Siehe Kap. 2.2.4.4

Je nach Möglichkeit der Kundenentkopplung können unterschiedliche Nivellierungsstufen erreicht werden. In der wissenschaftlichen Literatur werden vier Nivellierungsstufen unterschieden¹⁴⁷:

- Push-Nivellierung: Die Einsteuerung des Produktionsmixes erfolgt im ersten Bearbeitungsschritt. Der Bearbeitungsprozess wird durch die Produktionsplanung und –steuerung geregelt. Der Kundenauftrag entspricht dem Fertigungsauftrag.
- Push/Pull-Nivellierung: Die Einsteuerung des Produktionsmixes erfolgt in der Endproduktionsstufe. Die Vorprozesse werden über eine Verbrauchslogik gesteuert. Der Bearbeitungsprozess wird durch die Produktionsplanung und –steuerung geregelt.
- Pull-Nivellierung der Produktion: Die Einsteuerung des Produktionsmixes erfolgt in der Endproduktionsstufe. Der Kunde wird durch die Einführung eines produktionsseitigen Fertigwarenlagers /Supermarkt/ entkoppelt. Der Bearbeitungsprozess wird durch die Kundenentnahme aus dem produktionsseitigen Supermarkt geregelt.
- Pull-Nivellierung der Entnahme: Wird als Erweiterung der Pull-Nivellierung der Produktion verstanden. Ein kundenseitiger Supermarkt wird zusätzlich eingeführt. Das Ziel ist die Nivellierung der Entnahme im Versand. Der Kunde wird durch einen zusätzlichen Kundensupermarkt von der Produktion entkoppelt. Der Bearbeitungsprozess wird durch die Kundenentnahme aus dem kundenseitigen Supermarkt geregelt.

In „lean-kompatiblen“ Unternehmen kommen in der Regel die zweite und dritte Nivellierungsstufe zur Anwendung. Die Push-Nivellierung findet ihren Einsatz in Unternehmen mit Einzelfertigung.

Durch die Produktionsnivellierung kann ein wiederholendes, harmonisiertes und konstantes Produktionsprogramm gebildet werden. Die Erreichung eines konstanten Produktionsprogramms setzt eine endliche Variantenanzahl voraus. Die Produktionsglättung bewirkt, dass das gleiche Produkt zeitlich nicht einmalig in einer höheren Losgröße, sondern häufiger, meist in einer Losgröße 1, hergestellt wird.¹⁴⁸ Die Verschwendung in Form einer erhöhten

¹⁴⁷ vgl. Wuthnow/Deuse 2009, S. 230ff.

¹⁴⁸ vgl. Hüttmeir/de Treville/van Ackere/Monnier/Prenninger 2009, S. 502f.

Lagerhaltung kann auf ein Minimum reduziert werden. Der beschriebene Sachverhalt wird in der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht.

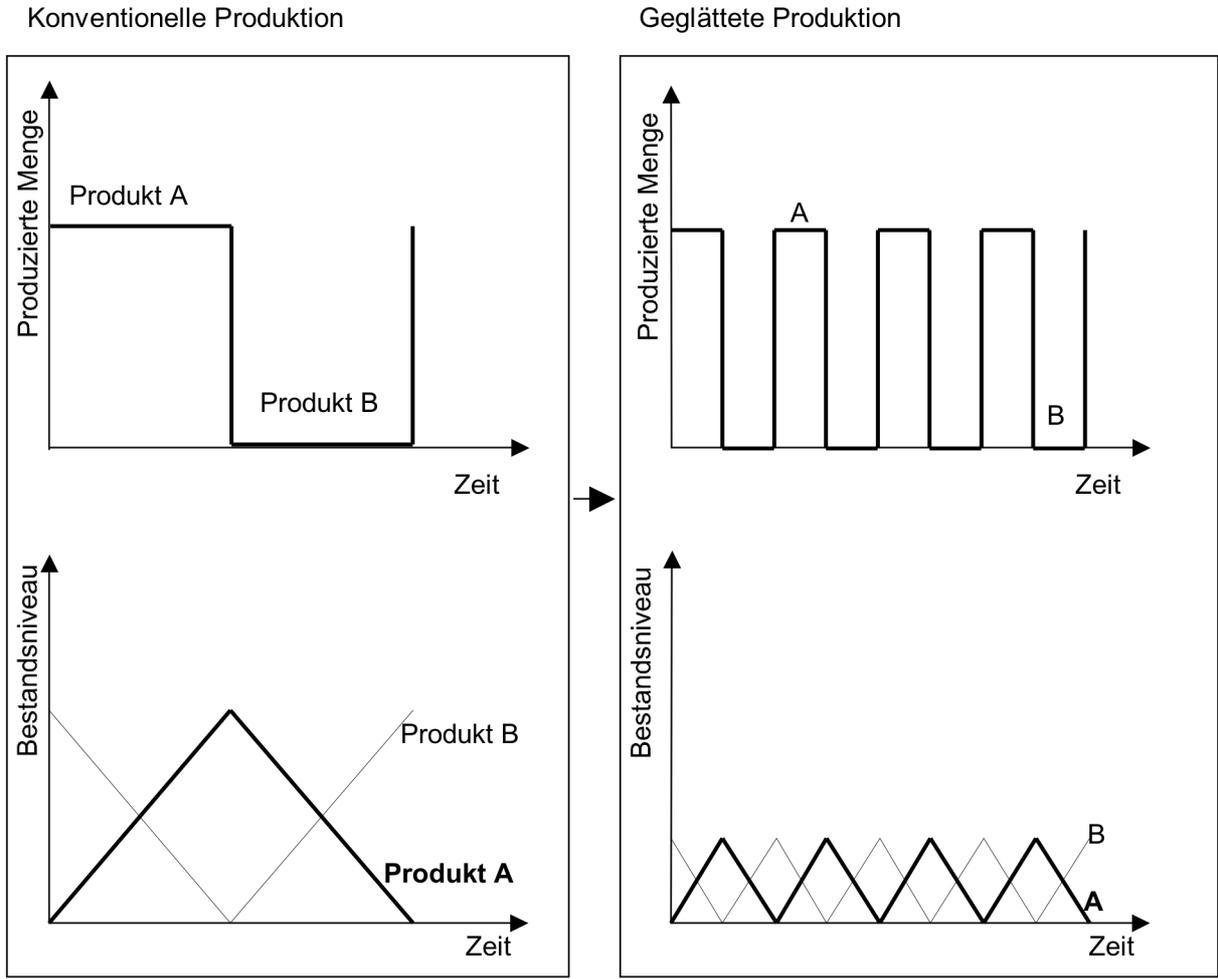


Abbildung 14: Einfluss der Produktionsnivellierung auf den Lagerbestand (vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 54)

2.2.4.2 Flexibilisierung und Standardisierung der Produktion

Unter der Flexibilität¹⁴⁹ der Produktion wird die Fähigkeit verstanden, sich an geänderte Rahmenbedingungen anzupassen. Die Voraussetzung dafür ist ein Entscheidungsspielraum mit genügend Handlungsmöglichkeiten.

Das Konzept der schlanken Produktion erfordert eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Organisation¹⁵⁰ und der Prozessgestaltung.¹⁵¹ Die Prozessflexibilität wird durch die Handlungsschnelligkeit und die Entscheidungsgüte bei unerwarteten Veränderungen determiniert und durch eine Organisation mit einer hohen Organisationsflexibilität unterstützt.¹⁵² Der Fokus des vorliegenden Unterkapitels wird auf die Prozessflexibilität gelegt.

Im Kontext des Lean Production Konzeptes kann die Flexibilisierung der Produktion durch einen, an den veränderten Marktbedarf anpassungsfähigen Einsatz sowohl der Produktionsmitarbeiter als auch der Produktionsanlagen realisiert werden. Zwei Ansätze spielen eine bedeutende Rolle:

- Gruppenarbeit,¹⁵³
- Flexible Personaleinsatzsysteme.

Durch die Einführung der Gruppenarbeit sowie flexibler Personaleinsatzsysteme werden die in der Regel auftretenden Nachfrageschwankungen ausgeglichen und die Flexibilisierung unterstützt.

¹⁴⁹ „Mit der Flexibilität eines Produktionssystems wird die Anpassungs-, Umstellungsfähigkeit oder Beweglichkeit an wechselnde Aufgaben erfasst. Sie ist folglich ein Ausdruck dafür ob, in welchem Umfang und wie schnell die Leistung eines Produktionssystems an andersartige Produktionsaufgaben angepasst werden kann.“ (Corsten 2007, S. 14) „Je nach Art der Situationsveränderung können unterschiedliche Arten der Flexibilität unterschieden werden. Die Anpassungsfähigkeit an veränderte Produktionsmengen oder Mengenstrukturen ist Ausdruck der *quantitativen Flexibilität*. Die *qualitative Flexibilität* ist die Eigenschaft des Produktionssystems, sich an neue Fertigungsaufgaben, ausgelöst durch neue Produkte, neue Werkstoffe oder Ausfall von Maschinen, deren Aufgaben zu übernehmen sind, anzupassen. Die *zeitliche Flexibilität* eines Produktionssystems lässt sich durch den Zeitraum kennzeichnen, den das System benötigt, um nach einem Wechsel der Fertigungsaufgabe wieder voll betriebsbereit zu sein“ (Wildemann 1987, S.5). Für weitere Definitionen siehe Gupta/Goyal 1989, S. 119ff.; Schneeweiß/Kühn 1990, S. 378ff.; Kaluza 1993, Sp. 1173ff.; de Toni/Tonchia (1998), S. 1587ff.

¹⁵⁰ Für die Definition der Organisationsflexibilität siehe Kapitel 2.2.4.5

¹⁵¹ vgl. Meffert 1985, S. 129f.; Reese 1991, S. 376ff. und Kaluza 1993, Sp.1175f.

¹⁵² vgl. Meffert 1985, S. 130ff.

¹⁵³ Zum Thema „Gruppenarbeit“ siehe auch Olivella/Cuatrecasas/Gavilan 2008

Im Rahmen der Gruppenarbeit soll mehr Verantwortung in die produktiven Bereiche delegiert werden. Das Ziel ist, einen größeren Entscheidungs- und Handlungsspielraum zu schaffen.¹⁵⁴ In diesem Zusammenhang werden die Begriffe „Job Enrichment“, als Bereicherung der Arbeit durch die Verantwortungsdelegation, sowie „Job Enlargement“, als Erhöhung der Identifikation mit der Arbeit durch größere Arbeitsumfänge, zur Anwendung gebracht.¹⁵⁵ Durch die Bildung der Arbeitsgruppen und die Rotation der Mitarbeiter innerhalb und zwischen diesen Gruppen wird ein umfassendes Verständnis der Arbeitsinhalte aller Aufgaben und somit eine hoch qualifizierte Mannschaft ausgebildet. Dies stellt eine Grundlage für einen flexiblen Personaleinsatz dar.

Flexible Personaleinsatzsysteme können für vorhersehbare, meist wöchentliche Veränderungen der Nachfrage angewandt werden. Für vordefinierte verschiedene Nachfrageniveaus und für die erforderlichen Taktzeiten wird die Personalstärke ermittelt und als Standard festgelegt.¹⁵⁶ Die zu verrichtenden Arbeitsinhalte stellen eine konstante Größe dar. Ein Berechnungsbeispiel für einen flexiblen Personaleinsatz wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

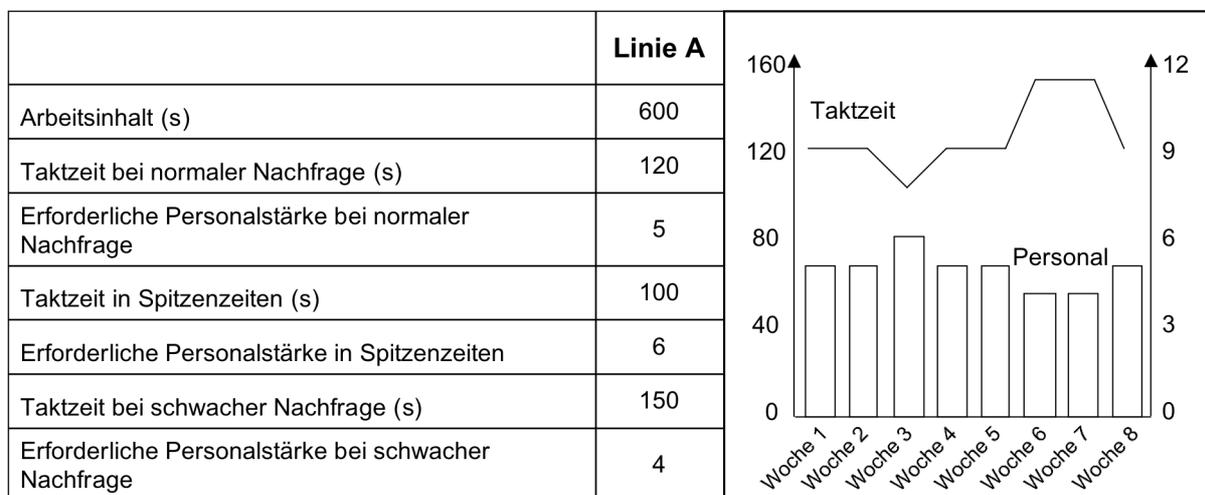


Abbildung 15: Flexibler Personaleinsatz (vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 60)

Die Festlegung der Fertigungsstandards, wie beispielsweise Ablauf Tabellen für erforderliche Arbeiten in Form von Standardarbeitsblättern, wird bei der Flexi-

¹⁵⁴ vgl. Antoni 1994 und Seel 1995, S. 153ff.

¹⁵⁵ vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 52

¹⁵⁶ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2004, S. 34

bilisierung der Produktion vorausgesetzt. Die definierten Standards sind ebenfalls ein flexibles Instrument der Lean Production und werden im Zuge der kontinuierlichen Verbesserung¹⁵⁷ stets aktualisiert und weiterentwickelt.

2.2.4.3 *Autonomation*

Der Begriff Autonomation steht für autonome Automation und wird als die Fähigkeit eines Produktionssystems verstanden, sich beim Auftreten von Produktionsproblemen automatisch auszuschalten, um so die Verschwendung in Form von Produktionsfehlern und Nacharbeit zu minimieren. Es seien damit Produktionsanlagen, Fließbänder oder Bearbeitungszentren gemeint.¹⁵⁸

Die Autonomation besteht aus drei Stufen:

- Erkennung eines Fehlers und Anhalten des Prozesses,
- Benachrichtigung der zuständigen Führungseinheit,
- Eliminierung der Fehlerursache.¹⁵⁹

Die Erkennung eines Fehlers erfolgt direkt von den am Prozess beteiligten Mitarbeitern, die ein umfassendes Verständnis der Kundenanforderungen aufweisen. Als Unterstützungsinstrumente gelten hierfür verschiedene Visualisierungstechniken¹⁶⁰ sowie das Fehlervermeidungsverfahren Poka-Yoke.¹⁶¹ Das Anhalten des Prozesses erfolgt entweder automatisch oder durch den Einsatz des Band-Stop-Systems. Eine beispielhafte Lösung für ein Band-Stop-System wird in der nachfolgenden Abbildung präsentiert.

¹⁵⁷ siehe Kapitel 2.2.4.7

¹⁵⁸ vgl. Rudolph 1996, S. 42

¹⁵⁹ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 59

¹⁶⁰ Auch als Visual Management und Visual Control bezeichnet.

¹⁶¹ vgl. Simon 1996, S. 42. Für nähere Informationen bzgl. Poka-Yoke sei auf Shimbun 1988, Shingo 1991 verwiesen.

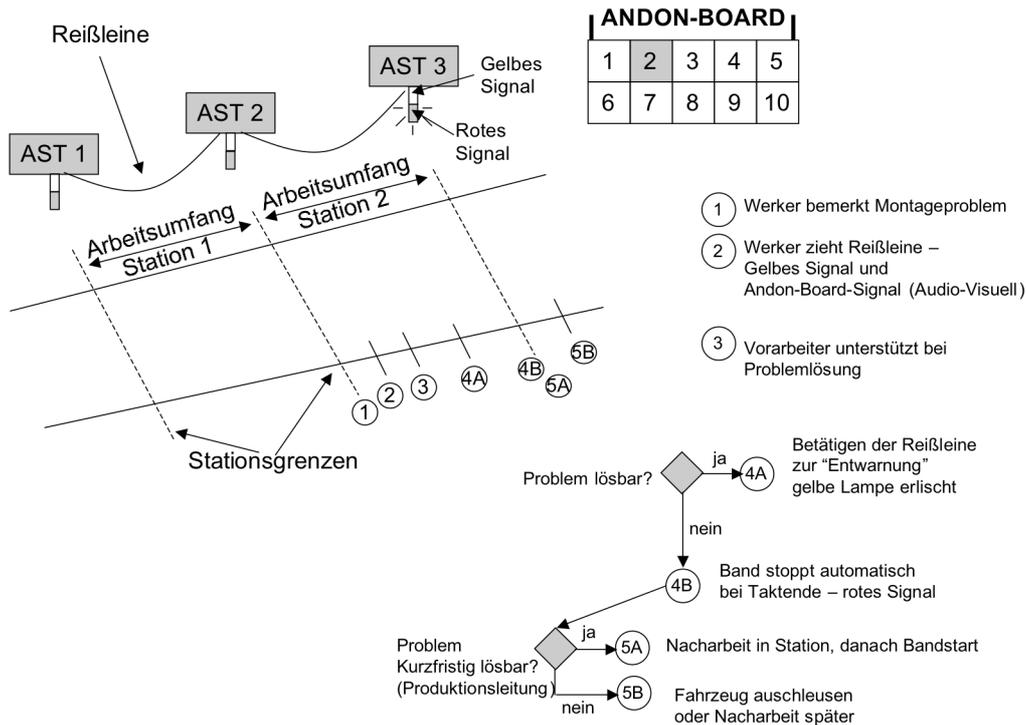


Abbildung 16: Band-Stop-System und Andon-Tafel (vgl. Oeltjenbruns 2000, S.46)

Das Band-Stop-System kann beispielsweise aus einer Reißleine entlang der Montagestationen bestehen. Wird das Band-Stop-System zur Anwendung gebracht, ist die zweite Stufe der Automation, eine Benachrichtigung der geeigneten Führungseinheit, erforderlich. Dies wird verbal oder über ein akustisches Signal vorgenommen. Eine Alternative stellt die Andon-Tafel¹⁶² dar. Diese ist mit dem Band-Stop-System rückgekoppelt und visualisiert sichtbar das auftretende Problem innerhalb eines Prozesses.

Die Automation wird in produzierenden Unternehmen mit dem Ziel dauerhafter Eliminierung der wirklichen Fehlerursachen implementiert. Durch die Anwendung der genannten Prinzipien können folgende Vorteile erzielt werden:

- Reduzierung des Ausschusses und der Anzahl notwendiger Nacharbeiten durch eine direkte Erkennung fehlerhafter Teile,
- Minimierung des Anlagenverschleißes und Steigerung der Anlagenverfügbarkeit mittels einer automatischen Fehlererkennung und der Vermeidung von fehlerhaften Operationen,
- Vermeidung der Verschwendung in Form von Wartezeiten der Mitarbeiter durch die Realisierung des Konzeptes zur Mehrfachprozessbedie-

¹⁶² vgl. Womack, Jones, Roos 1991, S. 99

nung. Jeder Mitarbeiter wird mit einer schrittweisen Teilebearbeitung in einer vordefinierten Abfolge der Maschinen nach dem Flussprinzip betraut und kann flexibel eingesetzt werden. Dies führt zusätzlich zur starken Reduzierung der Durchlaufzeiten,

- Verbesserung der Produktqualität und Steigerung der Produktivität.

2.2.4.4 Vermeidung von Verschwendung

Der Grundsatz der Vermeidung von Verschwendung wurde bereits vielfach kontextbezogen erwähnt. Als Verschwendung wird alles andere als das Minimum an Equipment, Maschinen, Teilen, Fläche und Arbeitszeit, welche notwendig sind um eine Wertschöpfung am Produkt vorzunehmen, verstanden.¹⁶³

Im Rahmen des Toyota-Produktionssystems definiert Toyota sieben Verschwendungsarten¹⁶⁴:

- Ausschuss/Nacharbeit,
- Überproduktion,
- Bestände¹⁶⁵,
- Bewegung/Materialhandling,
- Nichtwertschöpfende Prozesses,
- Transportzeiten und Laufwege,
- Prozesswartezeiten.

Die Identifikation der Verschwendung erfolgt im Rahmen der Optimierung der Tätigkeitsebene. Es werden alle Aktivitäten in folgende drei Gruppen unterteilt¹⁶⁶:

- Werterhöhende Aktivitäten: Alle Tätigkeiten, die Materialien oder Informationen umwandeln oder formen, sodass sie den Kundenanforderungen entsprechen und der Kunde diese auch honorieren würde.
- Nicht werterhöhende Aktivitäten: Diese Tätigkeiten, die zwar keinen werterhöhenden Beitrag für das Produkt oder Kundenbefriedigung liefern, jedoch für darauf folgende Tätigkeiten unabdingbar sind.
- Verschwendung.

¹⁶³ vgl. Oeltjenbruns 2000, S. 34

¹⁶⁴ vgl. Park 1992, S. 380f. und Abdi/Shavarini/Mohammad/Hoseini 2006, S. 192

¹⁶⁵ Zum Thema „nachhaltige Bestandsreduzierung“ sei beispielsweise auf Siegert 2009 verwiesen.

¹⁶⁶ vgl. Wiegand/Franck 2008, S. 28

Die identifizierte Verschwendung gilt es im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung vollständig zu eliminieren, die nicht werterhöhenden Aktivitäten zu reduzieren und die werterhöhenden Tätigkeiten zu optimieren.¹⁶⁷

2.2.4.5 *Kommunikationsfähige Organisationsstruktur*

Die Organisationsstruktur stellt die Basis für eine funktionierende Managementinfrastruktur dar und ist möglichst flexibel zu gestalten. Die Organisationsflexibilität¹⁶⁸ wird durch die Organisationsstrukturmerkmale determiniert.¹⁶⁹ Im Rahmen der Organisation werden die Über- und Unterordnungsbeziehungen sowie die Entscheidungsspielräume einzelner Mitarbeiter und die Kommunikationsstruktur festgelegt. Die Flexibilität wird durch flache Hierarchien, kurze Informationswege sowie Dezentralisation von Entscheidungen unterstützt.¹⁷⁰ Im Kontext des Lean Production Konzeptes ist es erforderlich, dass die Organisationsstruktur auf das technische System abgestimmt ist und zur Erreichung der Unternehmensziele beiträgt.¹⁷¹ Zwei Aspekte der Organisationsstruktur haben große Bedeutung bei der Einführung des Lean Production Konzeptes in den produktiven Bereichen eines Unternehmens:

- Größe der Teams und Rolle des Teamleiters,
- Führungsspannen und Hierarchieebenen.

Die beiden genannten Punkte werden durch die Komplexität der gesamten Produktionsprozesse determiniert. Je komplexer der Arbeitsinhalt oder die durchzuführenden Aufgaben sind, desto erforderlicher ist es, dass die Führungsspannen und gebildeten Teams klein gehalten werden. Dies ermöglicht eine schnelle Reaktion der Führungskräfte bei den, in der ersten Einführungsphase, meist instabil laufenden Prozessen. Stabile Prozesse erlauben dage-

¹⁶⁷ vgl. Pfeffer/Gottmann 2009, S. 360

¹⁶⁸ Die Organisationsflexibilität ist definiert durch ihre Fähigkeit auf Umweltveränderungen „durch Änderung ihrer Struktur zu reagieren. Organisatorische Änderungsprozesse umfassen insbesondere die Art der angebotenen Produkte bzw. Dienstleistungen, den Produktionsprozess, die ablauf- und aufbauorganisatorischen Regelungen und die Organisationsmitglieder (Einstellung bzw. Entlassungen, Verhaltensänderungen, etc.).“ (Kieser 1969, S. 273). Unter der Organisationsflexibilität werden weiterhin die Zeitdauer und die Kosten einer Reorganisation verstanden. (vgl. Kieser 1969, S. 279).

¹⁶⁹ vgl. Reichwald/Behrbohm 1983, S. 831ff.

¹⁷⁰ vgl. Kaluza 1993, Sp. 1176

¹⁷¹ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 78

gen eine größere Anzahl der Teammitglieder pro Team sowie eine größere Führungsspanne. Die Anzahl der Hierarchiestufen soll in beiden Fällen möglichst klein gehalten werden, um den Informationsfluss zu beschleunigen, die Entscheidungsfindung zu fördern und Missverständnisse zu verhindern.

2.2.4.6 Leistungsmessung und –kontrolle

Ein Leistungsmessungsmanagementsystem wird ähnlich wie die Organisationsstruktur als ein Bestandteil der Managementinfrastruktur verstanden und kaum in der Literatur als relevantes Element des Lean Systems diskutiert. In der vorliegenden Arbeit wird die Leistungsmessung und –kontrolle als ein Teilschritt zur ganzheitlichen Realisierung der schlanken Produktion verstanden. Dank einer steten Konfrontation des Managements und einzelner Mitarbeiter mit den tatsächlichen Kosten- und Qualitätstreibern, wie der Produktivität pro Stunde und der Fehlerquote der produzierten Teile, können aktiv geeignete Maßnahmen ergriffen und realisiert werden.¹⁷²

Ein System zur Leistungsmessung und –kontrolle in einem schlanken Unternehmen erfordert nicht nur eine Definition notwendiger Kennzahlen, effektiver Kontroll- und Berichtserstattungsprozesse, einheitlicher IT-Tools und geeigneter Schnittstellen zum Finanzsystem. Ein solches System muss zusätzlich eine ganzheitliche Vorgehensweise zur Leistungsbeeinflussung beinhalten. Das Ziel ist, dass alle Mitarbeiter in jeder Unternehmensebene die entscheidenden Leistungskriterien kennen und diese konsequent erreichen.¹⁷³ Die Implementierung eines Leistungsbeurteilungssystems wird als eine komplexe Transformation im Rahmen des Lean Production Konzeptes verstanden und kann in mehreren Schritten erfolgen. Dazu gehören die Entwicklung eines Kennzahlensystems, Vorgabe von Zielen, Überwachung täglicher Abläufe, Einrichtung der Personalsysteme zur Leistungsbeurteilung und Anreizsteigerung, Vorgabe persönlicher Ziele und das Management der individuellen Leistung.¹⁷⁴

¹⁷² vgl. Bayou/de Korvin 2008, S. 291ff.; Likierman 2009, S. 97ff. und Münzberg/Busse/van Bebbber 2009, S. 43ff.

¹⁷³ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 83

¹⁷⁴ Kralicek/Böhmdorfer/Kralicek 2008, S. 175ff.

2.2.4.7 Grundsatz der ständigen Verbesserung¹⁷⁵

Von einer erfolgreichen Umsetzung des Lean Production Konzeptes kann nur dann gesprochen werden, wenn der Gedanke einer ständigen Verbesserung der geschaffenen Abläufe und Strukturen als verbindlich und nachhaltig in Unternehmen verankert wird. Der Prozess der ständigen Verbesserung erfolgt unter Einbeziehung aller Mitarbeiter. Streng genommen erfolgt das so genannte „continuous Improvement“ über alle Hierarchie- und Bereichsebenen hinweg und betrifft sowohl die Arbeiter als auch die Geschäftsleitung und die Führungskräfte eines Unternehmens. Die Kaizen-Philosophie geht davon aus, dass alles einer ständigen Verbesserung bedarf und erreichte Standards ständig von besseren abgelöst werden können.¹⁷⁶ Damit kommt auch bei Kaizen der Standardisierung eine zentrale Bedeutung zu. Standardisierte Abläufe sind die Grundlage für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess sowie Voraussetzung für ein konstantes Qualitätsniveau und dienen der Analyse von Fehlern. Die Objekte des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sind Produkte, Prozesse, Systeme, Strukturen und Zustände von Mensch, Material und Maschine. Jeder Fehler und jede Abweichung werden bis zur Ursache verfolgt und behoben.¹⁷⁷ Hierbei wird davon ausgegangen, dass jede kleine und unbedeutend erscheinende Verbesserung nutzbringend eingesetzt werden kann und sich aus einer Vielzahl kleiner häufig eine große Verbesserung ergibt.¹⁷⁸

Die Durchführung von Kaizen-Workshops und Kaizen-Events¹⁷⁹ erfolgt in Unternehmen individuell und situationsbezogen, in Abhängigkeit davon, in welcher Transformationsphase sich das Unternehmen befindet.¹⁸⁰ Dazu bedient sich Kaizen einer Reihe verschiedener Instrumente, wie beispielsweise 5-W, 3-Mu-Checkliste, 5-S, 6-W, die 7 statistischen Werkzeuge¹⁸¹, die eine Optimie-

¹⁷⁵ auch als Kaizen bekannt

¹⁷⁶ vgl. Imai 1993, S. 15, 23, 102 und Corsten/Will 1993, S. 70

¹⁷⁷ vgl. Mählick/Panskus 1995, S. 74, 101, 104

¹⁷⁸ vgl. Träger 1994, S. 5

¹⁷⁹ vgl. Dombrowski/Wesemann/Ebbecke 2009, S. 843ff.

¹⁸⁰ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 89f.

¹⁸¹ Die einzelnen Instrumente werden in der vorliegenden Arbeit aus Vollständigkeitsgründen genannt und sind als verschiedene Werkzeuge zur Datenerhebung und -analyse zu

rung und Umgestaltung von Wertströmen ermöglichen und graduelle Veränderungen zu Normen umwandeln.

2.2.4.8 *Lean Thinking – Einstellung und Verhalten*

Da der Aspekt Lean Thinking eine bedeutende Rolle bei der Einführung des Lean Production Konzeptes spielt, sei dieses Element im vorliegenden Unterkapitel näher betrachtet und der Einfluss diverser Einstellungen auf das Mitarbeiterverhalten beleuchtet. Ein schlank organisiertes technisches System und eine auf dieses System abgestimmte Managementinfrastruktur sind unabdingbare Voraussetzungen, um die Transformationen nachhaltig zu verankern. Werden die neu geschaffenen betrieblichen Systeme, Strukturen und Prozesse nicht von den Mitarbeitern getragen, bleiben die Veränderungen erfolglos. Die Denk- und Verhaltensweisen der Beschäftigten auf jeder Unternehmensebene können ein schlankes Produktionssystem unterstützen oder sabotieren. Das Thema Lean Thinking beginnt bereits beim Kunden, der einen Ausgangspunkt für jede Aktivität im schlanken System darstellt. Ein schlankes Unternehmen ist zudem aufgefordert, in möglichst kurzer Zeit Werte für den Kunden herzustellen, indem die Verschwendung jeglicher Art und Inflexibilität vermieden werden. Jeder Mitarbeiter kontrolliert seine eigene Arbeit, entwickelt eigene Fähigkeiten und ist am regelmäßigen Transformationsprozess durch Kaizen-Aktivitäten beteiligt.¹⁸² Da die Wertschöpfung ausschließlich aus der Kundensicht stattfinden sollte, spielen persönliche Ziele jedes Einzelnen eine weniger wichtige Rolle.

Diese neue GrundsatzEinstellung führt zu veränderten, zu konventionellen Unternehmen oftmals konträren Verhaltensweisen. Eine Übersicht über die wesentlichen Einstellungen und Verhaltensweisen im Rahmen der Lean Thinking sind in der folgenden Abbildung zusammengestellt.

verstehen. Sie spielen keine vordergründige Rolle für das beschriebene Konzept und werden deshalb nicht detailliert diskutiert. Zur näheren Erläuterung einzelner Instrumente sei auf Imai 1993, S. 273ff.; Womack/Jones 1997, S. 388ff. und Vavra 2008, S. 31ff. verwiesen.

¹⁸² vgl. Womack/Jones 1997, S. 342

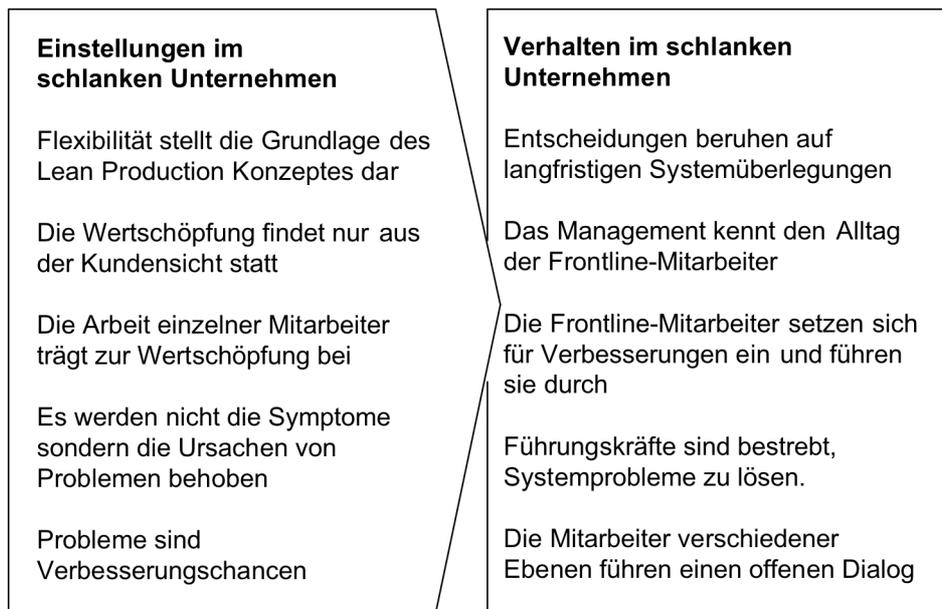


Abbildung 17: Lean Thinking (vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 103)

Die Ansätze der schlanken Produktion sind in der unternehmerischen Praxis weit verbreitet. Das Konzept kommt vor allem in „lean-kompatiblen“ Unternehmen mit Serienfertigung zur Anwendung. Um die in der vorliegenden Arbeit gestellte Forschungsfrage nach der Übertragbarkeit der schlanken Produktion auf Unikatfertigung beantworten zu können, ist im ersten Schritt die Gültigkeitsprüfung relevanter Anwendungsvoraussetzungen erforderlich. Deshalb werden im nächsten Unterkapitel die Voraussetzungen der schlanken Produktion dargestellt.

2.3 Voraussetzungen zur Anwendung des Lean Production Konzeptes

2.3.1 Anwendungsvoraussetzungen unterschiedlicher Sprachräume

Wie in Kapitel 2.2.1 diskutiert, existieren in der relevanten Literatur verschiedener Sprach- und Wirkungsräume unterschiedliche, meist kontextbezogene Definitionen des Lean Production Konzeptes. Dieser Sachverhalt wirkt sich auf die Formulierung der durch die Unternehmen zu erfüllenden Rahmenbedingungen, die für eine erfolgreiche Implementierung des schlanken Konzeptes notwendig sind, aus. Bei der Formulierung der Anforderungen werden durch die genannten Autoren differenzierte Schwerpunkte gelegt. Im japanischen Raum werden die Rahmenbedingungen insbesondere auf die Ausgestaltung

der betrieblichen Abläufe und der Organisationsstrukturen fokussiert. Die Einhaltung einer konstanten Ausbringungsmenge sowie optimale taktzeitorientierte Fertigungsflüsse stellen die Grundvoraussetzungen des schlanken Konzeptes dar.¹⁸³ Die von Ohno genannten Punkte werden durch die Autoren des angloamerikanischen und des deutschen Raums um die führungs- und schnittstellenbezogenen Aspekte ergänzt. Dezentralisierung und flache Hierarchien sowie Konzentration auf Stammkunden und Stammzulieferer gehören in diesem Zusammenhang zu den umsetzungsrelevanten Voraussetzungen.¹⁸⁴ Eine abstrahierte Formulierung der Rahmenbedingungen wird im deutschen Sprachraum von Zeyer vorgenommen. Er bezieht sich in seinen Überlegungen stärker auf das externe Unternehmensumfeld. Ein wettbewerbsorientierter Leidensdruck wird als eine Grundvoraussetzung zum Erkennen der Notwendigkeit einer Veränderung und einer erfolgreichen Implementierung des Konzeptes definiert.¹⁸⁵ Weiterhin betont Zeyer, dass hohe Überkapazitäten an Maschinen, Beständen und Mitarbeitern eine Grundlage der Einführung von Veränderungsmaßnahmen darstellen. Eine bedeutende Rolle spielen ebenfalls die rechtlichen Rahmenbedingungen. Da es durch die Einführung des Lean Production Konzeptes zu Veränderungen von Arbeitszeitregelungen, Arbeitsverfahren, Arbeitsplätzen, Personalbedarfs-, Personaleinsatz- und Personalentwicklungsplanung sowie zu grundlegenden Änderungen der Betriebsorganisation kommen kann, sind die entsprechenden Mitbestimmungsrechte des Betriebsrates zur Sicherung der Ganzheitlichkeit der Konzeptumsetzung einzuhalten.¹⁸⁶ Als unternehmensbezogene Voraussetzungen werden von Zeyer die Unternehmensgröße, -alter und -kultur definiert. In der nachfolgenden Abbildung sind die von den relevanten Autoren¹⁸⁷ formulierten Rahmenbedingungen zusammengefasst.

¹⁸³ vgl. Ohno 1993, S. 60f. und 65

¹⁸⁴ siehe Abbildung 18

¹⁸⁵ vgl. Zeyer 1996, S. 162ff.

¹⁸⁶ relevante Paragraphen des Betriebsverfassungsgesetzes vgl. Zeyer 1996, S. 59f. und Hunold 1993, S. 6f.

¹⁸⁷ Es handelt sich um die relevanten Autoren wie Womack/Jones/Roos in den USA; Pfeiffer/Weiß, Bösenberg/Metzen, Pfeiffer/Weiß und Zeyer in Deutschland und Ohno in Japan.

Relevante Autoren	Anwendungsvoraussetzungen					
Womack/Jones/ Roos, 1992, S. 73, 83f., 197f. 202f.	Nivellierte Fließfertigung	Optimale Wertströme und synchronisierte Taktzeiten	Geringe Fertigungstiefe	Aufbau langjähriger Kooperationen innerhalb der Zuliefererkette	Harmonisierung der Kundennachfrage & Konzentration auf Stammkunden	Flache Hierarchien und flexibler Personaleinsatz
Bösenberg/ Metzen, 1993, S. 259ff.	Teamorientierte, offene Kommunikation; hohe Veränderungsbereitschaft	Leistungsbetontes Führungsverhalten	Bereitschaft zur Übernahme der Verantwortung	Wirtschaftlicher Mitteleinsatz	Langfristige Kooperationen	Lieferanten als Partner im Team
	Interne Marktwirtschaft; Dezentralisierung der Verantwortung	Prozessorientierung, Gruppenorientierte Arbeitsgestaltung	Integriertes Vorschlagswesen, Inspektion und Anlagenreparatur	Kontinuierlicher Materialfluss	Auftragsproduktion (nur Kundenaufträge)	Umfangreiche Werkertrainings
Pfeiffer/Weiß, 1994, S. 193ff.	Humanorientierung	Wertschöpfungskette als integriertes Supernetzwerk	Das Supernetzwerk als ein lernendes System	Zielorientierung auf allen Hierarchiestufen	Kennzahlen und Visualisierung	Transparenz
	Temporärer Charakter des Entlohnungssystems	Geringer administrativer Aufwand	Ganzheitlichkeit des Anreizsystems	Gruppenorientierung	Dezentralisierung der Datenverarbeitung	
Ohno 1993, S. 148ff.	Produktionsmenge = Nachfragemenge	Harmonisierte Auftrageingänge	Systematische, wertstromorientierte Prozesse	Multifunktionsbetriebssystem	Arbeiten mit Mindestmengen an Gütern	Begrenzte Anzahl an Varianten
Zeyer 1996, S. 57ff.	Hoher Leidensdruck aufgrund der Wettbewerbssituation	Personelle und maschinelle Überkapazitäten	Entsprechende Unternehmensgröße (Vorteile bei großen Firmen)	Jüngere Unternehmen mit jüngeren Mitarbeitern	Positives Verhältnis zwischen dem Management und dem Betriebsrat	Wandelorientierte Unternehmenskultur

Abbildung 18: Übersicht von Anwendungsvoraussetzungen des Lean Production Konzeptes verschiedener Autoren

2.3.2 Systematisierung und abschließende Definition notwendiger Anwendungsvoraussetzungen

Wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben, werden die Anwendungsvoraussetzungen in verschiedenen Literaturquellen ungleich sowie verallgemeinert beschrieben, sodass eine direkte Anwendbarkeitsprüfung des Konzeptes für die Einzelfertigung nur bedingt möglich ist. Im vorliegenden Kapitel erfolgt eine detaillierte Bestimmung notwendiger Rahmenbedingungen. Zudem wird eine Unterteilung in spezifische und generelle Rahmenbedingungen vorgenommen. Die speziellen Rahmenbedingungen werden entlang der zu betrachteten Elemente eines Produktionssystems unterteilt:

- des technischen Systems,
- der Managementinfrastruktur,
- der Einstellung und des Verhaltens im Unternehmen.

Rahmenbedingungen zur Gestaltung eines schlanken technischen Systems:

Das technische System eines Unternehmens wird als schlank bezeichnet, wenn folgende Ansätze schlanker Produktion angewandt werden:

- Standardisierungsansatz,

- Takt- und Flussorientierungsansatz,
- Flexibilisierungsansatz.¹⁸⁸

Eine erfolgreiche Implementierung der erwähnten Ansätze hängt maßgeblich von den Erfüllungsgraden der Voraussetzungen ab.

Der *Standardisierungsansatz* erfordert die Möglichkeit der Produkt- und Prozessklassifizierung. Können unterschiedliche Produktarten sowie verwendete Einzelteile und Baugruppen weitestgehend standardisiert werden, lassen sich die erforderlichen Fertigungs- und Montageprozesse vereinfachen. Die Erstellung eindeutiger Arbeitsanweisungen in Form von Standardarbeitsblättern kann folglich erfolgen. Dadurch wird der kontinuierliche Verbesserungsprozess angestoßen. Der Standardisierungsansatz stellt die Grundlage für den Takt- und Flussorientierungsansatz dar. Die Flexibilisierung wird dadurch ebenfalls unterstützt.

Getaktete und flussorientierte Prozesse erfordern eine geringe Nachfrageschwankung, konstante Engpasskapazitäten, Fähigkeit zur Losgröße 1, Möglichkeit kontinuierlicher Materialversorgung und der Lieferantenintegration. Die genannten Anwendungsvoraussetzungen lassen sich aus den Zielsetzungen des Takt- und Flussorientierungsansatzes ableiten.¹⁸⁹

Eine getaktete und flussorientierte Fertigung bedeutet, dass alle Arbeitsschritte innerhalb einer Planungsperiode mit gleicher Geschwindigkeit abzuarbeiten sind. Dies kann nur dann realisiert werden, wenn die Auswirkungen schwankender Nachfrage minimiert und dadurch geringe Schwankungen in der Produktion erreicht werden. Zudem werden konstante Engpasskapazitäten vorausgesetzt. Kontinuierlich wechselnde Engpässe behindern eine eindeutige Dimensionierung des Taktes. Verlaufen alle Prozesse im definierten Takt, müssen die zur Arbeit benötigten Materialien ebenfalls nach dem Taktprinzip geliefert werden. Eine Lagerung erforderlicher Materialien direkt an der Fertigungslinie könnte die Realisierung des Taktprinzips ermöglichen. Diese Vorgehensweise widerspricht jedoch dem Gedanken geringer Bestände und Vermeidung von Verschwendung. Die kurzfristige Belieferung und Disposition von Materialien und Werkzeugen werden folglich als wichtige Anwendungsvoraus-

¹⁸⁸ siehe Kapitel 2.2.4

¹⁸⁹ siehe Kapitel 2.2.4.1

setzung definiert. Daraus resultiert die Notwendigkeit einer verstärkten Lieferantenintegration. Werden die Anforderungen der Fähigkeit zur Losgröße 1, der Lieferantenintegration sowie hoher Reaktions- und Anpassungsfähigkeit als erfüllt bewertet, kann der *Flexibilisierungsansatz* realisiert werden.

Die relevanten Rahmenbedingungen zur Realisierung eines schlanken technischen Systems sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

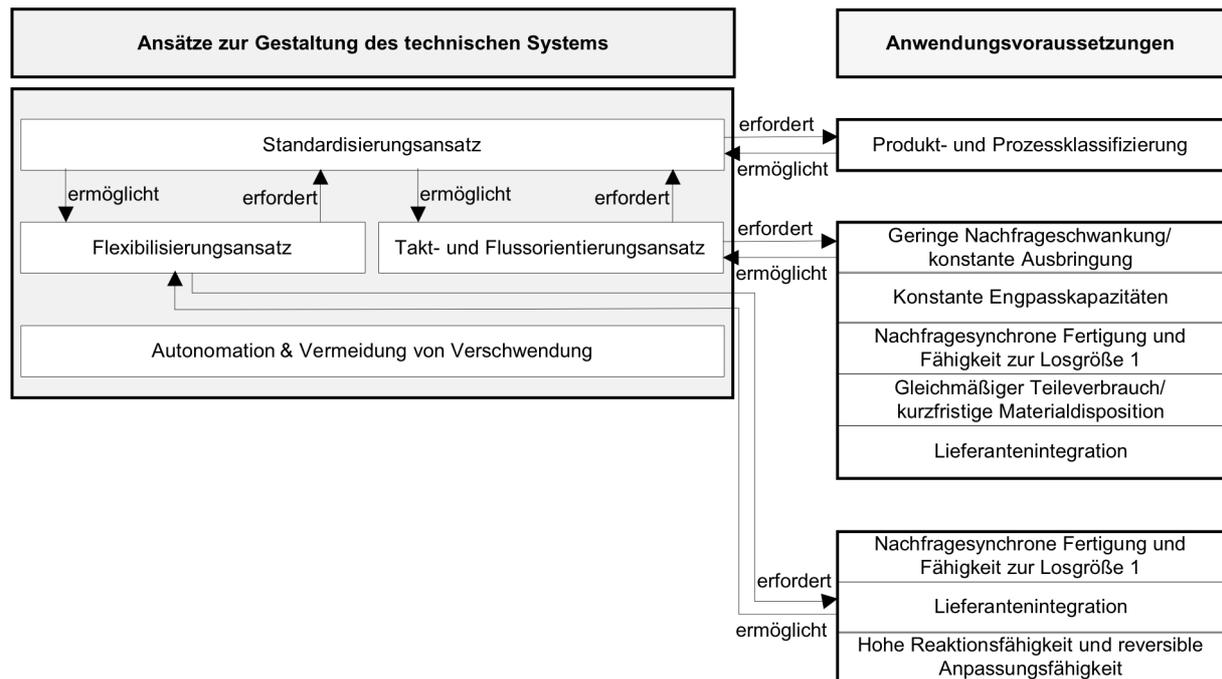


Abbildung 19: Rahmenbedingungen zur Gestaltung des technischen Systems

Rahmenbedingungen zur Gestaltung der Managementinfrastruktur:

Eine optimal ausgestaltete Managementinfrastruktur ist auf das technische System abgestimmt. Die Gestaltung der Managementinfrastruktur beinhaltet folgende Ansätze:

- Schaffung kommunikationsfähiger Organisationsstruktur,
- Realisierung der Leistungsmessung und –kontrolle,
- Ständige Verbesserung.

Wie bereits in Kapitel 2.2.4.5 erwähnt, setzt eine *kommunikationsfähige Organisationsstruktur* eine geringe Anzahl der Hierarchieebenen sowie die Dezentralisation der Entscheidungsfindung und klare Schnittstellendefinition voraus. Durch die Verlagerung der Produkt- und Prozessverantwortung in die Linie sowie die Nutzung des Know-hows der ausführenden Bereiche können erheb-

liche Optimierungspotenziale gehoben und der Prozess *kontinuierlicher Verbesserung* angestoßen werden. Weiterhin verlangt eine erfolgreiche Umsetzung der schlanken Produktion eine Möglichkeit zur *Messung erstellter Leistung*. Die Leistungsmessung und -kontrolle erfolgen auf jeder Unternehmensebene. Eine Möglichkeit zur Leistungsmessung und -kontrolle sowohl in produktiven und indirekten Bereichen als auch Managementbereich ist die Festlegung konkreter Zielvereinbarungen, beispielsweise in Form von Arbeitswochen- oder Führungszielen. Das Zielsystem hängt von dem zu untersuchenden Bereich ab und ist individuell auszugestalten. Ein wirksames System zur Leistungsmessung und -kontrolle ist nur dann sinnvoll zu installieren, wenn eine hohe Prozesstransparenz vorherrscht. Sind die zu erstellenden Leistungen inklusive Mengen und Termine bekannt, kann der Fertigungsfortschritt gemessen werden. Implementierung von Kennzahlensystemen zur Messung intransparenter Prozesse ist mit einem hohen Unschärfegrad erzielter Ergebnisse verbunden und widerspricht der schlanken Produktion.

Die erforderlichen Rahmenbedingungen sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengestellt.

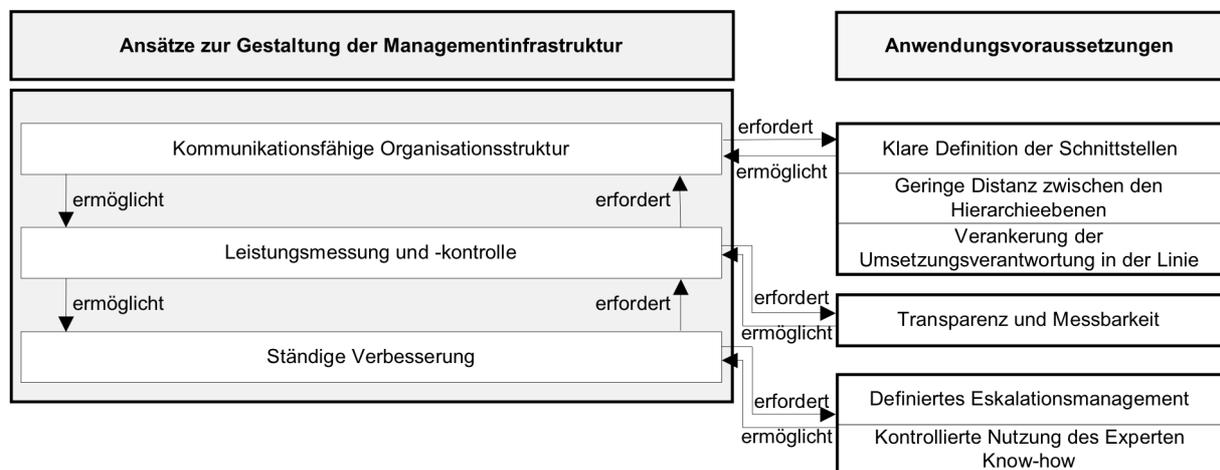


Abbildung 20: Rahmenbedingungen zur Gestaltung der Managementinfrastruktur

Anforderungen an die Einstellung und das Verhalten:

Ein hoher Erfüllungsgrad einzelner Voraussetzungen an das technische System und die Managementinfrastruktur ist unabdingbar, um Veränderungen nachhaltig zu verankern. Neben den Anforderungen an die beiden genannten Aspekte, wird eine Veränderung des Mitarbeiterverhaltens und der Mitarbei-

tereinstellung gefordert. Das beste technische System mit einer optimalen Managementinfrastruktur bleibt erfolglos, wenn es nicht durch eine geeignete Einstellung und Verhaltensweise der Unternehmensbelegschaft unterstützt wird.¹⁹⁰ Die Art und Weise des Handels kann meist auf die Einstellung der Einzelnen zurückgeführt werden. Ein Beispiel hierfür stellt das Erteilen von Arbeitsanweisungen dar. Werden diese als Befehl mitgeteilt, fühlen sich die meisten Mitarbeiter bevormundet und empfinden es in der Regel als einen Angriff auf ihre Eigenständigkeit.¹⁹¹ Obwohl die Ausführung des Befehls vorgenommen wird, ist von einer geringen Umsetzungsmotivation auszugehen. Ein angepasster Führungsstil und erhöhte *Kommunikationsbereitschaft* könnten die Einstellung der Mitarbeiter positiv beeinflussen. Neben der Kommunikationsbereitschaft werden die *Verantwortungsbereitschaft* sowie die *Umsetzungsmotivation* auf jeder Hierarchiestufe als wichtige Anforderungen an die Einstellung und Verhaltensweise bewertet. Eine bewusste Verantwortungsübernahme nimmt einen positiven Einfluss auf die Performance jedes Einzelnen. Die Erreichung eines optimalen Gesamtergebnisses wird dadurch unterstützt.

Die relevanten Anwendungsvoraussetzungen an die Einstellung und Verhaltensweise sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

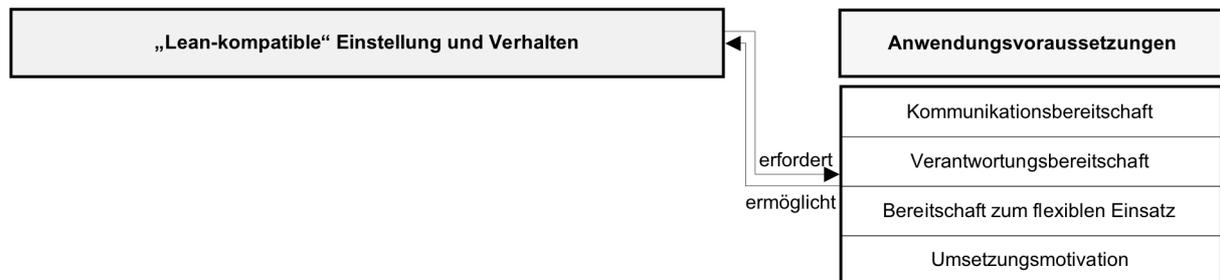


Abbildung 21: Rahmenbedingungen zur Erreichung einer „lean-kompatiblen“ Einstellung und Verhaltensweise

¹⁹⁰ vgl. Womack/Jones 1994, S. 101ff.

¹⁹¹ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 98

Generelle Rahmenbedingungen:

Eine erfolgreiche Implementierung eines Lean Production Konzeptes hängt zusätzlich von dem Erfüllungsgrad allgemeiner Rahmenbedingungen ab.¹⁹² Ein Beispiel hierfür stellt die wirtschaftliche Lage der Unternehmen dar. Werden die branchenspezifische Konjunktur sowie die strategische und operative Wettbewerbssituation als gut eingeschätzt, ist der allgemein bestehende Leistungsdruck hinsichtlich eines Wandels in Unternehmen in der Regel gering. Eine gute Wettbewerbssituation kann einen negativen Einfluss auf die Veränderungsbereitschaft in Unternehmen haben, sodass eine erfolgreiche Implementierung der schlanken Produktion behindert wird. Im Sinne des ständigen Verbesserungsprozesses sollten die Unternehmen jedoch bereit sein, ihre Prozesse kontinuierlich zu verifizieren und weiterzuentwickeln. Ein hoher operativer und strategischer Wettbewerbsdruck können in der Folge als Anwendungsvoraussetzungen definiert werden.

Ein wichtiger Erfolgsfaktor bei der Anwendung schlanker Prinzipien ist das Alter des Unternehmens sowie der Belegschaft. Ältere produzierende Firmen mit einem hohen Mitarbeiterdurchschnittsalter verfügen über schlechtere Veränderungsvoraussetzungen, als jüngere Unternehmen. Dies liegt insbesondere in den Erfahrungen der Vergangenheit sowie im vorhandenen Unternehmenswissen begründet. Ein Umdenkprozess bei der Einführung neuer Strukturen kann deshalb in jüngeren Unternehmen schneller realisiert werden. Zudem wird das Interesse jüngerer Mitarbeiter an mehr Engagement als höher bewertet, sodass von einer „lean-kompatiblen“ Kultur gesprochen werden kann.¹⁹³ Es sei jedoch an der Stelle festgehalten, dass die Umsetzung des Lean Production Konzeptes stark von der Einstellung einzelner Mitarbeiter abhängt und auch in älteren Unternehmen realisierbar ist.

Großen Einfluss auf den Implementierungserfolg und die Implementierungsperformance der Lean Production nimmt nicht selten der Betriebsrat. Ein kooperatives Verhältnis zwischen den Mitarbeitern und dem Management ist die Voraussetzung erfolgreicher Konzeptanwendung. Eine wichtige Komponente

¹⁹² vgl. Zeyer 1996, S. 57

¹⁹³ vgl. Bösenberg/Metzen 1992, S. 228ff. und Zander 1992

stellen zusätzlich die rechtlichen Mitbestimmungsrechte¹⁹⁴ der Mitarbeiter dar, insbesondere bei den Veränderungen von Arbeitszeitregelungen im Zuge der Flexibilisierung von Personaleinsatzsystemen.

Neben den definierten spezifischen Anwendungsvoraussetzungen hinsichtlich des technischen Systems, der Managementinfrastruktur sowie der Einstellungen und Verhaltensweisen werden generelle Rahmenbedingungen in Anlehnung an Zeyer¹⁹⁵ festgelegt:

- hoher Wettbewerbsdruck,
- niedriges Durchschnittsalter der Belegschaft,
- „lean-kompatible“ Unternehmenskultur,
- Einbindung des Betriebsrates in den Wandlungsprozess,
- Berücksichtigung der rechtlichen Bedingungen.

2.4 Zwischenfazit

Die schlanke Produktion ist ein Konzept zur Gestaltung von Organisationsstrukturen. Optimale Organisations- und Prozessauslegung erfordern die ganzheitliche Implementierung unterschiedlicher Ansätze der Lean Production. Dabei sind drei Aspekte eines Produktionssystems, das technische System, die Managementinfrastruktur sowie die Einstellung und das Verhalten der Mitarbeiter, zu betrachten. Die relevanten schlanken Ansätze, wie Standardisierung, Takt- und Flussorientierung, Flexibilisierung oder kommunikationsfähige Organisationsstrukturen, wurden im vorliegenden Kapitel entlang der genannten drei Aspekte systematisiert.

Das Lean Production Konzept kommt branchenunabhängig zur Anwendung und weist seit den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts eine beeindruckende Erfolgbilanz auf. Der Umsetzungsschwerpunkt liegt jedoch in Unternehmen mit Serienfertigung. Obwohl eine Markttendenz zur Forderung nach individuellen Produkten im Bereich der variantenreichen Kleinserienfertigung bis hin zur

¹⁹⁴ Zu den relevanten Paragraphen des Betriebsverfassungsgesetzes siehe zum Beispiel Hunold 1993, S. 6ff.

¹⁹⁵ vgl. Zeyer 1996, S.57ff.

Einzelfertigung beobachtet werden kann, wird das schlanke Konzept in solchen Fertigungsarten kaum angewendet.

Als problematisch erweist sich, dass die beschriebenen Ansätze des Lean Production Konzeptes oftmals nicht vollständig implementiert werden können. Dies resultiert aus der Schwierigkeit für Einzelfertiger, eine flexible, standardisierte und harmonisierte Produktion bei stark schwankender Nachfrage zu gestalten.

Bei den Einzelfertigern herrschen Einführungsbarrieren vor, die in spezifischen Merkmalen solcher Betriebe begründet liegen. Ebenso nachteilig erweist sich die in der wissenschaftlichen Literatur fehlende Vorgehensweise zur Übertragung der für die Serienfertiger entwickelten schlanken Prinzipien auf Unternehmen mit Einzelfertigung auf.

Um die in der vorliegenden Arbeit gestellte Forschungsfrage nach der Übertragbarkeit der schlanken Produktion auf die Unikatfertigung beantworten zu können, ist die Gültigkeitsprüfung relevanter Anwendungsvoraussetzungen erforderlich. Deshalb wurden im vorliegenden Kapitel die Voraussetzungen der schlanken Produktion ausgearbeitet.

Im nächsten Kapitel wird das Lean Production Konzept auf die Eignung für Einzelfertiger analysiert. Die bereits erarbeiteten Anwendungsvoraussetzungen werden in die Analyse herangezogen und die konkreten Konzeptdefizite bei der Übertragung auf diese Fertigungsart abgeleitet. Diese werden als Basis zur Entwicklung von Lösungsansätzen verstanden.

3 Eignung des Lean Production Konzeptes für Einzelfertigung

Zur Validierung der Anwendungsvoraussetzungen des Lean Production Konzeptes in Unternehmen mit Einzelfertigung ist es erforderlich, diese individualisierte Fertigungsart zunächst zu definieren und die relevanten Hauptunterschiede zu „lean spezifischen“¹⁹⁶ Fertigungsarten, wie Serien- und Massenfertigung, herauszuarbeiten. Die Übertragungsproblematik schlanker Prinzipien auf Einzelfertigung liegt insbesondere in den spezifischen Merkmalen von Betrieben mit Einzelfertigung begründet. Deshalb werden die relevanten Merkmale der Einzelfertigung im Anschluss an die Begriffsdefinition dargestellt und bei der Validierung der Anwendungsvoraussetzungen zu Grunde gelegt. Die in Kapitel 2.3 herausgearbeiteten Rahmenbedingungen stellen eine Grundlage der Eignungsprüfung des Lean Production Konzeptes für die Einzelfertigung dar.

3.1 Charakterisierung der Einzelfertigung

3.1.1 Möglichkeiten zur Individualisierung des Leistungsangebots

Es ist unumstritten, dass durch die steigende Heterogenität der Kundenwünsche ein Übergang von der Massen- und Serienfertigung, über eine variantenreiche Serienfertigung bis hin zur kundenspezifischen Fertigung verstärkt stattfindet. Die individualisierte Leistungserstellung wird im heutigen Wettbewerb als ein adäquates Mittel verstanden, Wettbewerbsvorteile zu schaffen.¹⁹⁷ Die Präferenzen eines Käufers richten sich meist nicht auf ein konkretes Produkt, sondern auf eine Kombination von bestimmten Eigenschaften, die dieses Produkt auszeichnen.¹⁹⁸ Ein Beispiel stellt eine Spezialwerkzeugmaschine dar. Bei der Kaufentscheidung werden die Anschaffungskosten, Wartungsfreundlichkeit, Kompatibilität zum bisherigen Maschinenpark, Einbindungsmöglichkeit im Hinblick auf die elektronische Steuerung betrachtet. Entsprechen die in einem Produkt vereinten Eigenschaften der Kundenvorstellung, kann es als op-

¹⁹⁶ siehe Kapitel 2.1.1

¹⁹⁷ vgl. Junge 2002, S. 43ff. und McCarthy 2004, S. 348 sowie siehe Kapitel 1.1

¹⁹⁸ vgl. Weigand/Lehmann 1997, S. 477 und Gilmore/Pinell 1997, S.101

timales Produkt bezeichnet werden. Die Kaufwahrscheinlichkeit eines solchen Produktes ist hoch.¹⁹⁹

Im Rahmen der Einzelfertigung werden die Produkteigenschaften individualisiert und so angepasst, dass sie den Kundenwünschen entsprechen. Während der Akquisition eines Kunden erfolgt die Erhebung seiner Bedürfnisse, die in einem weiteren Schritt in konkrete Produkteigenschaften überführt werden. An diesen Schritt schließt sich die individualisierte Leistungserstellung an.²⁰⁰ Das Ergebnis der Leistungserstellung ist aus Käufersicht ein Produkt mit individuell und optimal zusammengestellten Produkteigenschaften²⁰¹.

Der Einzelfertigung liegt die Individualisierung der Leistungserstellung zu Grunde. Diese kann entweder auf das tangible oder intangible Leistungsangebot bezogen sein. Die beiden Individualisierungsmöglichkeiten sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Individualisierungsmöglichkeiten inkl. Beschreibung		Auswirkung
Individualisierung des tangiblen (materiellen) Leistungsangebots	Erfolgt in Bezug auf die Funktion, die Qualität oder das Design des Produktes	<ul style="list-style-type: none"> • Produktneukonstruktion • Produktpassung • wiederholte Einmalfertigung ohne Anpassung
Individualisierung des intangiblen (immateriellen) Leistungsangebots	Erfolgt in Bezug auf Ergänzung des Produkts um Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ergänzung um Primär- oder Sekundärdienstleistungen • Transaktionsbezogene Kommunikation • Transaktionsunabhängige Kommunikation

Abbildung 22: Individualisierungsmöglichkeiten des Leistungsangebots (in Anlehnung an: Homburg/Weber 1996, S. 655f.; Piller 2006, S. 137 und Leschnkowski/Götze/Schmidt 2006, S. 7ff.)

¹⁹⁹ vgl. Homburg/Weber 1996, Sp. 656

²⁰⁰ vgl. Hildebrand 1997, S. 25f. und Jacob 1995, S. 8f.

²⁰¹ vgl. Brockhoff 1988, S. 165

Neben der materiellen Individualisierung des Kernproduktes bietet die produktbegleitende Dienstleistung einen Ansatzpunkt zur Realisierung der Kundenwünsche. Diese Individualisierungsform findet nicht nur in der Einzelfertigung Anwendung. Oftmals werden die im Rahmen einer Serienfertigung angebotenen Standardprodukte durch eine Dienstleistung ergänzt und so auf den Kundenwunsch abgestimmt. Typische Beispiele für kundenspezifische Dienstleistungen sind Anwendungsberatung, Übernahme der Entsorgung, regelmäßiger Anlagen-Check-up über das Internet und ein Instandhaltungsangebot.²⁰² Die intangible Individualisierung hat nur einen indirekten Einfluss auf die Gestaltung des Produktionsprozesses und wird im Weiteren nicht betrachtet.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit wird auf die prozessualen Konsequenzen der tangiblen Individualisierung der Produkte innerhalb der Einzelfertigung gelegt.

3.1.2 Begriffsdefinition und -abgrenzung

Ein wesentliches Kriterium für die Einordnung und Abgrenzung geläufiger Fertigungsarten, wie Einzel-, Serien- und Massenfertigung, sind die zu fertigen Stückzahlen innerhalb eines Fertigungsloses. Die Abgrenzung zwischen den Fertigungsarten erfolgt produktabhängig. Ein Los von 1000 Schrauben wird beispielsweise in der unternehmerischen Praxis als kleine Serie verstanden, während bei 1000 Waschmaschinen von einer Großserienfertigung gesprochen wird. Ein Beispiel für die Massenfertigung ist die Herstellung von Rasierklingen. Die Stückzahlen im Jahr liegen bei weit über einer Milliarde. Folglich ist klar, dass die singuläre Betrachtung der Stückzahlen zur Klassifizierung von Fertigungsarten nicht ausreicht. Vielmehr stellen die folgenden Kriterien Klassifizierungsdimensionen für Fertigungsarten dar:

- Wiederholungshäufigkeit einzelner Produkte/Aufträge,
- Nutzungszeit der eingesetzten Betriebsmittel,
- Reihenfolge des Auftragsdurchlaufs.

²⁰² vgl. Mayer 1993, S. 178f. Für weiterführende Informationen zu der intangiblen Individualisierung sei auf Meffert 1998, S. 429 und Pillar 2006, S. 696ff. verwiesen.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Einordnung der Fertigungsarten in Abhängigkeit von der zu produzierenden Stückzahlen nach Hirsch dargestellt.

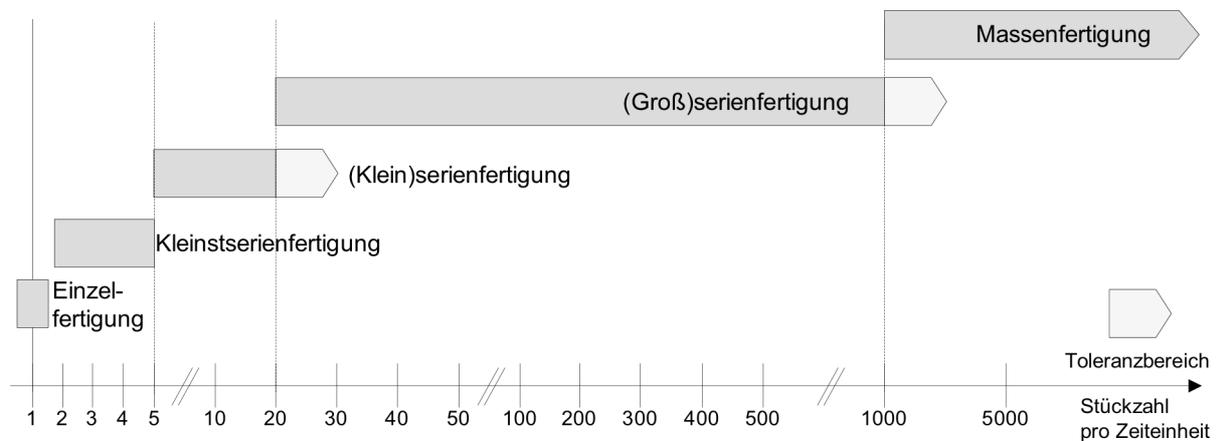


Abbildung 23: Einordnung und Abgrenzung von Fertigungsarten (vgl. Hirsch 1992, S. 4)

Die Einzelfertigung wird in der Literatur eindeutig definiert und „als Extremwert der Fertigung, als ständige Improvisation, als dynamische Konfigurierung, als Arbeiten mit unvollständigen Informationen“ beschrieben, wobei „das Produkt den Fertigungsprozess bestimmt, und nicht umgekehrt“.²⁰³ Das Endprodukt der Einzelfertigung kann ein einmaliges oder wiederholtes Einzelprodukt sein, wobei ein einmaliges Einzelprodukt als ein Unikat definiert wird.²⁰⁴

Einmalige Einzelfertigung:

Die einmalige Einzelfertigung, die Unikatfertigung, ist „eine kundenauftragsorientierte Einmalfertigung mit Neukonstruktion, bei der produktionsrelevante Daten und Informationen (also nicht ausschließlich Daten für Konstruktion und Entwicklung, sondern auch planende und steuernde Informationen) bezüglich jedes einzelnen Unikats jeweils neu erstellt werden müssen, sodass, bezogen auf die Stückzahl, hohe personelle und materielle Kosten entstehen“.²⁰⁵

Die Interpretation eines Unikats kann unterschiedlich, in Abhängigkeit von der Unikatklasse, erfolgen. In diesem Zusammenhang seien drei Unikatklassen genannt:

²⁰³ vgl. Hirsch 1992, S. 16 und Laursen/Orum-Hansen/Trostmann 1998, S. 543

²⁰⁴ vgl. Berger 1995, S. 6

²⁰⁵ vgl. Hirsch 1992, S. 18 und Kuhlmann 1994, S. 9

- Kundenunikate,
- Interne Unikate,
- Betriebsmittel-Unikate mit einer internen Nutzung.²⁰⁶

Die Fertigung von Kundenunikaten ist aus der prozessualen Sicht durch den höchsten Schwierigkeitsgrad gekennzeichnet. Die Produkthanfertigung erfolgt mit einer festen Zielvorgabe im Rahmen eines externen Kundenauftrags und unter Wettbewerbsbedingungen des Marktes. Interne Unikate sind dagegen keine Endprodukte. Sie stellen eine Voraussetzung dar, um das eigentlich zu fertigende Produkt herzustellen. Es handelt sich um Produktprototypen, die in der Regel zur Entwicklung eines serienreifen Produktes dienen und Betriebsmittel, wie Werkzeuge, Formen und Einrichtungen, die zur Produktionsvorbereitung und –durchführung eingesetzt werden. Sowohl interne Unikate als auch Betriebsmittel-Unikate weisen einen Investitionscharakter auf. In der nachfolgenden Abbildung sind die Kriterien zur eindeutigen Beschreibung einzelner Unikatklassen zusammengefasst.

Unikatklassen	Kundenunikate	Interne Unikate	Betriebsmittel-Unikate
Kriterien			
Entwicklung und Konstruktion	einmalig für den konkreten Kundenauftrag	Einmalig, aber im Hinblick auf eine spätere Serienfertigung	Einmalig, aber im Hinblick auf eine praktikable Anwendbarkeit
Fertigung	das Unikat ist als Endprodukt zu verstehen	mehrere Optimierungen und Anfertigungen möglich (bis zur Serienreife)	Einmalfertigung als Endprodukt zur Zweckerfüllung
Fertigstellungstermin	kurzfristige Planung, Termin meist sehr kritisch mit höchster Priorität	langfristige Planung, je nach Schwierigkeitsgrad kann der Termin kritisch sein,	langfristige Planung und Anfertigung, Termin unkritisch
Kosten	auftragsbezogen	investitionsbezogen	investitionsbezogen
Qualität	da eine Optimierung entfällt, muss die Qualität des Produkts auf Anrieb konstruktiv angemessen realisiert werden	wird im Rahmen der mehrfachen Optimierung bis zum Optimum verbessert	da eine Optimierung entfällt, muss die Qualität des Produkts auf Anrieb konstruktiv angemessen realisiert werden

Abbildung 24: Unterscheidungskriterien zwischen Unikatklassen
(in Anlehnung an Hirsch 1992, S. 20)

²⁰⁶ vgl. Hirsch 1992, 19f.

Wiederholte Einzelfertigung:

Bei einer wiederholten Einzelfertigung wird ein Produkt wiederkehrend in unterschiedlichen zeitlichen Abständen hergestellt.²⁰⁷ Da die Unterbrechung zwischen den Fertigungszeiten zweier unterschiedlicher Einzelprodukte meist lang ist, werden nur diese Fertigungseinrichtungen und Anlagenausrüstungen auf den Produktionsflächen vorgehalten, die für die Herstellung eines Einzelproduktes benötigt werden. Bei der wiederholten späteren Fertigung sind die Produktionsflächen neu einzurichten und die erforderlichen Maschinen und Produktionsanlagen neu einzurüsten.

Bei der wiederholten Einzelfertigung liegt der Produktentwurf im Unternehmen vor. Es kann jedoch eine Modifikation des Produktentwurfs seitens des Kunden erfolgen. Der Kundenauftrag ist der Ausgangspunkt zur individuellen Planung und Durchführung des Produktionsprozesses.²⁰⁸ Da in der Regel auf die bereits geleistete Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit zurückgegriffen wird, ist die wiederholte Einzelfertigung als Untermenge der Serienfertigung mit der Losgröße 1 aufzufassen.

Im Rahmen der einmaligen Einzelfertigung, der Unikatfertigung, erfolgt die Individualisierung bereits während der Erstellung eines Produktentwurfs und betrifft alle Unternehmensprozesse, von der Konstruktion bis hin zur Produktion. Die Individualisierung der wiederholten Einzelfertigung setzt meist erst in der Produktion an.

Da die Prozessgestaltung innerhalb der einmaligen Einzelfertigung durch den höchsten Schwierigkeitsgrad gekennzeichnet ist, wird der Fokus der vorliegenden Arbeit auf die Unikatfertigung gelegt. Die vorhandenen Produktionskonzepte können mit geringerem Anpassungsaufwand für Unternehmen mit der wiederholten Einzelfertigung adaptiert werden. Im nächsten Unterkapitel werden relevante Unterschiede der Unikatfertigung zu lean-spezifischen Unternehmen herausgearbeitet und die Auswirkungen dieser spezifischen Fertigungsart auf den Auftragsabwicklungsprozess identifiziert.

²⁰⁷ vgl. Kuhlmann 1994, S. 6ff.

²⁰⁸ vgl. Piller 2006, S. 137

3.1.3 Spezifische Merkmale der Unikatfertigung

Zur Verifizierung der Anwendungsvoraussetzungen des Lean Production Konzeptes innerhalb der Unikatfertigung werden die spezifischen Merkmale dieser Fertigungsart zusammengestellt. Da der typische Anwendungsbereich schlanker Prinzipien in der Serien- und Massenfertigung liegt, erfolgt die Merkmaldarstellung im Vergleich zu diesen Fertigungsarten. Eine vergleichende Zusammenstellung von relevanten Merkmalen soll die wesentlichen Unterschiede zwischen den drei Fertigungsarten aufzeigen. Die Problematik der Übertragung des Lean Production Konzeptes auf die Unikatfertigung wird dadurch verdeutlicht.

Die Untersuchung erfolgt anhand ausgewählter Kriterien.²⁰⁹ Es werden nur die Kriterien betrachtet, die eine entsprechende Relevanz für die Prüfung der Anwendungsmöglichkeit des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung aufweisen. Dazu gehören:

- Kundeneinflussgrad auf die Auftragsabwicklung,
- Produktspektrum und Auftragsauslösungsart,
- Verfügbarkeit fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang,
- Produktgestaltung und Produktionsprozess,
- Fertigungsorganisation.

Die genannten Kriterien werden im Weiteren einzeln dargestellt und analysiert.

Kundeneinflussgrad auf die Auftragsabwicklung:

Die Auftragsabwicklung wird in der Unikatfertigung als ein direkt vom Kunden angestoßener Leistungserstellungsprozess verstanden. Der angestoßene Auftragsabwicklungsprozess umfasst die notwendigen Entscheidungs- und Realisationsvorgaben vom Auftragsstarttermin bis zur Fertigmeldung und wird durch die Tätigkeiten der Planung und Steuerung ergänzt.²¹⁰ Eine Besonderheit des Auftragsabwicklungsprozesses bei Unikatfertigern ist der kontinuierliche Kundeneinfluss auf die Produktgestaltung während der gesamten Dauer der Auftragsabwicklung. Da der Grad des Kundeneinflusses auf die Erzeug-

²⁰⁹ Die Auswahl relevanter Kriterien erfolgt anhand eines generischen Kriterienschemas nach Sames/Büdenbender (vgl. Sames/Büdenbender 1990, S. 21)

²¹⁰ vgl. Hellmich 2003, S. 7 sowie Frese/Noetel 1992, S. 121ff.

nisausprägung relativ hoch ist, kann der Kunde als zusätzliche externe Funktion der Auftragsabwicklung verstanden werden.

Die relevanten Funktionen der Auftragsabwicklung sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

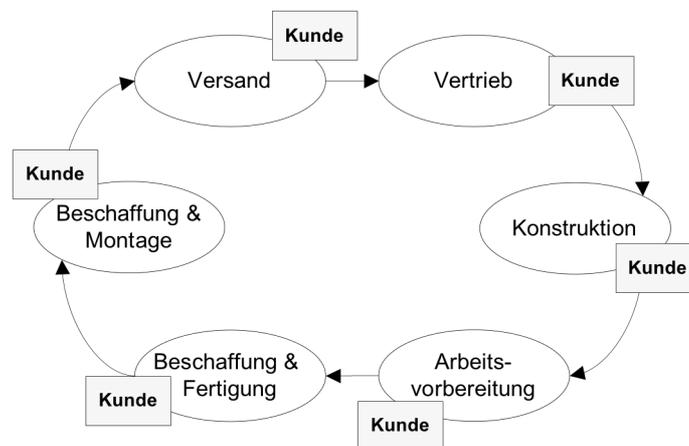


Abbildung 25: Gegenstand der Auftragsabwicklung in der Unikatfertigung (in Anlehnung an Eversheim 1990, S. 3)

Der Einflussgrad eines Kunden auf die Auftragsabwicklung hängt maßgeblich mit dem Auftragsabwicklungstyp und der Fertigungsart zusammen. Heiderich unterscheidet folgende Grundtypen der Auftragsabwicklung²¹¹:

- Lagerfertigung,
- Variantenfertigung,
- Auftragsfertigung.

Der Auftragsabwicklungstyp der *Lagerfertigung* zeichnet sich durch eine vollständige Entkopplung des Produktions- und Kundenauftrags aus. Die Fertigung der Produkte erfolgt direkt auf Lager. Die Auftragsabwicklung basiert auf den Absatzprognosen oder wird direkt aus dem Produktionsprogramm abgeleitet. Das heißt, alle Aufgaben der Auftragsrealisierung bis zur Einlagerung der verkaufsfertigen Produkte finden ohne Bezug zu einem Kunden statt. Die produzierten Erzeugnisse sind vollständig standardisiert. Der Endverbraucher besitzt keinen Einfluss auf die Artikelausprägung. Die Einwirkung des Kunden ist ausschließlich auf die Auslagerung und die Distribution der Fertigprodukte begrenzt. Die Massenfertigung ist für diesen Auftragsabwicklungstyp die cha-

²¹¹ vgl. Heiderich/Schotten 1998, S. 75

rakteristische Fertigungsart. Der Auftragsabwicklungstyp des *Variantenfertigers* zeichnet sich durch eine kundenanonyme Vorproduktion und eine kundenspezifische Endproduktion aus.²¹² Durch verschiedene Kombinationen von Standardkomponenten, zum Teil in Verbindung mit einem geringen konstruktiven Aufwand, können in der Regel die Kundenwünsche realisiert werden. Der Kunde besitzt somit einen Einfluss auf die Endausprägung des Produktes. Die Klein- und Großserienfertigung sind für diesen Auftragsabwicklungstyp charakteristische Fertigungsarten. Beim Auftragsabwicklungstyp des *Auftragsfertigers* dominieren die kundenauftragsbezogenen Aktivitäten. Kundenauftragsneutrale Bestandteile nehmen im Vergleich zu den Lager- und Variantenfertigern einen geringen Anteil ein. Konstruktive Aufgaben sowie Beschaffungsvorgänge bilden den größten zeitlichen Aufwand der Auftragsbearbeitung. Die Folge des hohen Einflussgrades eines Kunden auf die Auftragsrealisierung ist ein steigender Anteil der auftragspezifisch zu ergreifenden Maßnahmen. Die Unikatfertigung ist für diesen Auftragsabwicklungstyp die charakteristische Fertigungsart.

Die Abhängigkeiten zwischen dem Auftragsabwicklungstyp, dem Kundeneinfluss und den relevanten Schritten der Auftragsabwicklung werden in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.

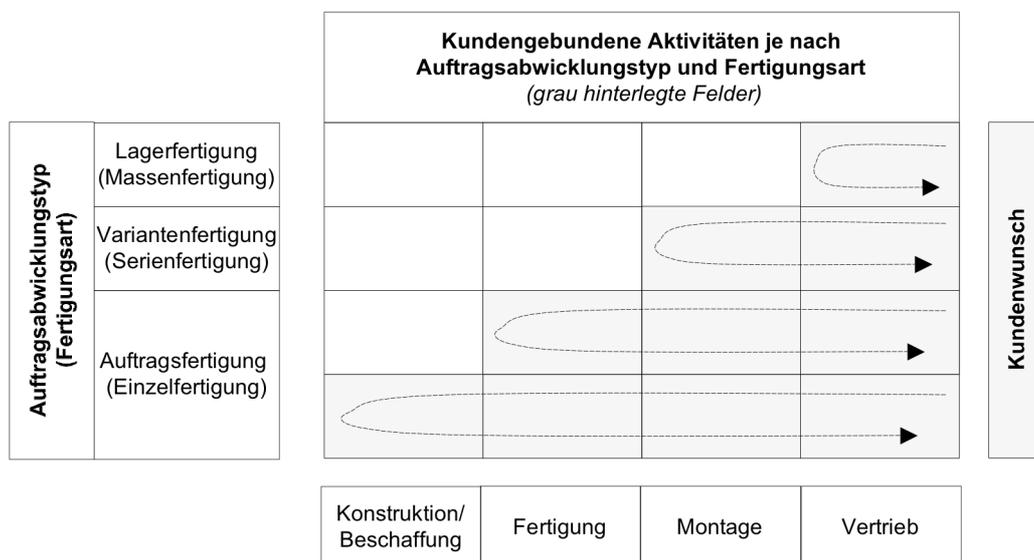


Abbildung 26: Abhängigkeit zwischen dem Auftragsabwicklungstyp und dem Kundeneinfluss bei der Auftragsabwicklung

²¹² vgl. Hellmich 2003, S. 14

Produktspektrum und Auftragsauslösungsart:

Im Rahmen der Unikatfertigung werden ausschließlich kundenspezifische Produkte mit Neukonstruktionen angeboten. Die Fertigung erfolgt auf Bestellung mit eigenständigen Kundenaufträgen. Die Wiederholungsrate der angebotenen Produkte beträgt in der Folge null.²¹³ Unternehmen mit Serien- und Massenfertigung bieten dagegen Standardprodukte an. Wobei der wesentliche Unterschied in der Variantenanzahl liegt. Die Serienprodukte weisen eine hohe Variantenanzahl auf. Bei der Massenproduktion handelt es sich immer um das gleiche Produkt. Die Produktion der Serien- und Massenprodukte kann auf Bestellung mit Rahmenaufträgen oder auf Lager erfolgen.

Verfügbarkeit fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang:

Die produktionsrelevanten Entscheidungen werden unabhängig von der Fertigungsart in der Projektierungsphase getroffen. Die Projektierungsentscheidungen weisen bekanntlich die höchste Kostenrelevanz auf.²¹⁴ Zwischen 60% und 90% der Kosten werden bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase determiniert.²¹⁵ Da in der Unikatfertigung die Projektierungsphase parallel zur Auftragsabwicklung verläuft und somit nur eine begrenzte Menge wesentlicher Produkt- und Produktionsinformationen zur Verfügung steht²¹⁶, müssen die produktionsrelevanten Entscheidungen mit einer bestimmten Unsicherheit getroffen werden.²¹⁷ Um das vorhandene Defizit an fundierten konstruktions- und fertigungsrelevanten Informationen bei der Auftragserteilung innerhalb der Unikatfertigung zu reduzieren, wird in der Planungsphase und der ersten Auftragsabwicklungsphase auf das Erfahrungswissen der Mitarbeiter zurückgegriffen. Zur Ergänzung fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang können zusätzlich wissensbasierte Systeme eingesetzt werden. Solche Systeme fußen auf den firmeninternen Informationen aus den be-

²¹³ vgl. Pine 1998, S. 1ff. und Piller/Stotko 2003, S. 58

²¹⁴ vgl. Specht/Stefanska/Gruß 2008, S. 311

²¹⁵ vgl. Ehrlenspiel 1992, S. 298ff.

²¹⁶ vgl. Tu 1997, S. 701ff.

²¹⁷ vgl. Gansauge/Riedel/Müller 2007, S. 279

reits abgewickelten Aufträgen. Sie sind als Datenmanagementsysteme zu verstehen.²¹⁸

Bei den Serien- und Massenfertigern existiert die Problematik der Informationsdefizite kaum. Die wesentlichen Informationen zur Erstellung eines Angebots und zur Abwicklung vorhandener Aufträge sind in Form von gespeicherten Projekt- und Fertigungsdaten vorheriger Aufträge jederzeit zugänglich. Die kostenrelevanten Entscheidungen können in der Regel auf Grund von fundierten Informationen getroffen werden.

Den Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit vorhandener Informationen je nach Fertigungsart und der Kostenrelevanz der Planungsentscheidungen verdeutlicht nachfolgende Abbildung. Es wird deutlich, dass die produktionsrelevanten Entscheidungen in der Unikatfertigung zu einem Zeitpunkt getroffen werden, zu dem alle dazu erforderlichen Produkt- und Fertigungsdaten noch nicht vorliegen.

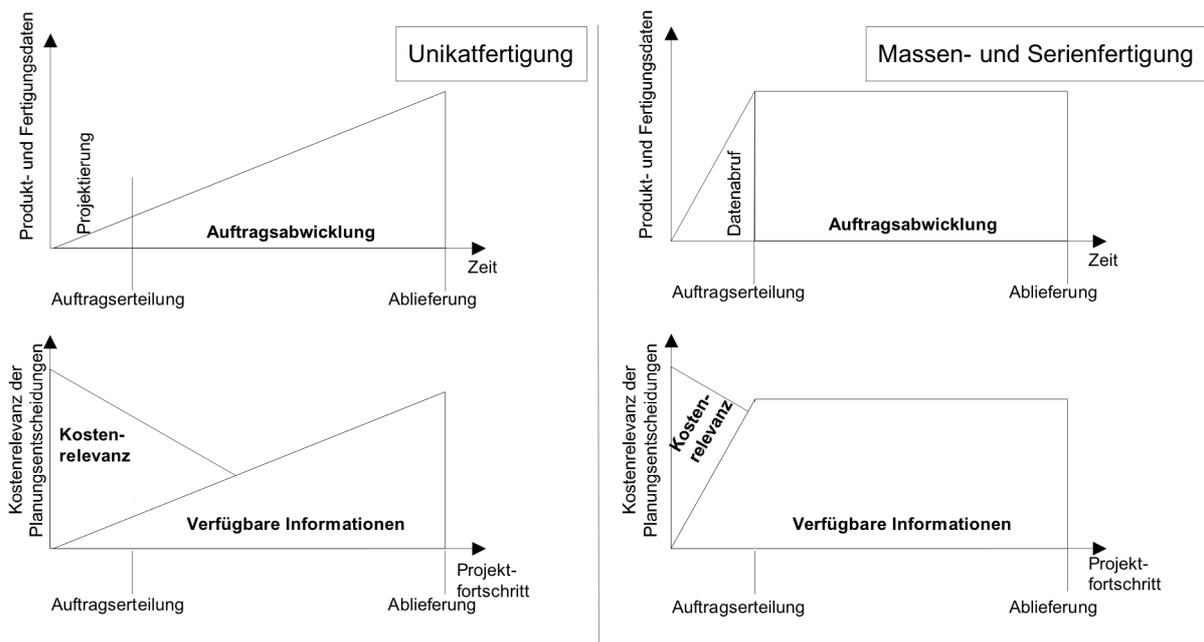


Abbildung 27: Informationsverfügbarkeit nach Fertigungsart (vgl. Hirsch 1992, S. 24f.)

²¹⁸ Siehe dazu umfangreiche Arbeiten zum Thema „Knowledge Management“ wie zum Beispiel Lehner 2008; Bäßler 2008 und Sanchez/Mahoney 1996.

Zusammenhang zwischen der Produktgestaltung und dem Produktionsprozess:

Die Erteilung eines Kundenauftrags in der Unikatfertigung ist der Ausgangspunkt für weitere planende und vorbereitende Schritte zur Produktfertigung. Das gewünschte individuelle Produkt wird erst dann abschließend entworfen, wenn das Angebot kundenseitig angenommen wurde. Parallel zum Produktentwurf, erfolgt die Konstruktion erforderlicher Arbeitsvorrichtungen. Aus den in der Projektierungsphase noch unvollständigen Produktmodellen werden die benötigten Planungsinformationen hinsichtlich der notwendigen Kapazitäten und Ressourcen abgeleitet. Da in dieser Phase der Unikatfertigung mit einem hohen Informationsdefizit gearbeitet wird, weisen die Planungsinformationen in der Folge eine Unschärfe auf.

Lange Entwicklungszeiten eines Unikates und starker Kundeneinfluss während des gesamten Entwicklungs- und Fertigungsprozesses bewirken, dass ein sequentieller Ablauf der Produktgestaltung und des Produktionsprozesses nicht möglich ist. Die Planung-, Konzeptions- und Entwurfsphase der Konstruktion²¹⁹ werden vor Beginn der Produktion abgeschlossen. Folglich können die ersten Fertigungsunterlagen erstellt werden, sodass die Fertigungsmitarbeiter mit der Herstellung der ersten Teile beginnen können. Weitere Fertigungsunterlagen werden kontinuierlich erarbeitet und der Produktion zu den vordefinierten Zeitpunkten zur Verfügung gestellt. Ein hoher Änderungsaufwand im Hinblick auf das zu realisierende Individualprodukt kann aufgrund des Kundeneinflusses während des gesamten Leistungserstellungsprozesses auftreten.²²⁰

Die im Rahmen der Serien- und Massenfertigung zu fertigenden Produkte sind als Standardprodukte zu verstehen. Im Gegensatz zur Unikatfertigung erfolgt der Auftragseingang nach einem klaren Abschluss der Konstruktion und der Arbeitsvorbereitung sowie in der Endphase der Materialbeschaffung. Die relevanten Planungsinformationen liegen vollständig zum Zeitpunkt der Auftragsannahme vor und werden vom Endkunden nicht beeinflusst. Die Abhängigkeiten zwischen den betrieblichen Bereichen innerhalb der Unikat-, Serien- und Massenfertigung verdeutlicht die nachfolgende Abbildung.

²¹⁹ Zur Beschreibung der Tätigkeiten innerhalb einzelner Phasen siehe Kapitel 4.2.1

²²⁰ vgl. Hirsch/Kuhlmann/Lischke 1992, S. 673

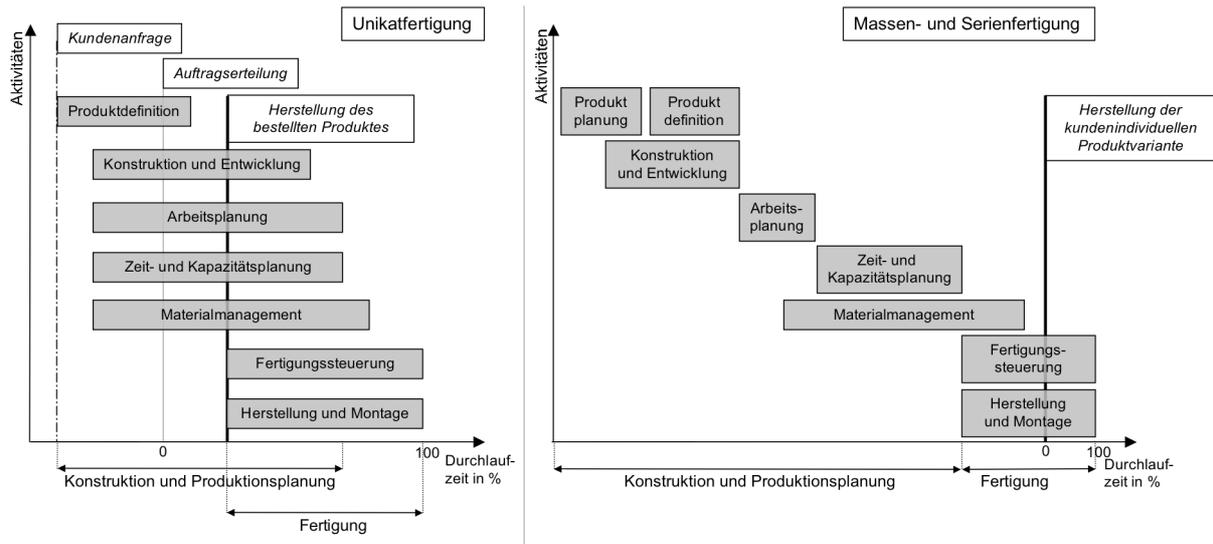


Abbildung 28: Produktentstehungsphasen in der Unikat-, Serien- und Massenfertigung
(in Anlehnung an Hirsch/Kuhlman/Lischke 1992, S. 673)

Fertigungsorganisation:

Resultierend aus dem stark individualisierten Produktspektrum, bedarf die Unikatfertigung einer hohen Flexibilität der Fertigungsprozesse und einer hohen Rekonfigurierbarkeit der eingesetzten Betriebsmittel. Deshalb steht die Anpassungsfähigkeit des technischen Systems bei der Auswahl einer geeigneten Fertigungsorganisation im Vordergrund. In der Regel kommen folgende Organisationsprinzipien zum Einsatz:

- handwerkliche Arbeitsplätze,
- das Werkstattprinzip,
- das Baustellenprinzip,
- flexible Fertigungsinseln.

Die erwähnten Organisationsformen finden in der Massen- und Serienfertigung nur selten Verwendung. Aufgrund einer deutlich höheren Fertigungstückzahl erfolgt die Fertigungsorganisation in der Regel in Form von Transferstrassen. Zudem wird ein hoher Automatisierungsgrad innerhalb von Fertigungszentren ermöglicht.²²¹ Die Zusammenhänge zwischen den zu fertigenden Stückzahlen, dem erforderlichen Flexibilitätsgrad und möglichem Automatisierungsgrad veranschaulicht die nachfolgende Abbildung.

²²¹ vgl. Spur/Stöferle 1986, S. 597

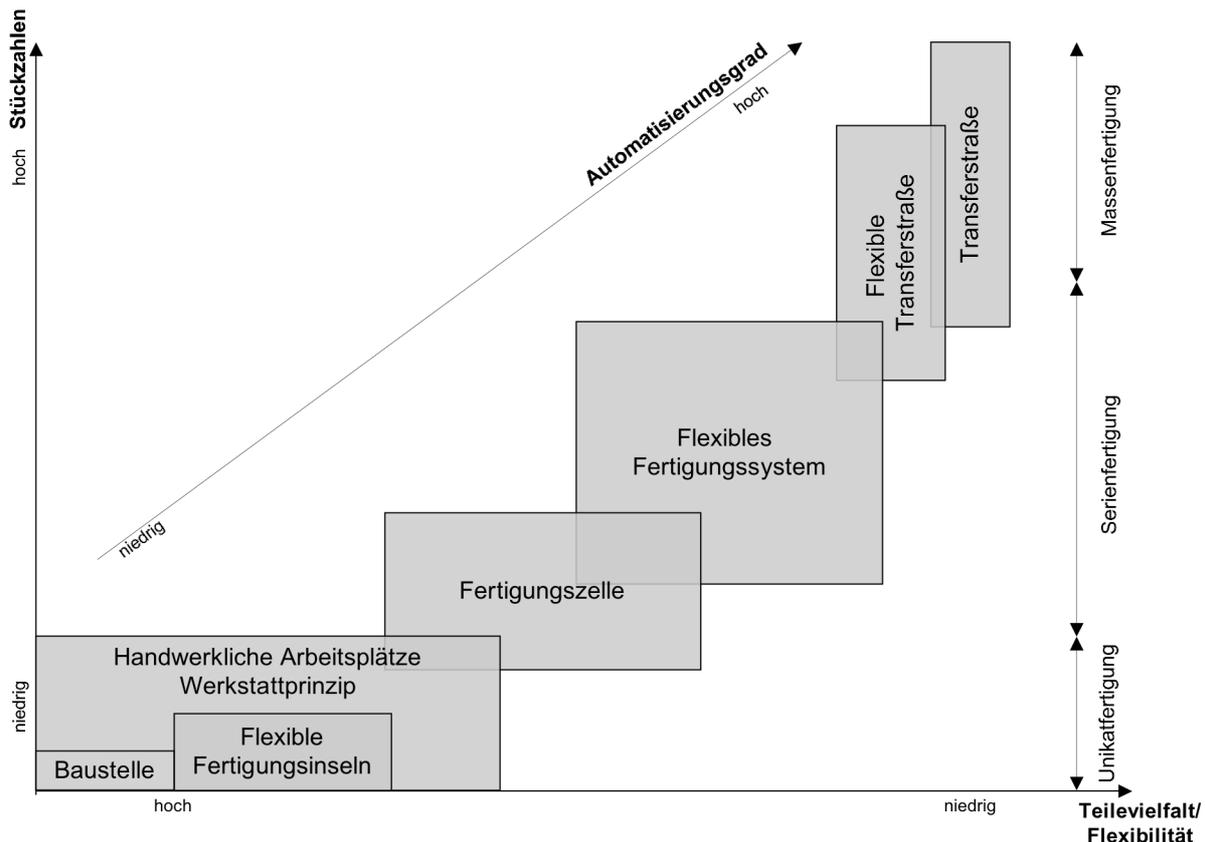


Abbildung 29: Abhängigkeit zwischen der zu fertigenden Stückzahlen, der Flexibilität und dem Automatisierungsgrad (in Anlehnung an Hirsch 1992, S. 11)

Im vorliegenden Unterkapitel wurden spezifische Merkmale der Unikatfertigung den Merkmalen „lean-kompatibler“ Fertigungsarten gegenübergestellt. Die Fertigung von Unikaten erfolgt im Spannungsfeld zwischen der starken Individualisierung der Kundenwünsche, dem ständigen Kundeneinfluss und hoher Komplexität der Leistungserstellung. Das Resultat sind steigende Produktions- und Verwaltungs- und Vertriebskosten²²² innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette.

²²² „Unter den Produktionskosten werden alle Kosten der Herstellung der Güter und Leistungen im weitesten Sinne verstanden. Hierzu gehören neben den Forschungs-, Entwicklungs- und Konstruktionskosten die Materialkosten (Einstandskosten und Lagerkosten) sowie die Distributionskosten (Handling, Transport, Dokumentation, After-Sales-Service). Wichtigster Bestandteil sind aber die Produktionskosten im engeren Sinne (Fertigungslöhne, Anlagenkosten, Rüstkosten, Qualitätskosten).“ (Piller 2006, S. 139) Unter den Verwaltungskosten werden alle Kosten verstanden, die nicht in der Produktion oder in der Leistungserbringung an Kunden anfallen (beispielsweise: Miete und Pacht, Heizung und Beleuchtung, Kosten des Verwaltungspersonals). Unter den Vertriebskosten werden alle Kosten verstanden, die durch den Vertrieb der selbst hergestellten Produkte entstehen (z.B. Frachtkosten und Verpackungskosten). (vgl. Wöhe 2005).

Eine zusammenfassende Darstellung von Auswirkungen dieser Fertigungsart auf den klassischen Auftragsabwicklungsprozess gibt die nachfolgende Abbildung.

Schritte der Leistungserstellung	Auswirkungen der Individualisierung					
Produktdefinition	Integration des Kunden in den Produktionsprozess	Hochqualifiziertes Personal an der Kundenschnittstelle	Notwendigkeit der Direktkommunikation zum Kunden	Ständiger Abstimmungsbedarf	Hoher Informationsbedarf	Aufbau des Vertrauens
Forschung & Entwicklung	Kundenspezifische Entwicklungen mit Neukonstruktion	Hoher Abstimmungsaufwand	Erhöhter Aufwand der Stücklisten-erstellung	Erhöhter Aufwand der Stücklistenverwaltung	Kundenspezifische Anpassungen über d. Gesamtprozess	Externe Vergabe von Konstruktionsaufgaben
Materialmanagement	Hohe Lagerbestände, große Kapitalbindung	Aufwändige Materialverwaltung, Eingangskontrollen	Aufwändige Beschaffung, Minder-mengenzuschläge	Aufwändige Materialdisposition	Zunehmende Lieferantenanzahl	Komplexe Koordination von Lieferanten
Arbeitsplanung	Geringe Informationsmenge bei der Planung	Hohe Planungsunsicherheit	Parallele Arbeitsplanung zum Produktionsverlauf	Hohe Planungsungenauigkeit	Steigende Koordination bei externen Auftragsvergaben	Abstimmungsaufwand mit externen Zulieferern
Fertigung und Fertigungssteuerung	Hohes Investitionsvolumen f. flexible Produktionsanlagen	Höhere Neben- und Rüstzeiten	Geringe Kapazitätsauslastung	Geringe Produktivität	Komplexe Fertigungssteuerung	Restriktive Qualitätskontrollen
	Notwendigkeit hochqualifizierter Mitarbeiter	Lange Durchlaufzeiten	Geringe Transparenz betrieblicher Abläufe	Komplexe Materialflüsse mit hohem Steuerungsaufwand	Lange und viele Transportwege	Großer Flächenbedarf
Vertrieb und Distribution	Flexible Transport- und Handlingsysteme	Hohe Dokumentationskosten	Aufwändige Auftragsbearbeitung	Aufwändige Fakturierung und Auftragskalkulation	Zahlreiche Schnittstellen zu externen Dienstleistern	Zahlreiche individuelle Sekundärleistungen
Kundendienst	Kundeneinfluss über den gesamten Produktlebenslauf	Hochqualifiziertes Personal an der Kundenschnittstelle	Großes Angebot von individuellen Serviceleistungen	Abstimmungsbedarf bei der Abwicklung v. Serviceaufträgen	Hoher Reparaturaufwand	Notwendigkeit hoher Ersatzteilbevorratung

Abbildung 30: Auswirkungen individueller Kundenwünsche auf die Wertschöpfung (vgl. Specht/Stefanska 2009, S. 39; vgl. Piller 2006, S. 140)

Der Einsatz schlanker Produktion in Unternehmen mit Unikatfertigung könnte als Lösungsansatz verstanden werden, um auf die negativen Auswirkungen der Individualisierung zu reagieren. Die flexible und wirtschaftliche Gestaltung von Organisationsstrukturen und Produktionsprozessen stellt bei den unikatfertigenden Unternehmen, aufgrund der spezifischen Merkmale solcher Unternehmen, eine besondere Herausforderung dar. Eine Anpassung schlanker Produktion an diese Merkmale erscheint erforderlich. Deshalb werden im nächsten Kapitel die notwendigen Anforderungen auf deren Gültigkeit für die Unikatfertiger geprüft. Die Erfüllungsgrade je nach Anforderung werden verifiziert, um im Weiteren die Weiterentwicklungspotenziale des Lean Production Konzeptes zu identifizieren. Die Grundlage für die Prüfung der Erfüllungsgrade stellen die bereits identifizierten Unterschiede zwischen der Unikat-, Serien- und Massenfertigung dar.

3.2 Validierung der Gültigkeit der Anwendungsvoraussetzungen der Lean Production in der Unikatfertigung

Zur Prüfung der Übertragbarkeit des Konzeptes auf unikatfertigende Unternehmen werden die in Kapitel 2.3.2 festgelegten Rahmenbedingungen mit denen in Kapitel 3.1.3 beschriebenen spezifischen Merkmalen solcher Unternehmen abgeglichen. Ziel ist es, den Erfüllungsgrad einzelner Voraussetzungen festzulegen, um daraus im Kapitel vier Handlungsbereiche für die Weiterentwicklung des schlanken Konzeptes für die Unikatfertigung abzuleiten.

3.2.1 Gültigkeit spezifischer Rahmenbedingungen der Lean Production

3.2.1.1 Gestaltung des technischen Systems

Im Gegensatz zu Unternehmen mit Serienfertigung, werden in der vorliegenden Arbeit geringere Erfüllungsgrade der erforderlichen Rahmenbedingungen zur Einführung schlanker Produktion in Unternehmen mit Unikatfertigung vermutet. Die Ursache hierfür liegt in den spezifischen Merkmalen der Unikatfertigung begründet. Deshalb erfolgt im Weiteren die Analyse des Erfüllungsgrades je Anforderung.

Möglichkeit der Nachfragesegmentierung, der Produkt- und Prozessklassifizierung:

Wie im Einführungskapitel bereits erwähnt, wird ein allgemeiner Trend der Konsumenten zu mehr Individualität bei den Kundenwünschen beobachtet. Folglich stellen insbesondere die Kunden der Unikatfertiger keine homogene Gruppe dar. Bei der Einführung des Lean Production Konzeptes entsteht jedoch die Notwendigkeit zur Bildung von homogenen Gruppen in Bezug auf die Nachfrage, den Prozess oder das Produkt.²²³ Damit wird das Ziel der Standardisierung und kontinuierlichen Wertstrombildung verfolgt. Eine Segmentierung der Nachfrage nach bestellten Produkten ist in Unternehmen mit Unikatfertigung nicht gegeben, da jedes Produkt ein Individuum darstellt. Eine Produktklassifizierung könnte jedoch auf der Einzelteilebene und im Bezug auf die technologische Lösung vorgenommen werden. Den vordefinierten Klassen können demzufolge entsprechende Kunden zugeordnet

²²³ vgl. Löllmann/Färber 2007, S. 2

können demzufolge entsprechende Kunden zugeordnet werden. Demzufolge erscheint die Voraussetzung der Nachfragesegmentierung anwendbar. Eine weitere Möglichkeit der Nachfragesegmentierung stellen die klassischen Trennvariablen dar, wie beispielsweise Preisbereitschaft der Kunden oder Anforderungen an Lieferzeiten. Beispielsweise könnten Kunden, die einen geringeren Preis für das bestellte Produkt bezahlen möchten, gegebenenfalls längere Lieferzeiten hinnehmen.

Geringe Nachfrageschwankung in der Fertigung und konstante Ausbringungsmenge:

Die wichtigste Anforderung an das technische System resultiert aus der Takt- und Flussorientierung.²²⁴ Da sowohl bei der Serienfertigung als auch bei der Unikatfertigung von einer Nachfrageschwankung ausgegangen wird, sind Lösungen zur deren Minimierung erforderlich. In „lean spezifischen“ Unternehmen, wie zum Beispiel in der Automobilindustrie, werden die Auswirkungen von Nachfrageschwankungen durch die Produktionsnivellierung reduziert. Dadurch kann ein Wertsrom gleichmäßig und stabil geplant werden, sodass die Elemente der Standardisierung von Abläufen und der kontinuierlichen Verbesserung realisierbar sind.²²⁵ Die erforderliche Entkopplung der Fertigungsaufträge von Kundenaufträgen, mit dem Ziel der Verringerung der Auswirkungen der Nachfrageschwankungen, kann in Unternehmen mit Unikatfertigung jedoch nur begrenzt vorgenommen werden. Da jeder Auftrag spezielle Kundenwünsche berücksichtigt, ist die Wiederholungsrate auf der Produktebene nicht vorhanden. Die Herstellung eines konstanten Produktmixes innerhalb eines bestimmten Zeitfensters kann deshalb nicht realisiert werden.²²⁶ Die Rahmenbedingung geringer Nachfrageschwankung könnte jedoch auf der Einzelteilenebene gelten. Besteht ein Kundenauftrag, das heißt ein bestelltes Produkt oder eine Produktgruppe, aus mehreren Fertigungsaufträgen, können diese von dem Endprodukt entkoppelt und mit anderen Einzelaufträgen anderer Produkte zu einem gleichmäßigen Einzelteilemix zusammengestellt werden. Ein Beispiel hierfür stellen die Luftfahrtindustrie und der Schiffsbau dar.²²⁷ Die End-

²²⁴ siehe Kapitel 2.2.4.1

²²⁵ vgl. Wuthnow/Deuse 2009, S. 229

²²⁶ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Produktspektrum und Auftragsauslösungsart“.

²²⁷ Für weitere Beispiele und Anwendungsmöglichkeiten siehe Kapitel 6.2

produkte sind ein Flugzeug oder ein Schiff. Sie werden als Kundenunikate verstanden. Bei der Herstellung der Einzelteile könnten jedoch Synergieeffekte verwendet werden. Die Anwendungsvoraussetzung geringer Nachfrageschwankung wird als teilweise gegeben bewertet.

Konstante Engpasskapazitäten:

Eine Anwendungsvoraussetzung der Taktorientierung ist die Vermeidung von wechselnden Engpasskapazitäten. Das Ziel ist, einen gleichmäßigen Wertstrom zu erzeugen, der auf ähnlichen Arbeitsfolgen und Bearbeitungszeiten in Bezug auf die zu fertigende Produktgruppe basiert. In Unternehmen mit Unikatfertigung werden in der Regel keine Produktgruppen gebildet, da jedes einzelne Produkt eine Gruppe für sich bildet. Eine starke Auslastungsschwankung der Anlagen oder manuellen Arbeitsplätzen und somit produktabhängig wechselnde Engpässe sind die Folge.²²⁸ Die Rahmenbedingung konstanter Engpasskapazitäten gilt in Bezug auf die klassisch organisierte Unikatfertigung als nicht erfüllt.

Nachfragesynchrone Fertigung und Fähigkeit zur Losgröße 1:

Die Implementierung von One-Piece-Flow bedeutet, dass eine mehrstufige Bearbeitung eines Teils in einem ununterbrochenen Fluss erfolgt. Alle Arbeitsschritte sollen möglichst ohne Zwischenlagerung durchgeführt werden.²²⁹ Im Gegensatz zu One-Piece-Flow wird in einer klassischen Produktionsweise eine Losenfertigung realisiert. Das bedeutet, alle Teile eines Loses werden zunächst von einer Arbeitsstation bearbeitet. Wurden alle Teile bearbeitet, erfolgt die Weitergabe an die nächste Station. Die negative Folge der klassischen Vorgehensweise sind erhöhte Wartezeiten einzelner Teile eines Loses zwischen den Bearbeitungsschritten. Durch die Einführung des One-Piece-Flow-Prinzips können die Wartezeiten der Teile und folglich die Durchlaufzeiten erheblich reduziert werden. Eine geringere Auslastung der Produktionsmaschinen kann jedoch negative Folge sein. In diesem Zusammenhang muss eine Entscheidung bezüglich der Relevanz der konkurrierenden Ziele getroffen werden. Eine weitere Problematik bei der Einführung des One-Piece-Flow-Prinzips stellt die sofortige Weitergabe eines Teiles an die nächste Arbeitssta-

²²⁸ vgl. Deuse/Birkmann/Harms 2007, S. 46

²²⁹ vgl. Scharf/Kissing 2007, S. 35

tion. Lassen sich die Bearbeitungszeiten an den einzelnen Arbeitsstationen nicht harmonisieren, ist der Aufbau eines kleinen Teilepuffers erforderlich.

Eine Fokussierung auf die Fertigung der Losgröße 1 ermöglicht eine kundenorientierte Herstellung der gewünschten Produkte. Flexibilitätssteigerungen und die Reduzierung der Durchlaufzeiten sind positive Folgen. Da in der Unikatfertigung das Kundenverhalten nur begrenzt bekannt ist, wird die Fertigung so konzipiert, dass alle Produkte in Form von Einzelaufträgen verarbeitet werden können. Jedes herzustellende Unikat wird zwangsläufig und standardmäßig als Losgröße 1 betrachtet. Zudem erfolgt die Fertigung nur dann, wenn eine konkrete Kundenbestellung vorliegt.²³⁰ Es wird von einer nachfragesynchronen Fertigung gesprochen. Die Rahmenbedingungen nachfragesynchroner Fertigung und der Fähigkeit zur Losgröße 1 scheinen erfüllt zu sein.

Relativ gleichmäßiger Teileverbrauch in entsprechend hohen Stückzahlen und Möglichkeit kurzfristiger Materialdisposition:

Die Voraussetzung eines gleichmäßigen Teileverbrauchs und kurzfristiger Materialdisposition resultiert aus der Anwendung des Pull-Prinzips.²³¹ Die zur Realisierung des Pull-Prinzips verwendeten Kanban-Regelkreise können in der Serienfertigung durch entsprechend hohe Stückzahlen der Fertigprodukte und demzufolge durch den hohen Materialverbrauch wirtschaftlich realisiert werden. Bei der Herstellung von Unikaten handelt es sich eher um geringe Stückzahlen von verbrauchten Materialien. Die Vermutung liegt nahe, dass die Unikathersteller die betrachtete Voraussetzung nicht erfüllen. Werden jedoch die Materialbedarfe produktunabhängig auf der Ebene der Rohteile gebündelt, ergibt sich in vielen Fällen ein gleichmäßiger Bedarf, der eine Grundlage für das Kanban-Prinzip darstellen kann.²³² Es ist anzumerken, dass die Materialbündelung nicht für alle Rohteile zutrifft. Deshalb wird die betrachtete Anwendungsvoraussetzung als „trifft eher zu“ bewertet – siehe Abbildung 31.

²³⁰ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Zusammenhang zwischen der Produktgestaltung und dem Produktionsprozess“.

²³¹ siehe Kapitel 2.2.4.1

²³² vgl. Schürfeld 2002, S. 69

Lieferantenintegration:

Die Beherrschung einer relativ hohen Variantenanzahl in der Großserienfertigung kann durch eine starke Integration des Kunden und des Zulieferernetzes erfolgen. Werden alle Einzelteile im eigenen Hause hergestellt, steigt der Organisations- und Koordinationsaufwand enorm. Eine durchgängige Planung und Steuerung aller Produktionseinheiten kann in der Folge nicht gewährleistet werden. Durch eine enge Zusammenarbeit mit einer begrenzten Zuliefereranzahl in Bezug auf ein festgelegtes Produktportfolio kann der Komplexitätsgrad interner Fertigungsprozesse reduziert werden. Weiterhin können unterschiedliche Kostenvorteile, aufgrund langfristiger Beziehungen oder Mengenbestellungen, erzielt werden. Die Zusammenarbeit mit einer begrenzten Anzahl an Lieferanten ermöglicht eine wirkungsvolle Qualitätssicherung. Da der Realisierungsgrad der Lieferantenintegration als unabhängig von spezifischen Unternehmensmerkmalen gilt, trifft diese Voraussetzung in der Unikatfertigung eher zu. In ausgewählten Spezialfällen, wie beispielsweise einem ausdrücklichen Kundenwunsch nach einer Kooperation mit vorab ausgewählten Lieferanten, wird dieser neue Zulieferer angefragt.

Hohe Reaktionsfähigkeit und reversible Anpassungsfähigkeit:

In der Serienfertigung wird ein Produktionssystem bei seiner Planung auf eine bestimmte konstante Ausbringungsmenge ausgelegt. Bei kurzfristigen Nachfrageveränderungen kann diese Menge in einem fest vorgegebenen Flexibilitätskorridor variieren.²³³ Ist eine Veränderung des Produktionssystems außerhalb des vorgegebenen Flexibilitätskorridors erforderlich, wird von der Anpassungsfähigkeit des Systems gesprochen. Eine hohe Reaktionsfähigkeit und die Möglichkeit reversibler Anpassungsfähigkeit stellen eine wichtige Voraussetzung bei der Gestaltung von Produktionssystemen zur Herstellung von Kundenunikaten dar. Durch die Anwendung von flexibilitätsorientierten Fertigungsorganisationen wird eine hohe Reaktions- und Anpassungsfähigkeit gewährleistet.

Eine Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade der Anwendungsvoraussetzungen zwischen den Unternehmen mit Großserienfertigung, als

²³³ vgl. Nachtwey/Schwarz/Riedel/Schopp 2009, S. 224

„lean-spezifischen“ Unternehmen, und den Unikatfertigern zeigt die nachfolgende Abbildung.

Spezifische Anwendungsvoraussetzungen zur Gestaltung des technischen Systems	Unikatfertigung („Lean-nicht-spezifische“ Unternehmen)	Großserienfertigung („Lean-spezifische“ Unternehmen)
Möglichkeit der Nachfragesegmentierung, der Produkt- und Prozessklassifizierung	Nachfrage Produkt Prozess	
Geringe Nachfrageschwankungen in der Fertigung und konstante Ausbringungsmenge		
Konstante Engpasskapazitäten		
Nachfragesynchrone Fertigung und Fähigkeit zur Losgröße1		
Relativ gleichmäßiger Teileverbrauch in entsprechend hohen Stückzahlen und Möglichkeit kurzfristiger Materialdisposition	Produkt Rohmaterial	
Lieferantenintegration		
Hohe Reaktionsfähigkeit und reversible Anpassungsfähigkeit		

Trifft eher nicht zu	Trifft teilweise zu	Trifft eher zu	Trifft zu
----------------------	---------------------	----------------	-----------

Abbildung 31: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von Anwendungsvoraussetzungen zur Gestaltung eines Technischen Systems zwischen der Großserien- und Unikatfertigung

3.2.1.2 Gestaltung der Managementinfrastruktur

Klare Schnittstellendefinition zwischen Organisationseinheiten:

Die Anforderung zur eindeutigen Definition der Schnittstellen zwischen Organisationseinheiten kann aus der Forderung nach kommunikationsfähigen Organisationsstrukturen abgeleitet werden. Durch eine klare Definition der Schnittstellen kann ein hoher Grad an Transparenz der Kommunikationsstruktur geschaffen werden. Durch den spezifischen Auftragsabwicklungsprozess in Unternehmen mit Unikatfertigung²³⁴ ist der Gedanke der eindeutigen Schnittstellendefinition stark ausgeprägt. Der Fokus wird jedoch hauptsächlich auf die Möglichkeit schneller Kommunikation zur reaktiven Problemlösung beim zum

²³⁴ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Zusammenhang zwischen der Produktgestaltung und dem Produktionsprozess“.

Teil parallelen Verlauf der einzelnen Schritte des Auftragsabwicklungsprozesses gelegt. Die Akteure des Auftragsabwicklungsprozesses sind aufgrund spezifischer Merkmale der Einzelfertigung oftmals gezwungen, mit unvollständigen Informationen zu arbeiten. Demzufolge ist eine eindeutige Definition des Leistungsumfanges und der minutengenauen Zeitpunkte zur Weitergabe der erstellten Leistungen zwischen den Schnittstellen nur schwer realisierbar. Die interne Übergabe der erstellten Leistungen erfolgt weniger nach einem genau definierten Plan. Vielmehr findet die Kommunikation zwischen den Prozessakteuren auf einer informellen Ebene statt. Wird beispielsweise von der nachgelagerten Stelle ein Informationsdefizit in den Fertigungsunterlagen identifiziert, erfolgt eine reaktive Fehlerbehebung durch die Akteure der beiden involvierten Stellen. Da in solchen Situationen in der Regel ein schnelles Handeln erforderlich ist, wird die tatsächliche Problemursache nur selten erforscht und beseitigt. Eine Ursache für das Auftreten der Fehler kann ein fehlendes Verständnis des internen Kunden-Lieferanten-Gedankens sein. In der Regel streben die einzelnen Funktionsbereiche, Konstruktion und Entwicklung, Materialwirtschaft, Produktionsplanung, Fertigung und Montage, die Erreichung eigener Termin- und Kostenziele an. Das abteilungsübergreifende Kommunikationsziel, zwecks einer vorbeugenden Fehlervermeidung, wird oft vernachlässigt. Eine eindeutige Schnittstellendefinition steht derzeit bei Unikatfertigern im Hintergrund. In der Folge ist der Erfüllungsgrad der betrachteten Anwendungsvoraussetzung bei Unikatfertigern als gering einzuschätzen. Eine modifizierte Vorgehensweise zur Abwicklung von Aufträgen ist erforderlich, um eine Schnittstellendefinition zu erreichen und das Lean Production Konzept ganzheitlich einzuführen.

Definiertes Eskalationsmanagement:

Die Vermeidung von Verschwendung²³⁵ jeglicher Art erfolgt im Sinne der Lean Production durch eine systematische Fehleraufdeckung in jedem Unternehmensbereich. In den klassisch organisierten Unternehmen werden die in den Produktionsbereichen identifizierten Probleme oftmals durch die Einführung von Zwischenmaßnahmen kurzfristig gelöst. Als Beispiel sei der Aufbau zusätzlicher Materialpuffer bei suboptimal funktionierenden Belieferungsprozessen erwähnt. Die existierenden Probleme werden nicht eskaliert, da es in der

²³⁵ siehe Kapitel 2.2.4.4

Regel mit hohen Folgekosten für die Realisierung von ganzheitlichen Optimierungsmaßnahmen gerechnet werden muss. Das beschriebene Verhalten führt jedoch langfristig zu höheren Beständen, längeren Durchlaufzeiten und geringerer Flexibilität. Das schlanke Konzept setzt gerade an diesen Stellen an und erfordert ein konsequentes Eskalationsmanagement. Das Streben nach Perfektion sowie das Streben nach einer Null-Fehler-Fertigung²³⁶ kann durch eine dauerhafte Fehlereliminierung umgesetzt werden. Obwohl kurzfristig mit Mehrkosten gerechnet wird, sind die Vorteile des Eskalationsmanagement langfristig erkennbar. Eine ständige Verschlankung der Prozesse, besonders hinsichtlich der Materialbestände und der Bearbeitungszeiten, ermöglicht die Aufdeckung vorhandener Schwachstellen. Diesen Sachverhalt verdeutlicht die nachfolgende Abbildung. Der Erfüllungsgrad der Anforderung der systematischen Fehleraufdeckung und Fehlereskalation hängt nicht von den Unternehmensmerkmalen ab. Er basiert auf den durch die Unternehmensführung festgelegten Führungsprinzipien. Das Eskalationsmanagement kann sowohl in der Serienfertigung als auch in der Unikatfertigung erfolgreich implementiert werden.

Geringe Distanz zwischen den Hierarchieebenen:

Die Notwendigkeit geringer Distanz zwischen Hierarchieebenen resultiert aus dem Konzeptelement „kommunikationsfähige Organisationsstruktur“.²³⁷ Das Ziel ist den Informationsfluss zu beschleunigen, die Entscheidungsfindung zu fördern und die Missverständnisse zu verhindern. Der Erfüllungsgrad dieser Rahmenbedingung ist von den spezifischen Unternehmensmerkmalen unabhängig. Die Anzahl der Hierarchieebenen hängt mit dem ausgewählten Organisationskonzept zusammen und kann somit als eine anpassbare Größe verstanden werden. Diese Anforderung gilt somit in Unternehmen mit Unikatfertigung als erfüllt.

Verankerung der Umsetzungsverantwortung in der Linie:

Eine weitere Bedingung zur erfolgreichen Implementierung des Lean Production Konzeptes ist die Einbeziehung der Mitarbeiter durch die Verlagerung der Umsetzungsverantwortung in die produktiven Bereiche. Dies erfordert einen

²³⁶ vgl. Imai 1993, S. 146

²³⁷ siehe Kapitel 2.2.4.5 und vgl. Mintzberg 2009, S. 98

ganzheitlichen Umsetzungsdetailplan, in dem lokale Planungsteams und Steuerkreise festgelegt werden. Erfolgt die Installation dieser Gremien ohne Einbeziehung der produktiven Mitarbeiter, besteht zum einen die Gefahr, dass die relevanten inhaltlichen und systematischen Zusammenhänge verloren gehen. Zum zweiten kann das diverse Veränderungsängste fördern.²³⁸ Die Dezentralisierung der Verantwortung ist von spezifischen Unternehmensmerkmalen unabhängig und kann als Anforderung an die Gestaltung der Managementinfrastruktur als erfüllt bewertet werden.

Kontrollierte Nutzung des dezentralen Experten Know-how:

Die vorhandenen Optimierungspotenziale bezüglich der vereinfachten Prozessrealisierung, sowohl bei der Auftragsvorbereitung als auch der Auftragsabwicklung, werden meist direkt in den produktiven Bereichen identifiziert. Dies bewirkt, dass die produktiven Mitarbeiter über ein umfangreiches Know-how verfügen. Die oftmals pragmatischen Lösungen können zu enormen Effizienzsteigerungen im Sinne ständiger Verbesserung führen. In Unternehmen mit Unikatfertigung wird das Know-how nicht nur zur Identifikation und Realisierung von Optimierungsmaßnahmen erfolgreich verwendet. Eine deutlich größere Bedeutung hat das dezentral verdichtete Wissen bei der Gestaltung der Planungsphase und der ersten Auftragsabwicklungsphase. Aufgrund vorhandener Informationsdefizite wird in beiden genannten Phasen auf das Erfahrungswissen der Mitarbeiter zurückgegriffen.²³⁹ Die Anwendungsvoraussetzung - kontrollierte Nutzung des dezentralen Experten Know-how – scheint erfüllt. In vielen Unternehmen bleibt jedoch das Erfahrungswissen oftmals im Besitz einzelner Mitarbeiter, sodass eine kontrollierte Wiederverwendung nur bedingt möglich ist. Durch die Umsetzung des Lean Production Konzeptes könnte dieses bestehende Potenzial zusätzlich gehoben werden.

Transparenz und Messbarkeit der Leistungserstellung:

Die Notwendigkeit der Transparenz und der Messbarkeit der Leistungserstellung resultiert aus dem schlanken Ansatz „Leistungsmessung und –kontrolle“. Sie bezieht sich sowohl auf die Leistung einzelner Mitarbeiter als auch auf die prozessuale Leistung innerhalb des Fertigungsprozesses. Das Ziel der Mess-

²³⁸ vgl. Dombrowski/Zahn/Schmidt 2008, S. 28f.

²³⁹ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Verfügbarkeit fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang“.

barkeit ist, relevante Informationen zur Mitarbeiter- und Prozesssteuerung bereitzustellen.²⁴⁰ Die Messung der Leistung auf der Arbeitsebene erfolgt in der Regel durch die Definition von geeigneten Mitarbeiterzielen. Eine Auswertung der Zielerfüllung erfolgt in vordefinierten Zeitfenstern und schafft die benötigte Transparenz. Folglich erscheint diese Voraussetzung in Unternehmen unterschiedlicher Größen mit verschiedenen Fertigungsarten auf der Arbeitsebene als erfüllt.

Mit den prozessualen Leistungen seien beispielsweise Durchlaufzeiten und Termintreue gemeint. Durch eine hohe Transparenz der Fertigung können Ressourcenengpässe frühzeitig erkannt und die Qualität der Kurz- und Mittelfristplanung erhöht werden. Die Unternehmen mit Unikatfertigung zeichnen sich aufgrund der simultanen Auftragsvorbereitung und -abwicklung²⁴¹ durch eine hohe Intransparenz aus. Die erstellten Fertigungspläne können in den operativen Bereichen aufgrund der Intransparenz und des dadurch oftmals zum Bedarfstermin fehlenden Materials nur selten termingerecht ausgeführt werden. Die Folge sind terminliche Verspätungen, hohe Materialbestände und lange Durchlaufzeiten.²⁴² Der Erfüllungsgrad der Anwendungsvoraussetzung „Transparenz und Messbarkeit“ wird bei klassischer Gestaltung der Leistungserstellung bei den Unikatfertigern als eher gering eingeschätzt. Eine Schaffung transparenter Prozesse und Möglichkeiten zur Messung der prozessualen Leistung könnte durch die Anwendung eines auf die Unikatfertigung angepassten Lean Production Konzeptes positiv unterstützt werden.

²⁴⁰ vgl. Moll/Seiter 2007, S. 39

²⁴¹ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Zusammenhang zwischen der Produktgestaltung und dem Produktionsprozess“.

²⁴² vgl. Hellmich 2003, S. 66

Spezifische Anwendungsvoraussetzungen zur Gestaltung der Managementinfrastruktur	Unikatfertigung („Lean-nicht-spezifische“ Unternehmen)	Großserienfertigung („Lean-spezifische“ Unternehmen)
Klare Definition der Schnittstellen zwischen Organisationseinheiten		
Eskalationsmanagement		
Geringe Distanz zwischen den Hierarchieebenen		
Verankerung der Umsetzungsverantwortung in der Linie		
Nutzung des dezentralen Experten Know-how		
Transparenz und Messbarkeit	Mitarbeiter Prozess	Mitarbeiter Prozess
Trifft eher nicht zu Trifft teilweise zu Trifft eher zu Trifft zu		

Abbildung 32: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von Anwendungsvoraussetzungen zur Gestaltung der Managementinfrastruktur zwischen der Großserien- und Unikatfertigung

3.2.1.3 Einstellung und Verhaltensweisen

In Kapitel 2.3.2 wurden Bedingungen für die Einstellung und das Verhalten der Mitarbeiter auf jeder Unternehmensebene festgelegt. Dazu gehören etwa die Kommunikations- und Verantwortungsbereitschaft sowie die Bereitschaft zum flexiblen Einsatz und Umsetzungsmotivation. Die genannten Anforderungen können unabhängig von der Unternehmensspezifikation erfüllt werden. Eine schlanke Einstellung wird nicht von der Unternehmensgröße und spezifischen Merkmalen beeinflusst. Das kritische und offene Denken basiert auf dem im Unternehmen festgelegten Wertesystem und ermöglicht eine Identifikation unterschiedlicher Schwachstellen in frühen Phasen der Entstehung. Diese Anforderung wird als gültig für Unternehmen mit Unikatfertigung bewertet – siehe nachfolgende Abbildung.

Spezifische Anwendungsvoraussetzungen für Einstellungen und Verhaltensweisen	Unikatfertigung („Lean-nicht-spezifische“ Unternehmen)	Großserienfertigung („Lean-spezifische“ Unternehmen)
Kommunikationsbereitschaft		
Verantwortungsbereitschaft		
Bereitschaft zum flexiblen Einsatz		
Umsetzungsmotivation		

Trifft eher nicht zu	Trifft teilweise zu	Trifft eher zu	Trifft zu
----------------------	---------------------	----------------	-----------

Abbildung 33: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von Anwendungsvoraussetzungen für Einstellungen und Verhaltensweisen zwischen der Großserien- und Unikatfertigung

3.2.2 Gültigkeit genereller Rahmenbedingungen

In Kapitel 2.3.2 wurden folgende generelle Anwendungsvoraussetzungen eines schlanken Konzeptes unterstellt:

- hoher Wettbewerbsdruck,
- niedrigeres Durchschnittsalter der Belegschaft,
- „lean-kompatible“ Unternehmenskultur,
- Einbindung des Betriebsrates in den Wandelprozess,
- Berücksichtigung der rechtlichen Bedingungen.

Die erste Rahmenbedingung weist einen dynamischen Charakter auf. Das bedeutet, dass sich der Erfüllungsgrad im Verlauf der Implementierung verändern kann. Tendenziell lässt sich jedoch beobachten, dass die Unternehmen mit der Herstellung individueller Produkte immer stärker mit unsicherer Nachfrage konfrontiert werden. Ausschlaggebend sind Faktoren wie eine neue Wettbewerbssituation durch zusätzliche Konkurrenten, technologische Fortschritte, geopolitische Faktoren oder saisonale Schwankungen.²⁴³ Die genannten Faktoren verursachen einen hohen Wettbewerbsdruck. Somit ist auch die erste generelle Bedingung erfüllt.

²⁴³ vgl. Gruß 2008, S. 51

Die restlichen vier Voraussetzungen können unabhängig von spezifischen Unternehmensmerkmalen realisiert werden und gelten somit als erfüllt.

Generelle Anwendungsvoraussetzungen	Unikatfertigung („Lean-nicht-spezifische“ Unternehmen)	Großserienfertigung („Lean-spezifische“ Unternehmen)
Hoher Wettbewerbsdruck		
Niedrigeres Durchschnittsalter der Belegschaft		
„Lean-kompatible“ Unternehmenskultur		
Einbindung des Betriebsrates in den Wandelprozess		
Berücksichtigung der rechtlichen Bedingungen		

Trifft eher nicht zu	Trifft teilweise zu	Trifft eher zu	Trifft zu
----------------------	---------------------	----------------	-----------

Abbildung 34: Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade von generellen Anwendungsvoraussetzungen zwischen der Großserien- und Unikatfertigung

Nach Überprüfung aller relevanten Anwendungsvoraussetzungen scheinen ausschließlich die spezifischen Anforderungen an die Einstellung und das Verhalten sowie die generellen Rahmenbedingungen der Lean Production formal für den Einsatz schlanker Produktion in der Unikatfertigung erfüllt zu sein. Die Erfüllungsgrade der Anforderungen sowohl an das technische System als auch an die Managementinfrastruktur sind als eher gering einzuschätzen. Dies bewirkt, dass das Lean Production Konzept in seinem klassischen Sinne und ohne Anpassung an Unikatfertigung nicht übernommen werden kann.

Im folgenden Kapitel werden die Widersprüche zwischen dem schlanken Konzept und den spezifischen Merkmalen der Unikatfertigung zusammengefasst und Lösungsansätze zur Gewährleistung der Konzeptübertragbarkeit erarbeitet.

3.3 Widersprüche zwischen den Anforderungen schlanker Produktion und den Merkmalen der Unikatfertigung

Die Definition der Anwendungsvoraussetzungen der schlanken Produktion und die Prüfung der Gültigkeit für Unikatfertigung ermöglichen Hindernisse bei der Konzeptübertragung auf diese Fertigungsart zu identifizieren. Als problematisch erweisen sich insbesondere die geringen Erfüllungsgrade folgender Anwendungsvoraussetzungen:

- Geringe Nachfrageschwankung,
- nicht wechselnde Engpasskapazitäten,
- Produkt- und Prozessklassifizierung,
- klare Schnittstellendefinition,
- Transparenz und Messbarkeit.²⁴⁴

Die ersten beiden Voraussetzungen, *geringe Nachfrageschwankung* und *nicht wechselnde Engpasskapazitäten*, resultieren aus der Notwendigkeit der Takt- und Flussorientierung bei der Gestaltung des schlanken technischen Systems. Die Produkt- und Prozessklassifizierung stellt die Voraussetzung für die Standardisierung dar. Klare Schnittstellendefinition sowie Transparenz und Messbarkeit sind zur Schaffung effizienter Kommunikationssysteme sowie zur Möglichkeit der Leistungsmessung erforderlich.

Die Ursache für geringe Erfüllungsgrade liegt in den Merkmalen der Unikatfertigung. Ausschlaggebend ist das breite Produktspektrum mit vielen unterschiedlichen Aufträgen, die in der Losgröße 1 produziert werden. Die „One-Piece-Flow“-Orientierung und hohe Flexibilität sind zwar als Gemeinsamkeiten zur Serienfertigung zu verstehen, der Unterschied besteht jedoch im individuellen Produktspektrum der Unikatfertigung. Weiterhin wird eine hohe Flexibilität der Anlagen zur Fertigung unterschiedlicher und nicht, wie im Sinne der Lean Production, ähnlicher Teilefamilien angestrebt. Das primäre Ziel ist in diesem Zusammenhang die Steigerung der aufgrund ständiger Auftragswechsel geringeren Ressourcenauslastung. Da unterschiedliche Teilegruppen an gleichen Maschinen und Arbeitsplätzen bearbeitet werden, entstehen komplexe und intransparente Fertigungsflüsse. Die Produktionswege unterschiedli-

²⁴⁴ siehe Kapitel 3.2

cher Produkte überschneiden sich zwangsläufig. Zudem sind die physischen Laufwege eines Produktes und eines Mitarbeiters enorm. Durch die komplexen und sich überschneidenden Fertigungsflüsse ist die Planbarkeit des Prozesses nur mit einem hohen Planungsaufwand möglich, der Planungsnutzen jedoch gering. Ständige Verzögerungen im Prozess, bedingt durch hohe Wartezeiten der zu bearbeitenden Teile vor den Ressourcen, sind eine weitere Ursache schlechter Planbarkeit und Folge hoher Komplexität der Fertigungsprozesse.

Die individuelle Konstruktion der Produkte und dadurch bedingte simultane Auftragsabwicklung verursachen zusätzlich, dass eine Schaffung von Transparenz und die Definition klarer Schnittstellen nicht möglich sind.

Für die beschriebenen Kernprobleme der Unikatfertigung ist primär eine stark ausgeprägte Kundenorientierung verantwortlich. Interne Arbeitsabläufe werden auf Zuruf des Kunden geplant, beziehungsweise angepasst.²⁴⁵ In Verbindung mit dem breiten Produktspektrum und der Losgröße 1 als Stückzahl wird die Fertigung zu einem reaktiv funktionierenden Apparat. Die im Tagesgeschäft entstehenden Probleme werden reaktiv „direkt vor Ort“ gelöst. Das Hauptziel der Mitarbeiter ist die Einhaltung der vereinbarten Liefertermine.

Neben den geringen Erfüllungsgraden genannter Voraussetzungen gelten stark ausgeprägte Abhängigkeiten der erwähnten Elemente der Lean Production als ein weiteres Übertragungshindernis. Die Abhängigkeiten betonen zusätzlich die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Implementierung des Konzeptes. Partielle Lösungen für die vorhandenen Defizite würden das Problem der Übertragbarkeit nur bedingt lösen.

Die Widersprüche zwischen den Merkmalen der Unikatfertigung und den Anwendungsvoraussetzungen der Lean Production sowie die Zusammenhänge zwischen den betrachteten Konzeptelementen sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

²⁴⁵ vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 430

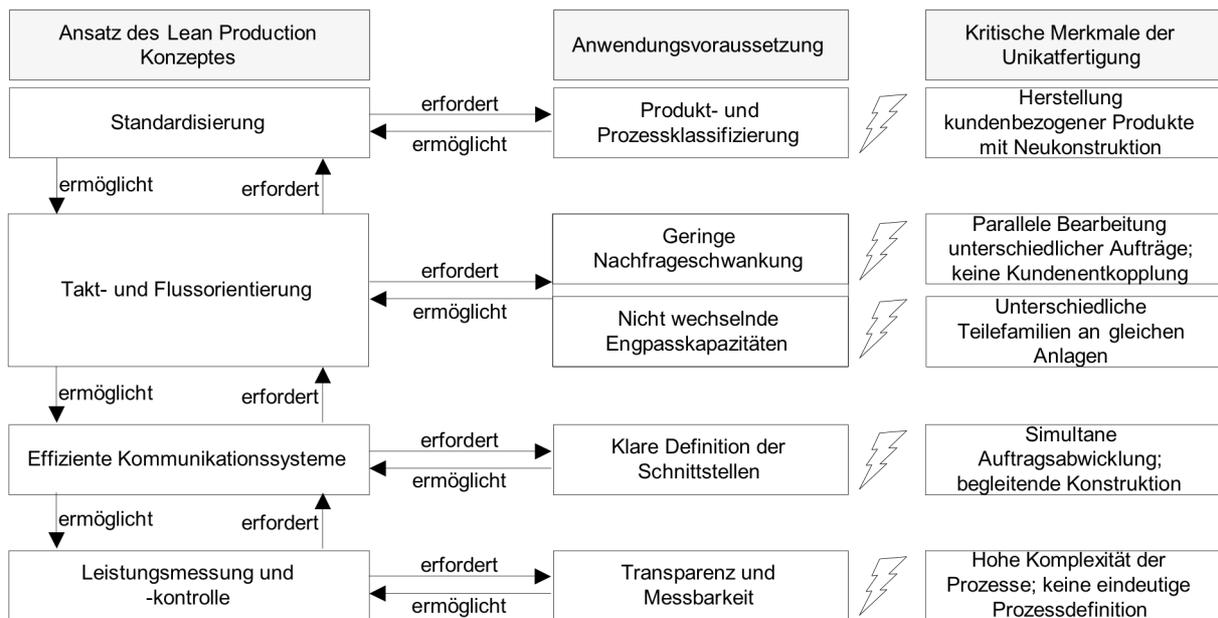


Abbildung 35: Widersprüche zwischen den Merkmalen der Unikatfertigung und den Anwendungsvoraussetzungen der Lean Production

Durch Auflösung der existierenden Widersprüche wäre eine ganzheitliche Übertragung der Lean Production auf die Unikatfertigung möglich. Da die Takt- und Flussorientierung als zentrale Punkte der Lean Production gelten²⁴⁶, sind grundlegende Änderungen der Fertigungs- und Steuerungssystematik in der Unikatfertigung erforderlich. Ein tiefgehender Wandel der Unternehmensstrukturen beim Übergang von der handwerklichen zur taktorientierten Fertigung wird vorausgesetzt.²⁴⁷

Obwohl insbesondere das Takt- und Flussprinzip als die mit der Unikatfertigung unvereinbaren Ansätze gelten, wird im Weiteren eine an die Anforderungen der Unikatfertigung angepasste Lösung vorgestellt.

3.4 Zwischenfazit

Eine Übertragung und Implementierung des schlanken Konzeptes ist auf einer grundlegenden Ebene davon abhängig, ob ein Unternehmen einen nachhaltigen Wandel des technischen Systems, der Managementinfrastruktur sowie

²⁴⁶ siehe Kapitel 2.2.4.1

²⁴⁷ siehe Kapitel 5.1

der Einstellung und der Verhaltensweisen anstrebt. In Bezug auf die genannten Aspekte der Produktionsgestaltung wurden die notwendigen Anwendungsvoraussetzungen der Lean Production auf derer Gültigkeit bei Unikatfertigern geprüft.

Die Validierung der Anwendungsvoraussetzungen wurde erfolgreich abgeschlossen. Die Erfüllungsgrade der einzelnen Rahmenbedingungen sind in der Unikatfertigung weniger stark ausgeprägt als in der Großserienfertigung. Der geringe Erfüllungsgrad von Anwendungsvoraussetzungen liegt in den noch existierenden Widersprüchen zwischen den Merkmalen der Unikatfertigung und der Lean Production begründet. Die identifizierten Widersprüche stellen die Grundlage zur Erarbeitung von Lösungsansätzen dar, die im nächsten Kapitel herausgearbeitet werden.

4 Konzeption eines zweistufigen Taktphasenmodells als Lösungsansatz für Unikatfertigung

Obwohl die organisatorischen und technischen Merkmale der Einzelfertiger eine andere Ausprägung als bei den Serienfertigern aufweisen, verfolgen beide Unternehmenstypen ähnliche Ziele. Im Vordergrund stehen gute Qualität der Produkte, effiziente Prozesse mit hoher Auslastung der Ressourcen, kurze Durchlaufzeiten und geringe Beständen sowie hohe Liefertermintreue. Die bereits stark verbreitete Anwendung des Lean Production Konzeptes im Bereich der Serienfertigung hilft die genannten Ziele zu erreichen. Durch Standardisierung, Flussorientierung und ständige Verbesserung konnten enorme Potenziale bei Beständen, Durchlaufzeiten und Produktivität erschlossen werden. Trotz einer großen Erfolgsbilanz des schlanken Ansatzes, insbesondere in der Automobilindustrie, gilt das Konzept bisher als eher nicht anwendbar in Betrieben mit Unikatfertigung.²⁴⁸ Die Ursache hierfür liegt in existierenden Widersprüchen zwischen den Anforderungen schlanker Prinzipien und den Merkmalen der Unikatfertigung. Das Ziel des vorliegenden Kapitels ist die Entwicklung eines Modells, das die existierenden Widersprüche auflöst und die Übertragbarkeit des Konzeptes auf Unikatfertigung ermöglicht.

Um den dargestellten Konflikt zu vermeiden, wird in der vorliegenden Arbeit ein zweistufiges Taktphasenmodell für Unikatfertigung vorgeschlagen. Das Modell wird in der vorliegenden Arbeit als eine Weiterentwicklung des klassischen Taktprinzips verstanden. Die Unterteilung des klassischen Taktes in Makro- und Mikrotakte stellt die Basis des Modells dar. Die Konzeption des zweistufigen Taktphasenmodells erfolgt in mehreren Schritten. Diese sind im Folgenden genannt und in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

- Datengenerierung,
- Bildung von Process Competence Centers,
- Definition der Makro- und Mikrotakte,
- Übergang zur Materialflussorientierung,
- Festlegung der Steuerungssystematik.

²⁴⁸ vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 428

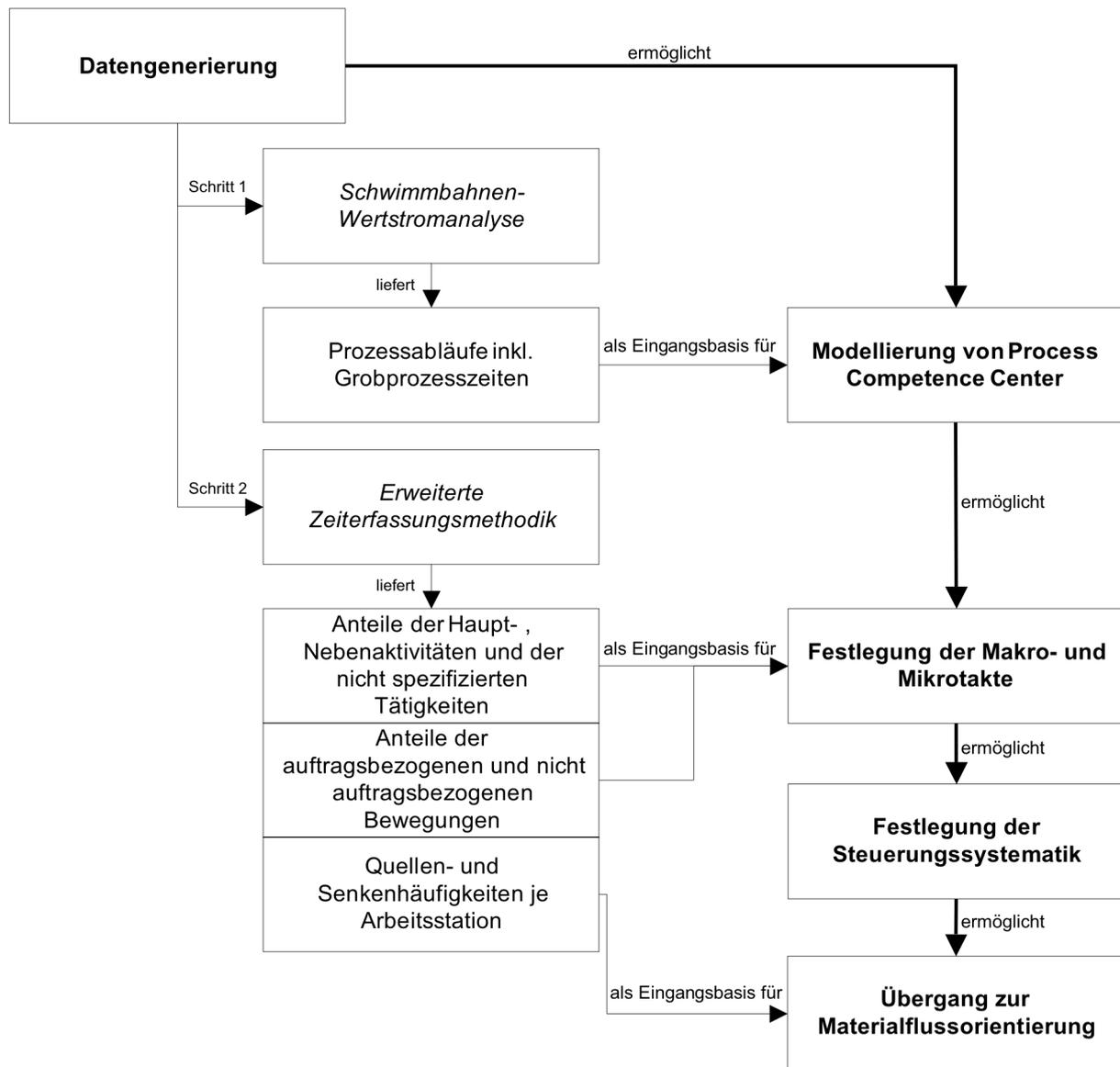


Abbildung 36: Vorgehensweise bei der Konzeption des zweistufigen Taktphasenmodells

4.1 Datengenerierung

Die Schlüsselprozesse der Auftragsabwicklung, wie beispielsweise Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung, sind in jedem Unternehmen bekannt. Zur Realisierung des zweistufigen Taktphasenmodells in der Unikatfertigung reicht der in der Regel vorhandene Detaillierungsgrad jedoch nicht aus. Deshalb ist eine tiefgehende Analyse der Prozesse sowie eine Ermittlung der zeitlichen Struktur von Kernvorgängen erforderlich. Die ermittelten und erfassten Informationen gelten als Eingangsbasis zur Bildung von Process Competence

Centers²⁴⁹ und der Makro- und Mikrotakte²⁵⁰ sowie zur Definition erforderlicher Schnittstellen. Der Schritt der Datengenerierung wird in zwei Stufen unterteilt.

In der ersten Stufe erfolgt eine grobe Betrachtung. Es werden die einzelnen Grobprozesse und die Zusammenhänge zwischen den Prozessen sowie die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten aufgenommen.

In der zweiten Stufe erfolgt eine erweiterte Betrachtung. Mit der in der ersten Stufe durchgeführten Analyse lassen sich die durchschnittlichen Durchlaufzeiten der Grobprozesse ermitteln. Eine detaillierte Untersuchung kleinster Vorgänge ist aufgrund eines breiten Produktspektrums nicht möglich. Deshalb werden die Daten der zweiten Stufe als Ergänzung zu den Analysedaten in der ersten Stufe verstanden. Aus der Analyse lassen sich Rückschlüsse auf den prozentualen Anteil der wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten der Mitarbeiter und der produktiven Zeiten von Betriebsmitteln ziehen. Es werden weiterhin physische Laufwege der Mitarbeiter ermittelt und in Verbindung mit der zeitlichen Strukturanalyse von Kernvorgängen gebracht. Durch die Ermittlung der Gesamtanzahl der Quellen- und Senkenhäufigkeit aller Arbeitsstationen, können die häufig frequentierten Arbeitsstationen identifiziert und bei einer flussorientierten Layoutplanung miteinbezogen werden.

4.1.1 Prozessanalyse mittels der Schwimmbahnen-Wertstromanalyse

Die zeitorientierte Prozessanalyse erfolgt in „lean-kompatiblen“ Unternehmen mittels der klassischen kreisförmigen Wertstromanalyse.²⁵¹ Der Schwerpunkt der klassischen Darstellung liegt in den Produktionsbereichen. Da in der Unikatfertigung eine starke Verzahnung zwischen den Produktions- und Administrativbereichen vorhanden ist²⁵², wird in der vorliegenden Arbeit diese Art der Wertstromanalyse als nur bedingt geeignet bewertet.

²⁴⁹ siehe Kapitel 4.2

²⁵⁰ siehe Kapitel 4.3

²⁵¹ vgl. Rother 2006 und Wiegand/Nutz 2007. Für nähere Informationen zur klassischen Wertstromdarstellung sei auf Rother 2006 und Womack 2006, S. 6 verwiesen.

²⁵² siehe Kapitel 3.1.3

An Stelle der klassischen kreisförmigen Wertstromanalyse wird für die Unikatfertigung eine Schwimmbahnen-Wertstromanalyse²⁵³ vorgeschlagen. Diese Art der Wertstrombildung findet zur Zeit ausschließlich in administrativen Bereichen Verwendung. Das Verwendungsfeld wird in der vorliegenden Arbeit um die produktiven Bereiche erweitert. Die Prozessaufnahme in Form von Schwimmbahnen stellt ein Gerüst für eine spätere Festlegung von Makro- und Mikrotakten sowie der Steuerungssystematik dar. Mittels dieses Ansatzes werden nicht nur die Grobprozesse über die gesamte Auftragsabwicklung erfasst. Viel mehr können die einzelnen Auftragsabwicklungsakteure, wie beispielsweise Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung, systematisch abgebildet werden. Jeder Akteur wird, im Gegensatz zur klassischen Darstellung, in einer separaten Schwimmbahn erfasst, was als ein erheblicher Vorteil bewertet wird – siehe nachfolgende Abbildung.

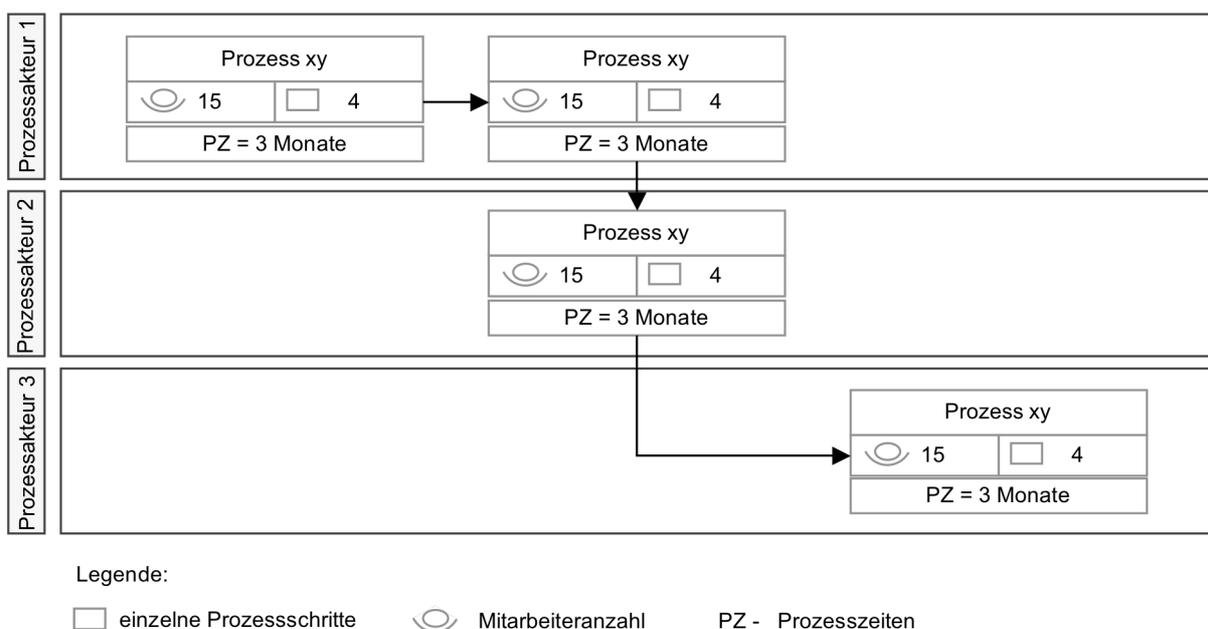


Abbildung 37: Schwimmbahndarstellung zur Erfassung der Grobprozesse
(eigene Darstellung in Anlehnung an Wiegand/Nutz 2007, S. 30)

Es erfolgt eine visuelle Erhebung aller Prozesssprünge sowie vorhandener Schnittstellen zwischen den Prozessakteuren. In der Folge können Prozesse einschließlich der Rückfragen, Nacharbeitsschleifen, Doppelarbeiten und Fehlerquellen im Hinblick auf die Prozessreihenfolge und die erforderlichen Mitar-

²⁵³ vgl. Wiegand/Nutz 2007, S. 30

beiter sowie Prozesszeiten analysiert werden. Die erfassten Grobprozesse stellen die Basis für die Bildung von Process Competence Centers dar.

Zur späteren Definition der Takte werden innerhalb der Prozesszeit drei Zeitgrößen ermittelt:

- Die Hauptprozesszeit umfasst die benötigte Arbeitszeit, um eine Aufgabe abschließend zu bearbeiten. Es wird vorausgesetzt, dass die dazu benötigten Mittel, wie beispielsweise Informationen, Systeme, Unterlagen, Materialien und Betriebsmittel, dem Bearbeiter zur Verfügung stehen.
- Die Neben- oder Übergangszeit umfasst Warte-, Liege- und Transportzeiten.
- Die Rückfrage- und Nacharbeitszeit umfasst alle entstandenen Klärungsaufwändungen.²⁵⁴

Da jedes Produkt eine unterschiedliche Bearbeitungszeit haben kann, ist eine minutengenaue Aufnahme pro Prozessschritt nicht möglich und wird nicht empfohlen. Als geeignete Zeiteinheit werden Schichten, Tage, Wochen oder Monate bewertet. Diese relativ große Zeiteinheit resultiert aus den langen Entwicklungs- und Herstellungszeiten von Unikaten. In Betrieben mit meist handwerklicher Fertigung lassen sich die Neben-, Übergangs-, Rückfrage- und Nacharbeitszeiten in produktiven Bereichen nur mit einem großen Zeitaufwand ermitteln. Aus diesem Grund ist in der ersten Analysestufe eine Expertenschätzung zulässig. Die geschätzten prozessualen Anteile der Prozesszeiten werden in der zweiten Analysestufe verifiziert.

4.1.2 Erweiterte Zeiterfassungsmethodik

Den Unternehmen mit Unikatfertigung stehen vielfältige Verfahren, Methoden und technische Hilfsmittel zur Verfügung, um die Fragestellung nach der zeitlichen Struktur einzelner Vorgänge zu beantworten und eine Verbesserung der Arbeitsablaufstrukturen zu sichern. Um ein grobes Verständnis zu vermitteln, seien einige der Möglichkeiten zur Erfassung von Ist-Zeiten für die Arbeitsabläufe anhand der folgenden Abbildung dargestellt.

²⁵⁴ vgl. Wiegand/Nutz 2007, S. 32ff.

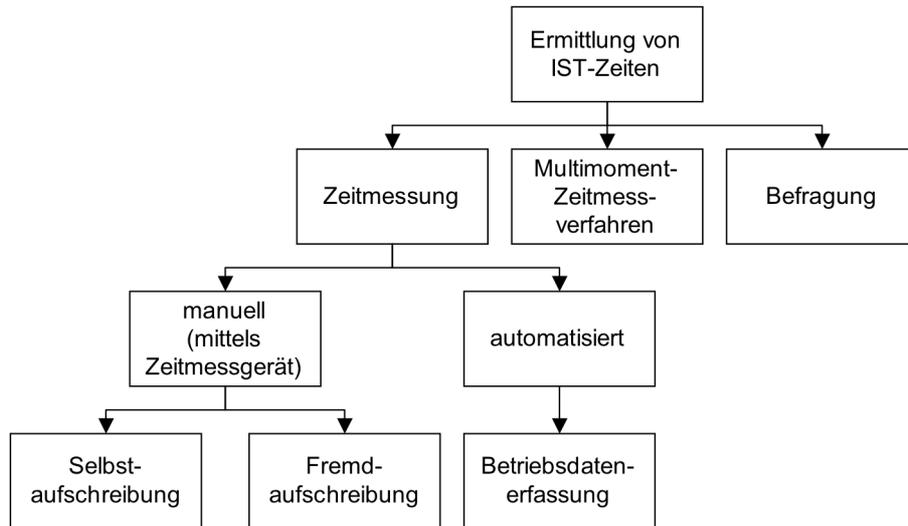


Abbildung 38: Klassische Methoden der Ist-Zeitenerfassung von betrieblichen Abläufen
(vgl. Mönig 2005, S. 41 und Laible 2006, S. 24)

In „lean-kompatiblen“ Unternehmen wird die Zeitmessung kleinster Vorgänge als Grundlage zur Festlegung und Optimierung des eingeführten Taktes verwendet. Aufgrund erzeugter Daten und Informationen bezüglich der Mitarbeiter, Betriebsmittel, Zeiten und Tätigkeiten kann eine wesentliche Verbesserung der Produktivität und Steigerung der Transparenz in den Arbeitsabläufen erreicht werden.

Da beim Übergang von der handwerklichen zur taktorientierten Unikatfertigung noch keine Taktgrößen vorhanden sind, besteht die Notwendigkeit einer erstmaligen Zeitaufnahme. Die Zeiterfassung kleinster Vorgänge ist aufgrund produktabhängig wechselnder Aktivitäten nicht sinnvoll. Eine solche Untersuchung würde unscharfe Ergebnisse liefern. Deshalb erfolgt die Konzentration auf die Ermittlung von Anteilen an wertschöpfenden, nicht wertschöpfenden und nicht spezifizierten Tätigkeiten. Die Grundlage der Untersuchung stellt die Multimomentaufnahme dar. In der vorliegenden Arbeit wird die klassische Methodik der Multimomentaufnahme mit einer Laufwegeanalyse kombiniert. Die Erweiterung wird vorgenommen, um die Ergebnisqualität zu verbessern.

Klassische Vorgehensweise:

Zur Durchführung der Datenerhebung mittels der Multimomentaufnahme sind als erstes ein Arbeitsprogramm zu definieren und die zu beobachtenden Ar-

beitssysteme und Systemelemente, wie Betriebsmittel und Menschen, sinnvoll auszuwählen. Eine Einbeziehung aller mit dem zu untersuchenden Arbeitssystem zusammenhängenden Arbeitsstationen beugt einem zusätzlichen Untersuchungsaufwand vor und sorgt für ein möglichst fehlerfreies Ergebnis. Für die identifizierten Arbeitssysteme sind als nächstes Teilprozesse zu definieren und zu beschreiben. Die bereits mittels der Schwimmbahnen-Wertstromanalyse erfassten Prozessschritte werden als Grundlage der Gliederung von Teilprozessen verstanden.²⁵⁵ Es ist zu beachten, dass eine Multimomentbeobachtung nur wenige Sekunden dauert. Deshalb sollten alle Ablaufarten eindeutig und einfach definiert werden.²⁵⁶

In der Planungsphase sind zusätzlich ein Rundgangsplan, der Aufnahmezeitraum, Rundgangszeitpunkte, die Anzahl der Beobachtungen und das Aufnahmeverfahren zu bestimmen. Eine Alternative zur manuellen Erhebung der Zeitdaten stellen Betriebsdatenerfassungssysteme /BDE-Systeme/ dar.²⁵⁷ Da der Beobachtungsumfang bis zu 20.000 Beobachtungen umfassen kann, beschleunigt und vereinfacht der Einsatz eines BDE-Systems eine geplante Multimomentaufnahme. Der Einsatz von IT-Lösungen spielt eine bedeutende Rolle, insbesondere nach dem Übergang zur taktorientierten Fertigung. Durch eine dauerhafte Datenerfassung können die Optimierungspotenziale im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung regelmäßig erhoben werden.

Anhand der erhobenen Zeitdaten kann eine Auswertung erfolgen. Sind die Multimomentaufnahme-Ergebnisse auf Grund eines ausreichend großen Stichprobenumfangs statistisch auswertbar, können Aussagen über die prozentualen Anteile untersuchter Prozessschritte sowie über die Anteile der wertschöpfenden, nicht wertschöpfenden und nicht spezifizierten Tätigkeiten getroffen werden. Diese Ergebnisse geben erste Hinweise über die Schwachstellen des untersuchten Arbeitssystems und ermöglichen eine Ausarbeitung der Optimierungsmaßnahmen.

Erweiterung der Multimomentaufnahme um eine Laufwegeanalyse:

Bei der Durchführung einer Multimomentaufnahme ist die Auswertung der Anwesenheit der Mitarbeiter am manuellen Arbeitsplatz oder der Maschinenbe-

²⁵⁵ siehe Kapitel 4.1.1

²⁵⁶ vgl. Simons 1987, S. 126f.

²⁵⁷ vgl. Laible 2006, S. 127

diener bei ihren Betriebsmitteln eine übliche Bewertungsgröße. Es wird beispielsweise analysiert, wie viel Zeiteinheiten pro gewählte Beobachtungsperiode ein Arbeitsplatz besetzt ist. Als Ergebnis erhalten Multimomentverantwortliche zum Beispiel folgende Werte:

- Betriebsmittel 1 (Beobachtungspunkt 1 des Rundganges): Bei 30% aller Beobachtungen stand kein Mitarbeiter an dieser Maschine.
- Betriebsmittel 2 (Beobachtungspunkt 2 des Rundganges): Bei 25% aller Beobachtungen stand kein Mitarbeiter an dieser Maschine.

Die Aussagekraft dieser Daten ist limitiert.²⁵⁸ Bedient ein Arbeiter im obigen Beispiel mehr als eine Maschine, können diese Abwesenheitswerte einen guten Wert darstellen. Denn ist der Arbeiter nicht bei Betriebsmittel 1 anzutreffen, kann er dennoch produktiv beispielsweise an Betriebsmittel 3 arbeiten. Dies kann aus den vorliegenden Werten jedoch nicht abgelesen werden. Sollte ein Mitarbeiter nur eine Maschine bedienen, könnten diese Werte im Gegensatz als schlecht eingestuft werden. Es wird deutlich, dass die Werte zur Anwesenheit eines Mitarbeiters an einem Betriebsmittel alleine keine Beurteilung hinsichtlich der Qualität des Arbeitsablaufes zulassen.

Im praktischen Umfeld können diverse Möglichkeiten erdacht werden, um diesen Mangel der unzureichenden Information zu beheben. Wäre es möglich den Grund einer Abwesenheit, die während eines Rundganges der Multimomentaufnahme beobachtet wurde, zu identifizieren, ist dies ein deutlicher Gewinn in der Informationsqualität und stellt einen relevanten Vorteil beim Übergang von der handwerklichen zur taktorientierten Unikatfertigung dar.

Eine einfache, aber wirkungsvolle Möglichkeit des zusätzlichen Informationsgewinnes ist die Einführung von Abwesenheitstafeln mit möglichen Zusatzaktivitäten. Von den Multimomentverantwortlichen werden Abwesenheitstafeln vorbereitet, durch die ein Maschinenbediener anzeigen kann, wohin er geht, wenn er seinen Arbeitsplatz verlässt. Ein laminiertes Ausdruck einer Liste der Abwesenheitsmöglichkeiten reicht aus. Diese Tafel wird so positioniert und befestigt, dass sie sowohl für den Maschinenbediener leicht zu erreichen ist, als auch für den Beobachter, der die Rundgänge der Multimomentaufnahme durchführt, sofort zu erkennen ist. Zur Anzeige der Abwesenheitsgründe kann

²⁵⁸ vgl. Specht/Gruß/Stefanska 2007, S. 836

der pragmatische Einsatz von Wäscheklammern verfolgt werden. Ein Betriebsmittel oder manueller Arbeitsplatz bekommt neben der Tafel der Abwesenheitsgründe eine Wäscheklammer zugeordnet, die der Mitarbeiter an die entsprechende Auswahl anheftet, wenn er seinen Arbeitsplatz verlässt.²⁵⁹ Aus der Blickrichtung der späteren Analyse sollten so viele Abwesenheitsgründe wie möglich zur Auswahl gestellt werden, um einen möglichst hohen Detaillierungsgrad zu erreichen. Allerdings ist eine Maximierung der Anzahl der Auswahlmöglichkeiten in Realität nicht umsetzbar, da es die Produktionsmitarbeiter von ihren eigentlichen Aufgaben zu sehr abhält und zu fehleranfällig wäre. Fünf bis sechs Abwesenheitsgründe, beispielsweise „Meistergespräch“ oder „Spänebehälter entleeren“, erscheinen für die Produktionsmitarbeiter leicht überschaubar zu sein. Bei der Entwicklung der Abwesenheitstafel können neben den expliziten Abwesenheitsgründen ein Feld „nicht spezifiziert“ mit aufgenommen werden. Für den Fall, dass ein Mitarbeiter den Arbeitsplatz verlässt und der Grund nicht explizit auf der Tafel zu finden ist.

Durch die Einführung dieser Abwesenheitstafeln können die ursprünglichen Teilergebnisse der Multimomentbeobachtungen detaillierter betrachtet und wichtige Rückschlüsse auf den vorhandenen Zeitstrukturen der Prozessschritte gezogen werden. So könnten die Beispieldaten von oben nun etwa wie folgt aussehen:

- Betriebsmittel 1 (Beobachtungspunkt 1 des Rundganges):
Bei 30% aller Beobachtungen stand kein Mitarbeiter an dieser Maschine.
Bei 80% dieser Beobachtungen war der Mitarbeiter bei Betriebsmittel 3 und hat diese Maschine bedient.
20% dieser Beobachtungen sind nicht näher spezifiziert.
- Betriebsmittel 2 (Beobachtungspunkt 2 des Rundganges):
Bei 25% aller Beobachtungen stand kein Mitarbeiter an dieser Maschine.
Bei 12% dieser Beobachtungen war der Mitarbeiter beim Meister.
88% dieser Beobachtungen sind nicht näher spezifiziert.

²⁵⁹ vgl. Specht/Gruß/Stefanska 2007, S. 837

Das Ergebnis kann zufrieden stellend ausfallen und Schwachstellen im Arbeitsablauf aufdecken, die bei einer späteren Einführung der Taktung behoben werden können. Sollte der Anteil an „nicht spezifizierten“ Abwesenheiten jedoch zu groß sein, sind auch diese verfeinerten Daten nicht detailliert genug. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass die Produktionsmitarbeiter, die von der Durchführung der Multimomentaufnahme wissen, auf Grund der Untersuchung ihr Verhalten leicht ändern, was eine Unschärfe in den gewonnenen Daten zur Folge hat. Um diesen Mangel zu beheben und einen erhöhten Detaillierungsgrad zu erreichen, können als Erweiterung eine zusätzliche Laufwegeuntersuchung der Multimomentaufnahme vorgeschaltet und die Ergebnisse der beiden Untersuchungen im Anschluss kombiniert werden.

Vor einer geplanten Multimomentaufnahme ist eine Laufwegeanalyse anzustoßen und kontinuierlich bis zum Abschluss der Multimomentaufnahme durchzuführen. Ergeben die Analysen der Multimomentaufnahme, dass die produktiven Mitarbeiter zu oft „nicht spezifiziert“ nicht an den Arbeitsplätzen anzutreffen sind, können die gewonnenen Daten der Laufwegeerhebung genutzt werden, um eine Erklärung für die Abwesenheit zu liefern.²⁶⁰ Die Laufwegeerhebung kann ein einfaches Design aufweisen, um die problemlose Realisierung vor Ort und eine möglichst geringe Fehlerwahrscheinlichkeit durch die Mitarbeiter zu ermöglichen. Denkbar sind ausgearbeitete Listen, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt, die an allen Standorten, welche die Mitarbeiter auftragsbedingt aufsuchen müssen, ausgelegt werden.

Derzeitiger Standort: Betriebsmittel/Arbeitsplatz B	
Von	Datum: dd.mm.jjjj
BM/AP A	
BM/AP B	-----
BM/AP C	/
BM/AP D	
BM/AP E	
BM/AP F	

Abbildung 39: Laufwegeerhebungsblatt

Der Mitarbeiter wird angehalten immer einen Strich in dieser Liste zu tätigen, wenn er auftragsbezogen zu diesem Betriebsmittel/Arbeitsplatz kommt. Den

²⁶⁰ vgl. Specht/Gruß/Stefanska 2007, S. 837

Strich setzt er an die Stelle, die kennzeichnet von welchem Betriebsmittel/Arbeitsplatz er gerade gekommen ist. Durch die Auswertung aller Wege entsteht eine Matrix. Sie zeigt, welche Wege auftragsbezogen getätigt werden müssen. Eine beispielhafte Matrix ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Laufwegematrix																									
	Arbeitsplatz 1	Arbeitsplatz 2	Arbeitsplatz 3	Betriebsmittel 1	Betriebsmittel 2	Arbeitsplatz 4	Arbeitsplatz 5	Werkzeugausgabe	Pausenzone	Teamleiterbüro	Betriebsmittel 3	Betriebsmittel 4	Fertigungsvorbereitung	Schichtleiterbüro	Produktionsleiter	Betriebsmittel 5	Arbeitsplatz 6	Zwischenlager	Endlager	
Arbeitsplatz 1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbeitsplatz 2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbeitsplatz 3	0	0	0	2	106	92	0	6	5	5	0	0	2	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsmittel 1	0	0	0	0	1	23	0	2	0	12	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsmittel 2	0	0	103	1	0	4	1	1	0	19	0	0	4	3	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Arbeitsplatz 4	2	0	75	6	10	0	0	13	8	32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Arbeitsplatz 5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werkzeugausgabe	0	0	1	5	2	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pausenzone	0	0	4	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Teamleiterbüro	1	0	1	7	15	44	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsmittel 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsmittel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fertigungsvorbereitung	0	0	1	0	11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schichtleiterbüro	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produktionsleiter	0	0	3	3	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsmittel 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbeitsplatz 6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zwischenlager	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Endlager	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 40: Laufwegematrix

Die Listen sollten täglich ausgetauscht werden, um eine taggenaue Zuordnung der Laufwege zu ermöglichen. Wichtig ist jedoch, dass die Mitarbeiter ausschließlich auftragsbezogene Wege erfassen, um später eine untere Grenze der nicht spezifizierten Abwesenheit feststellen zu können.

Wird bei der späteren Multimomentaufnahme ermittelt, dass an einem Betriebsmittel bei zum Beispiel 30% der Beobachtungen kein Mitarbeiter am Betriebsmittel stand und 80% der Abwesenheitsgründe nicht näher spezifiziert werden konnten, können nun die Laufwege an den Tagen der Multimomentaufnahme mögliche Rückschlüsse zulassen. Waren laut Laufwegeanalyse an den Tagen der Multimomentaufnahme keine auftragsbezogenen Wege von

diesem Betriebsmittel nötig und war das Betriebsmittel dennoch verwaist, ist der Rückschluss zulässig, dass der Werker das Betriebsmittel nicht auftragsbezogen verlassen hat. An dieser Stelle kann ein klares Optimierungspotenzial entdeckt werden. Die Arbeitszeit des Mitarbeiters kann effektiver genutzt werden durch beispielsweise eine weitere Maschinenbedienung oder die Erhöhung der Qualität der Erzeugnisse, indem die Mitarbeiter mehr überwachende Tätigkeiten an den Maschinen ausüben. Liegen jedoch an den Tagen der Multimomentaufnahme mit hohen ungeklärten Abwesenheiten auftragsbezogene Laufwege vor, ist der oben gezogene Rückschluss, dass der Werker nicht auftragsbezogen das Betriebsmittel verlassen hat, nicht mehr möglich.

Die vorgeschlagene Methodik kann nach der ersten Umstellung von Prozessen als Verifizierungs- und Optimierungswerkzeug verwendet werden. Aus der Laufwegeanalyse lassen sich zusätzlich weitere relevante Daten generieren. Durch die Aufnahme der Wege in eine Wegematrix kann die Frequentierung einzelner Arbeitsplätze beziehungsweise von Betriebsmitteln beobachtet werden. Für die untersuchten Stationen lassen sich die Quellen- und Senkenanzahl und somit die Häufigkeiten der beschrittenen Wege nachvollziehen. Aus der Analyse der Ergebnisse können Hinweise für eine optimale materialflussorientierte Layoutgestaltung abgeleitet werden.

Die in der vorliegenden Arbeit vorgeschlagene Kombination von Analysemethoden erlaubt einen schnellen, aufwandsarmen und detaillierten Blick in die zeitlichen und physischen Arbeitsabläufe eines Unternehmens mit Unikatfertigung, um im nächsten Schritt das Konzept der Lean Production zu adaptieren.

4.2 Modell der Process Competence Center

Die Grundlage einer schlanken Gestaltung des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses ist die Prozessorientierung. Zudem stehen das Prozessdenken und der Prozess im Zentrum des Konzeptes.

Ein Prozess lässt sich als eine *„kundenorientierte Wertschöpfung definieren, die definierte Einsatzgüter zielgerichtet, unter Verzehr von Ressourcen, in bestimmte Leistungen transformiert. Die Wertsteigerung findet messbar im Rah-*

*men von Aktivitätenfolgen statt, die sowohl technisch-gestaltender, dispositiver als auch materieller Art sein können.*²⁶¹

Da die Prozessorientierung die Realisierung stark heterogener Kundenwünsche mit Kosten- und Zeitvorteilen ermöglicht²⁶², wird ein konsequenter Wandel von der reinen Kundenorientierung in eine durchgängige Prozessorientierung angestrebt. Der Übergang könnte durch die Bildung von Process Competence Centern /PCC/ realisiert werden. Ziel ist die Beschreibung und Darstellung von Prozessen und deren Wechselwirkungen. PCC beschreiben in sich abgeschlossene optimierte Prozesse mit einer festen Tätigkeitsreihenfolge, definierten Ergebnissen und festgelegten standardisierten Schnittstellen. Eindeutig definierte PCC können bei Bedarf in jedem Prozess als Austauschelement eingesetzt werden. Eine höhere Prozesssicherheit und –qualität sind die positiven Folgen.

4.2.1 Produktstandardisierung

Definition und Einführung von PCC basieren auf der Produkt- und Prozessstandardisierung. Der Gedanke der Produktstandardisierung erscheint im Zusammenhang mit den individuellen Konstruktionen und breitem Produktspektrum bei den Unikatfertigern zunächst unmöglich. Die Produktstandardisierung in Unternehmen mit Unikatfertigung würde somit einen revolutionären Schritt darstellen. Dies sollte jedoch nicht für die fertigen Produkte gelten. Die Produktstandardisierung könnte auf der Ebene der Einzelkomponente vorgenommen werden. Die Verwendung von Gleichteilen und Wiederholteilen ist grundlegend. Durch die Definition und den Aufbau eines Produktbaukastens mit Standardeinzelteilen und wenigen individuellen Komponenten kann ein hoher Individualisierungsgrad der Produkte erreicht werden.

Folgende Aspekte gilt es bei der Produktstandardisierung zu berücksichtigen:

²⁶¹ vgl. Seidenschwarz 2008, S. 10 und Hellmich 2003, S. 10. und zu den Aktivitäten der technischen, dispositiven und materiellen Art siehe Kapitel 3.1.3

²⁶² vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 433

- Untersuchung des Produktspektrums als Grundlage der technologieorientierten Produktgruppierung mit dem Ziel der Standardisierung auf der Einzelteileebene,
- Definition von Standardisierungsgrenzen inklusive detaillierter Schnittstellenbeschreibung für die Baukastenelemente auf der Einzelteileebene,
- Lebenszyklusplanung für das betrachtete Teilespektrum als Grundlage einer Realisierung von radikalen und inkrementellen Innovationen.

Zur Durchführung der Produktstandardisierung auf der Ebene von Einzelteilen wird im ersten Schritt die Segmentierung der Endprodukte vorgenommen. Die Endprodukte werden in Bezug auf den Herstellungsprozess unterteilt. Das bedeutet, die Endprodukte, deren Herstellung ein ähnliches Spezialwissen innerhalb der Fertigung erfordert, werden zu einem Produktsegment zusammengefasst. In den vordefinierten verschiedenen Produktsegmenten können unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Während in einem Produktsegment die Lieferzeiten und somit die Durchlaufzeiten als wichtigste Ziele festgelegt werden, kann in einem anderen Produktsegment beispielsweise die Qualität im Vordergrund stehen.

Für die definierten Produktsegmente sind im zweiten Schritt Baukästen mit Standardkomponenten festzulegen. Die Standardisierung von Einzelteilen innerhalb eines Baukastens kann in Bezug auf die nicht formgebenden Elemente erfolgen. Ein Beispiel hierfür stellt der Werkzeugbau dar.²⁶³ Die Werkzeuge bestehen zum einen aus Komponenten, die für eine spätere Teilegeometrie verantwortlich sind, zum anderen aus solchen Elementen, die nicht unmittelbar an der späteren Werkstückherstellung beteiligt sind. Die zweite Teilegruppe wird als potenziell standardisierbar bewertet. Die potenziell standardisierbaren Komponenten können weiterhin in geometrisch identische Teile sowie geometrisch vergleichbare Teile mit geringen Unterschieden klassifiziert werden. Für die geometrisch identischen Teile werden standardisierte Konstruktions- und Fertigungsunterlagen einmalig festgelegt. Die geometrisch vergleichbaren Komponenten erfordern einen abstrahierten Unterlagenstandard, der je nach Ausprägung in einem zusätzlichen Arbeitsschritt finalisiert wird. Es ist damit

²⁶³ vgl. Klotzbach 2007, S. 168

beispielsweise die Erzeugung einer endgültigen Zeichnung für die geforderten Maße gemeint.

Für die nicht geometrisch standardisierbaren Komponenten wird eine Vereinheitlichung des Fertigungsprinzips angestrebt. Das bedeutet, unterschiedliche Teile werden mit möglichst ähnlichen Fertigungs- und Montageschritten hergestellt. Dies ermöglicht die Definition benötigter Ressourcen und deren Flexibilität zur Abdeckung des gewünschten Produktionsspektrums.

Die technische Herausforderung bei der Gestaltung eines Baukastens besteht darin, die Schnittstellen zwischen den Standardeinzelteilen sowie zwischen den standardisierten und individuellen Komponenten so festzulegen, dass eine breite Kombinatorik und aufwandsarme Anbindung individueller Lösungen möglich werden. Eine eindeutige und genaue Beschreibung der Schnittstellen zwischen den Komponenten ermöglicht eine interne Kooperation zwischen den unterschiedlichen Produktsegmenten. Der hohe Komplexitätsgrad einzelner Baukästen kann durch die interne Kooperation zusätzlich reduziert werden. Weiterhin öffnet eine eindeutige Schnittstellendefinition die Möglichkeit zu externen Kooperationen. Es sind damit andere Unikatfertiger innerhalb der gleichen Branche gemeint. Ein Sourcing von Einzelteilen und standardisierten Baugruppen, auch aus den Low-Cost-Countries, sind die positiven Folgen.

Im Rahmen der Produktstandardisierung ist die Lebenszyklusplanung jedes zu definierenden Baukastens von großer Bedeutung. Neben den wirtschaftlichen und technologischen Aspekten nimmt die geplante Lebensdauer Einfluss auf die Realisierung von Produktinnovationen. Innerhalb eines bereits definierten Baukastens wird eine kontinuierliche Anpassung, beziehungsweise Weiterentwicklung einzelner Baukastenkomponenten angestrebt – es wird von einer inkrementellen Innovation gesprochen. Der Zuwachs einzelner Baukastenelemente muss kontrolliert erfolgen. Ziel ist es, eine wirtschaftliche und technologisch aktuelle Zusammenstellung von Einzelteilen in Bezug auf die vorherrschende Baukastenvariante zu erzeugen. Entsprechen die Baukastenelemente nicht dem aktuellen Stand der Technik, ist eine Entscheidung über die Einführung eines neuen verbesserten Baukastens zu treffen. Der Kompatibilitätsgrad einzelner Komponenten des alten und neuen Baukastens ist, beispielsweise im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Ersatzteile, festzulegen.

Die Realisierung von radikalen Innovationen ist nur in Bezug auf einen neu zu definierenden Baukasten in einer projektunabhängigen Entwicklung vorzunehmen. Die Ermittlung des Zeitpunkts einer neuen Baukastengestaltung und somit der Definition neuer Standards für die Einzelteile kann durch den Einsatz von Methoden zur kooperativen Technologiefrühaufklärung²⁶⁴ als ein Vorschauinstrument unterstützt werden.

Der Standardisierungsumfang hängt maßgeblich vom Individualisierungsgrad ab und wird durch die Anzahl von Auswahlmöglichkeiten sowie der technischen Restriktionen determiniert. Neben dem erforderlichen Individualisierungsgrad bestimmen das vordefinierte Verfahrensspektrum innerhalb der Fertigung sowie die geplante Lebensdauer eines Baukastens die Standardisierungsgrenzen.

Der Anstoß zur Produktstandardisierung muss bereits während der Konstruktion erfolgen, indem ein Pool von Konstruktionsfreiheitsgraden festgelegt wird. Die definierten Regeln sind kontinuierlich zu erweitern und gelten für alle Mitarbeiter der Konstruktionsabteilung. Die Begrenzung von erlaubten Freiheitsgraden auf ein notwendiges Minimum stellt den wesentlichen Unterschied zur klassischen/herkömmlichen Entwicklung und Konstruktion individueller Produkte dar.²⁶⁵ Die persönlichen Eigenschaften eines Konstrukteurs werden nun kontrolliert eingesetzt.

²⁶⁴ Für detaillierte Ausführungen zum Thema Technologievorausschau sei auf die Arbeit von Mieke 2006 verwiesen.

²⁶⁵ vgl. Specht/Stefanska/Gruß 2009, S. 312. Zu der klassischen Entwicklung und Konstruktion sei auf Conrad 2005 verwiesen.

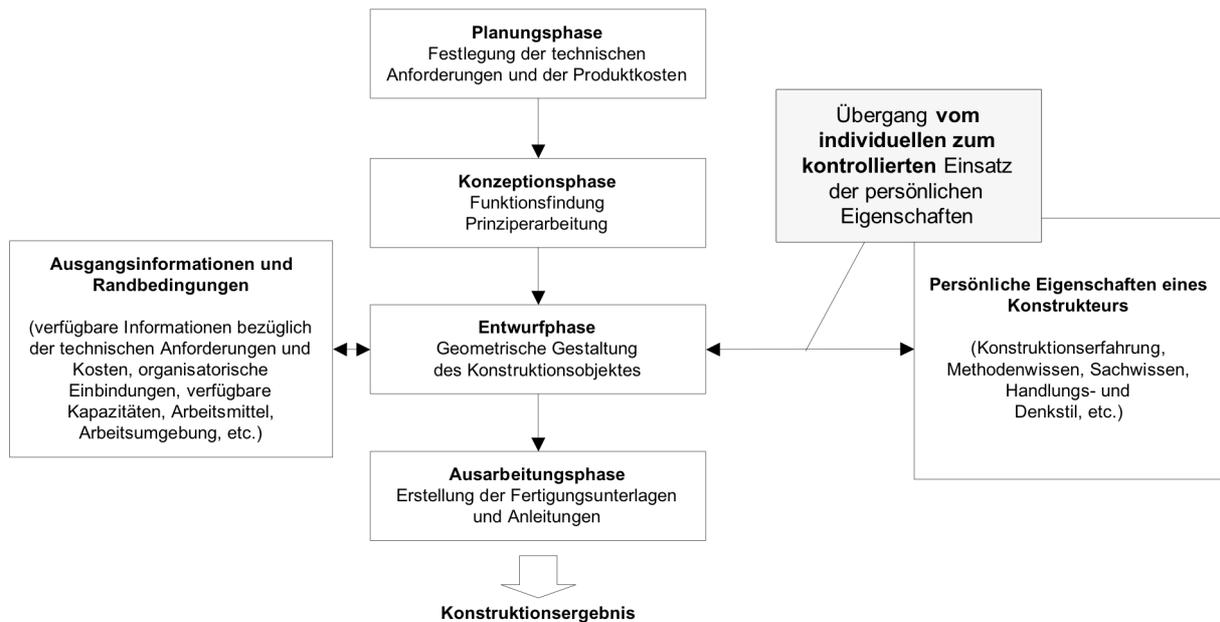


Abbildung 41: Phasen des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses (vgl. Specht/ Stefanska/Gruß 2008, S. 312 und in Anlehnung an Conrad 2005, S. 63)

Die Entkopplung eines Konstrukteurs vom Endprodukt und der Wandel vom individuellen zum kontrollierten Einsatz der persönlichen Eigenschaften wird als eine wesentliche Prämisse bei der Realisierung der Produktstandardisierung in der Unikatfertigung verstanden.

Erfolgt die Konstruktion der Endprodukte auf einer gemeinsamen Basis, können gleiche oder ähnliche Funktionen unterschiedlicher Produktkomponenten durch gleiche Lösungen realisiert werden. Auf der Ebene der Einzelteile lassen sich dadurch vordefinierte Normteile und Komponenten verwenden. Die speziellen Anforderungen des Kunden an das Endprodukt werden durch die Neu- oder Anpasskonstruktion realisiert. Parallel zur Produktstandardisierung wird eine Vereinheitlichung der Konstruktionsunterlagen als Endergebnis der Entwicklung und Konstruktion angestrebt. Der Aufbau von standardisierten Zeichnungs- und Stücklistensätzen sowie von Standards- und Sammelarbeitsplänen ermöglicht deren Wiederverwendung. Da die wesentlichen Funktionen der Einzelteile im Rahmen der Standardisierung nicht verändert werden, hat die Produktstandardisierung auf der Einzelteileebene kaum Auswirkung auf den individuellen Kundenwunsch.

Die Weiterentwicklung im Bereich der Unikatfertigung liegt darin, die Komplexität in der Entwicklung und der Fertigung zu reduzieren, ohne das Angebot gegenüber den Kunden zu begrenzen. Die Verwendung standardisierter Einzelkomponenten ist eine Voraussetzung für eine spätere Bildung von PCC. Sie ermöglicht eine bessere Planbarkeit und führt unter anderem zur Einsparung teurer Nacharbeit.

4.2.2 Objektorientierter Ansatz zur Komplexitätsreduzierung in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase

Die Reduzierung der Komplexität in der Produktentwicklung durch die Verwendung von standardisierten Einzelteilen erfordert die Bereitstellung einer einheitlichen und für alle Konstrukteure zugänglichen Datenbasis. Die Reduzierung der Konstruktionsfreiräume und folglich der in Frage kommenden Lösungsmöglichkeiten unterstützt maßgeblich die Produktstandardisierung. Bei der Erarbeitung einer optimalen konstruktiven Lösung sind neben der technischen auch die wirtschaftlichen Fragestellungen zu betrachten. Der objektorientierte Ansatz könnte in diesem Zusammenhang einen positiven Beitrag leisten.²⁶⁶ In der Entwurfphase²⁶⁷ werden Alternativen hinsichtlich denkbarer konstruktiver Lösungen einzelner Komponenten zunächst festgelegt. Weiterhin können die daraus folgenden Endproduktkosten geprüft und bewertet werden. Die ausgewählte technische Lösungsvariante soll ein Optimum zwischen Durchführbarkeit, Qualität und Kosten darstellen.

Die Implementierung eines objektorientierten Ansatzes zur Kostensteuerung in Entwicklungsabteilungen erfordert zunächst die Bereitstellung einer Datenbasis hinsichtlich der zu entwickelten Produkte.²⁶⁸ Diese wird bereits im Rahmen der Produktsegmentierung und der Produktstandardisierung erzeugt. Bei der Entwicklung einer Datenstruktur ist zunächst der Fokus auf die Entwicklungsparameter, das heißt die Freiheitsgrade der Entwicklung, zu legen, die einen unmittelbaren Einfluss auf die Kosten der jeweiligen Teile haben. Eine Erwei-

²⁶⁶ vgl. Specht/Stefanska/Gruß 2008, S. 311f.

²⁶⁷ siehe die Abbildung 42

²⁶⁸ vgl. Hong/Hu/Xue/Tu/Xiong 2008, S. 3298ff.

terung der Datenstruktur um die Entwicklungsparameter, die einen mittelbaren Einfluss auf die Kosten haben, kann später jederzeit vorgenommen werden.

Die Initialisierung von Objekten in objektorientierten Systemen stützt sich auf ein Konzept der Klassenbildung. Jedes mögliche Objekt, zum Beispiel ein zu kalkulierendes Entwicklungsbauteil, wird aus einer übergeordneten Klasse erzeugt. Eine Klasse definiert eine Menge von in ihrer Struktur gleichartigen Objekten. In ihrer Struktur gleichartig bedeutet hier eine Identität bezüglich der Anzahl und Art der enthaltenen Daten und Operationen. Um den hierarchischen Aufbau eines Produktes möglichst effizient abzubilden, bietet eine objektorientierte Modellierung die Möglichkeit der Vererbung. Vererbung im Sinne der Objektorientierung bezeichnet den Mechanismus, der Attribute und Methoden von Oberklassen ihren Subklassen verfügbar macht. Die Grundeigenschaften von Klassen werden an die Unterklassen weitergegeben. Das Prinzip der Vererbung ermöglicht es, Varianten einer Klasse zu erstellen, ohne die Klasse selbst zu modifizieren und ohne die vorhandenen Attribute und Methoden zu ändern. Vererbung vereinfacht die Definition von Klassen dadurch, dass diese Klassen in Analogie zu den vorher definierten Klassen beschrieben werden können. Vererbung stellt weiterhin die Aspekte der Generalisierung und der Spezialisierung dar, das heißt eine Klasse kann als Einschränkung – Spezialisierung – oder Erweiterung – Generalisierung – einer anderen Klasse definiert werden. Die Möglichkeiten der Mehrfachvererbung, das heißt das Erben einer Unterklasse von zwei oder mehreren Oberklassen ist möglich, soll jedoch aus Gründen der Komplexitätsreduktion zunächst nicht betrachtet werden. Das Konzept der objektorientierten Entwicklung einer Datenstruktur wird anhand der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht.

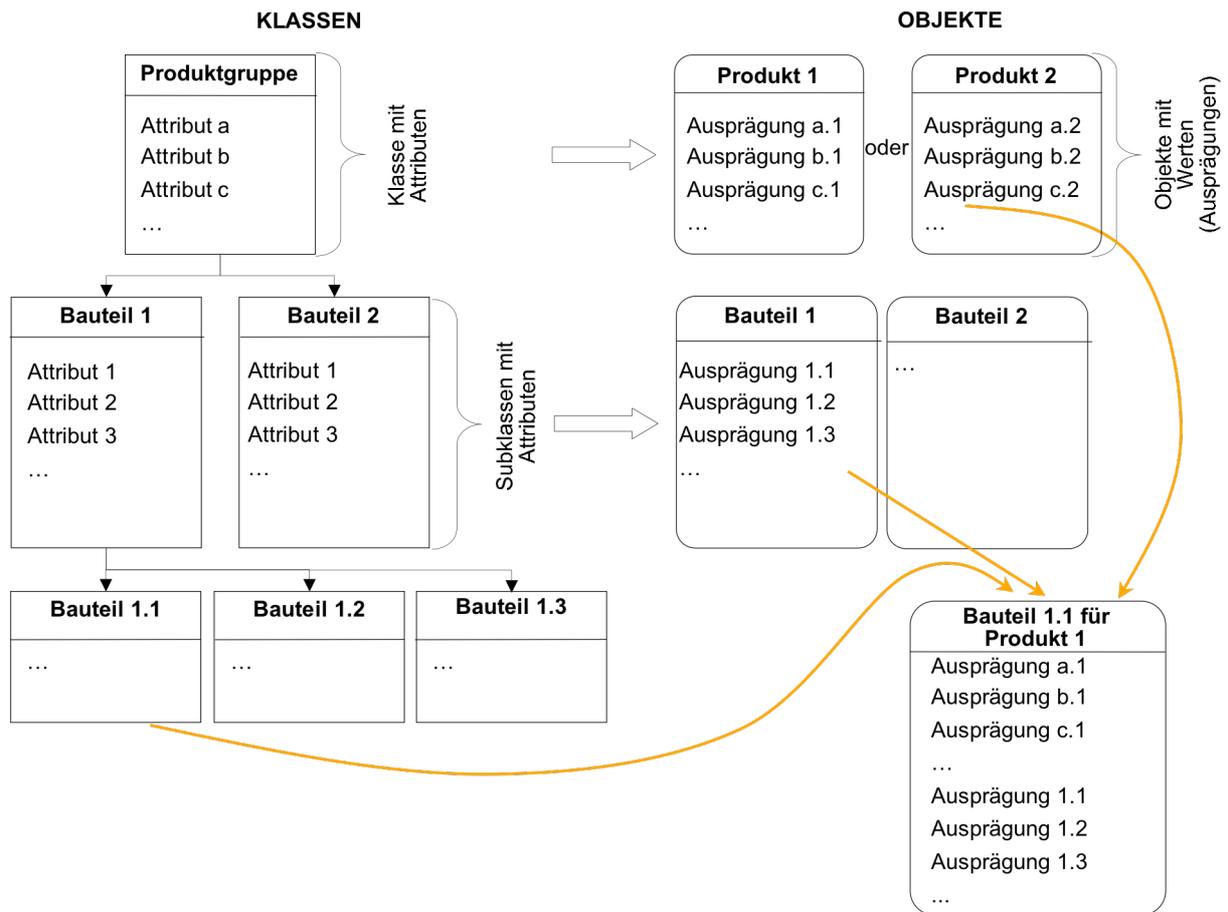


Abbildung 42: Bildung objektorientierter Datenstruktur

Jedem Attribut und Subattribut sind nun als weitere Verfeinerung Dimensionen und den Dimensionen zugehörige Ausprägungen, im Sinne eines morphologischen Kastens, zuzuordnen. Zu den Attributen und Subattributen, die während des Konstruktionsprozesses als konstruktive Kosteneinflussgrößen verstanden werden, gehören beispielsweise Funktions- und Baustruktur, Werkstoff, Oberflächenqualität, Toleranzen, Fertigungsverfahren, Leistungskennzahlen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Zusammenhänge zwischen den Attributen, Dimensionen und deren Ausprägungen.

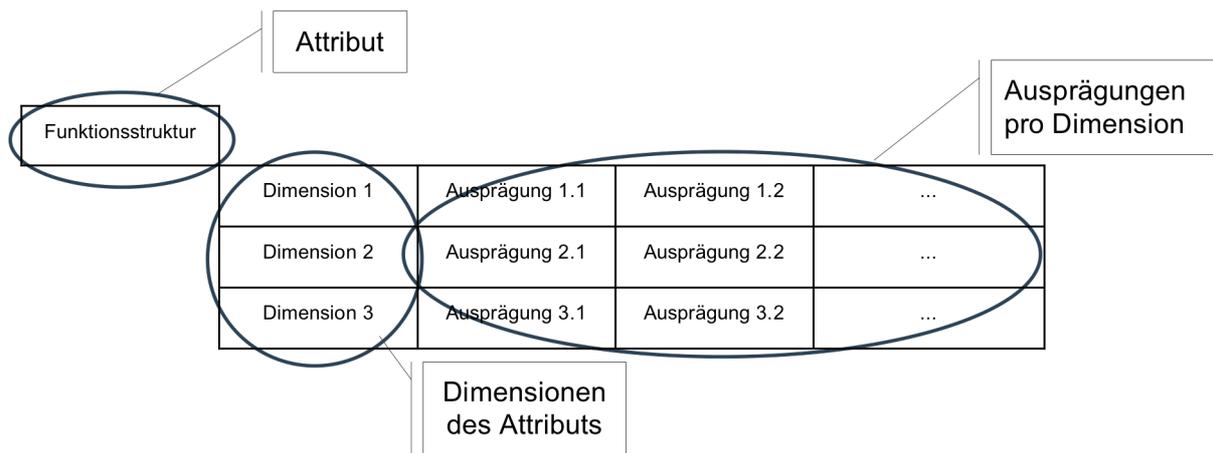


Abbildung 43: Erweiterung der Attribute durch Dimensionen

Eine objektorientierte Datenstruktur ermöglicht eine kontinuierliche Erweiterung bzw. Änderung der Daten in beliebiger Richtung, ohne die vorgenommene Struktur verändern zu müssen. Dies ist für die Realisierung einer Kostenkontrolle von besonderer Bedeutung, wenn zunächst eine spezifische Gruppe von Produkten betrachtet und das Kostensteuerungssystem danach sukzessive für andere Entwicklungsleistungen weiterentwickelt werden soll.

Für die festgelegte Datenstruktur sind die Kostenwerte für jede Ausprägung zu ermitteln. Zur Bestimmung der Kostenwerte sind bereits verfügbare Methoden denkbar:

- Ermittlung absoluter Kostenwerte,
- Ermittlung relativer Kostenwerte.²⁶⁹

Zur Erzeugung der absoluten Kostenwerte eines Produktes bereits in der Konstruktions- und Entwicklungsphase werden genaue Kosteninformationen benötigt. Da in dieser Phase häufig durch fehlende Informationen keine realen absoluten Kostenschätzungen vorgenommen werden können, ist die Kostenermittlung nur bedingt für ausgewählte Ausprägungen realisierbar.

Eine Alternative zur Bestimmung absoluter Kostenwerte stellt die Ermittlung relativer Kostenwerte anhand eines Relativkostenkatalogs dar. So können mögliche Handlungsalternativen in ihrem Verhältnis zueinander verglichen werden. Stellen zum Beispiel mehrere Ausprägungen vergleichbare Funktio-

²⁶⁹ vgl. Specht/Stefanska/Gruß 2008, S.314

nalitäten und Qualität sicher, werden sie hinsichtlich ihrer Kosten ins Verhältnis gesetzt – Ausprägung 1.1 ist kostengünstiger als Ausprägung 1.2. Relativkostenkataloge sind als Kosteninformationssysteme für Konstrukteure zu verstehen und werden insbesondere in den Phasen Entwicklung und Konstruktion zur Beeinflussung der Produktgesamtkosten verwendet. Ein Relativkatalog enthält Bewertungszahlen zum Kostenvergleich von Lösungsvarianten, zum Beispiel für Fertigungsalternativen wie Gießen, Schmieden, Fräsen oder für Werkstoffe wie Stähle, Gussteile oder Bleche. Ein Relativkostenkatalog besteht aus mehreren Kostenblättern, die einzelne Bewertungszahlen beinhalten. Anhand der Bewertungszahlen ist das Verhältnis denkbarer konstruktiver Lösungen untereinander oder in Bezug zu einer Basiszahl darzustellen.²⁷⁰

Anhand der erzeugten Datenstruktur kann eine Entscheidung bezüglich der Auswahl entsprechender Entwicklungsparameter durch den Konstrukteur getroffen und eine Kostenkontrolle jedes Einzelteils und folglich des Gesamtproduktes durchgeführt werden. Neben einer Möglichkeit zur Kostenkontrolle in Bezug auf die entwickelten Produkte wird mittels des objektorientierten Ansatzes eine gemeinsame Arbeitsbasis für die Konstrukteure eines Unternehmens geschaffen. Es wird sichergestellt, dass ein Übergang vom individuellen zum kontrollierten Einsatz der persönlichen Eigenschaften eines Konstrukteurs vollzogen werden kann.²⁷¹ Die Entwicklung und Konstruktion von standardisierten und möglichst kostenoptimalen Produkten stellt eine Voraussetzung dar für die nächsten Schritte des zweistufigen Taktphasenmodells - für die Standardisierung der Prozesse und die Bildung von Process Competence Centern.

4.2.3 Bildung der Process Competence Center

Durch eine grundlegende Produktstandardisierung auf der Ebene der Einzelteile sowie durch die technologieorientierte Produktgruppenbildung auf der Ebene der Endprodukte können die individuellen Prozesse vereinheitlicht werden. Idealerweise lassen sich die Herstellungsprozesse einzelner Komponenten soweit zusammenfassen, dass ein kontinuierlicher Materialfluss und Wert-

²⁷⁰ vgl. Bush 1983, S. 137ff.

²⁷¹ Siehe Kapitel 4.2.1

strom auf der Endproduktebene erreicht werden. Die anhand der Schwimmbahnen-Wertstromanalyse²⁷² ermittelten Grobprozesse werden zu Grunde gelegt. Die ermittelten Prozessakteure spielen in diesem Zusammenhang eine weniger bedeutende Rolle und finden eine Verwendung im Konzeptionsschritt Steuerungssystematik.

Die Ermittlung der Prozessschritte erfolgt für die repräsentativen Produkte der zuvor definierten Produktsegmente.²⁷³ Für den Auswahlprozess relevanter Produkte je Produktsegment werden die Häufigkeit der Nachfrage nach einer speziellen Produktlösung sowie der Komplexitätsgrad des Produktes herangezogen. Bei der Auswahl der Produkte sollen insbesondere die Produktlösungen betrachtet werden, die am häufigsten von Kunden angefragt werden. Zudem erscheint es sinnvoll Produkte mit einem höheren Komplexitätsgrad als repräsentativ festzulegen, um möglichst viele Prozessschritte zu erfassen. In der unternehmerischen Praxis spielen in diesem Zusammenhang die Erfahrungswerte der Mitarbeiter eine wesentliche Rolle.

Aus den ermittelten Prozessschritten zur Herstellung repräsentativer Endprodukte werden Process Competence Centers gebildet und somit der Grundstein für die Implementierung der Taktorientierung und des Materialflusses gelegt. Jedes PCC besteht aus mehreren Arbeitsschritten, die auf eine konkrete Fertigungs- oder Bearbeitungsart, wie beispielsweise Vormontage, Kleben, Drehen, fokussiert. Innerhalb eines Arbeitsschritts können mehrere Aktivitäten durchgeführt werden. Das Ziel bei der Bildung von PCC ist, einzelne Arbeitsschritte so in eine Reihenfolge zu bringen, dass diese bei verschiedenen Endprodukten nicht vertauscht werden müssen. Als Unterstützung bei der Bildung von PCC können im ersten Schritt die klassischen Lösungsansätze, wie Parallelisierung, Auslagerung, Verschiebung, in Betracht gezogen werden. Diese sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst. Eine weitere Möglichkeit stellen die konstruktiven Veränderungen des Produktes dar.

²⁷² siehe Kapitel 4.1.1

²⁷³ Siehe Kapitel 4.2.1

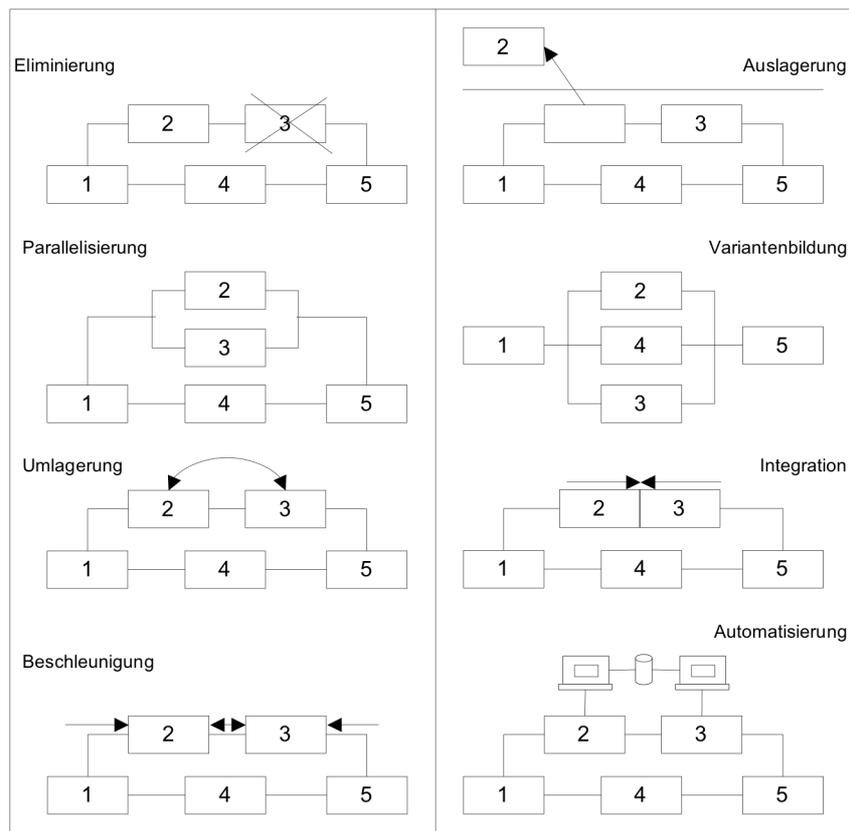


Abbildung 44: Unterstützungsansätze bei der Bildung von PCC
(vgl. Müffelmann 1998, S. 344)

Bei der Gestaltung von PCC gelten folgende Prämissen:

- Alle Endprodukte einer Produktgruppe sind in gleicher Bearbeitungsreihenfolge herzustellen. Unterschiedliche Bearbeitungsreihenfolgen zwischen den Produktgruppen sind möglich, müssen jedoch örtlich getrennt werden.
- Nicht jedes Produkt einer Produktgruppe muss zwingend alle Prozessschritte /PS/ innerhalb eines PCC durchlaufen. Eine manuelle Aus- und Einsteuerung wird zugelassen.
- Ein Produkt innerhalb einer Produktgruppe muss nicht in jedem PCC bearbeitet werden.
- Die definierten PCC können einen parallelen Verlauf aufweisen, insbesondere in Bezug auf die Montagevorgänge.
- Ein Wandel von der reinen Kundenorientierung auf die Prozessorientierung wird vorausgesetzt. Der Wandel betrifft sowohl die internen als auch die externen Kunden-Lieferanten-Beziehungen.

Obwohl die Entwicklung eines Standardprozesses für alle Produkte das übergeordnete Ziel bei der Bildung von PCC ist, stellt sich die Frage nach dem Umgang mit Änderungen, Refreshments oder Reparaturen bereits früher hergestellter Produkte. Da die Produkte aus einer früheren Baukastengeneration stammen können und somit die durchzuführenden Tätigkeiten nicht immer in das vorgegebene Produktionsspektrum passen, ist bei der Gestaltung der PCC zu entscheiden, ob für solche Produkte getrennte Ressourcen vorgehalten werden. Die Sinnhaftigkeit des Aufbaus eines separaten Produktionsbereiches für die genannten Produkte ist nach den Wirtschaftlichkeitskriterien zu prüfen. Die anzupassenden oder zu reparierenden Produkte könnten als eine separate Produktgruppe in die Fertigung integriert werden.

Ein abstrahiertes Modell von PCC wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die Detaillierungstiefe ist skalierbar und hängt von der Umsetzungsbreite der Lean Production ab. Als Schwerpunkte bei der Definition von PCC werden die Bereiche der Konstruktion, der Fertigungsvorbereitung und der Fertigung verstanden. Eine wesentliche Rolle spielen ebenfalls die administrativen Bereiche mit den Informationsprozessen von der ersten Kundennachfrage bis hin zur fertigen Dokumentation eines Unikates. Das Modell kann sowohl im administrativen als auch im produktiven Bereich angewandt werden.

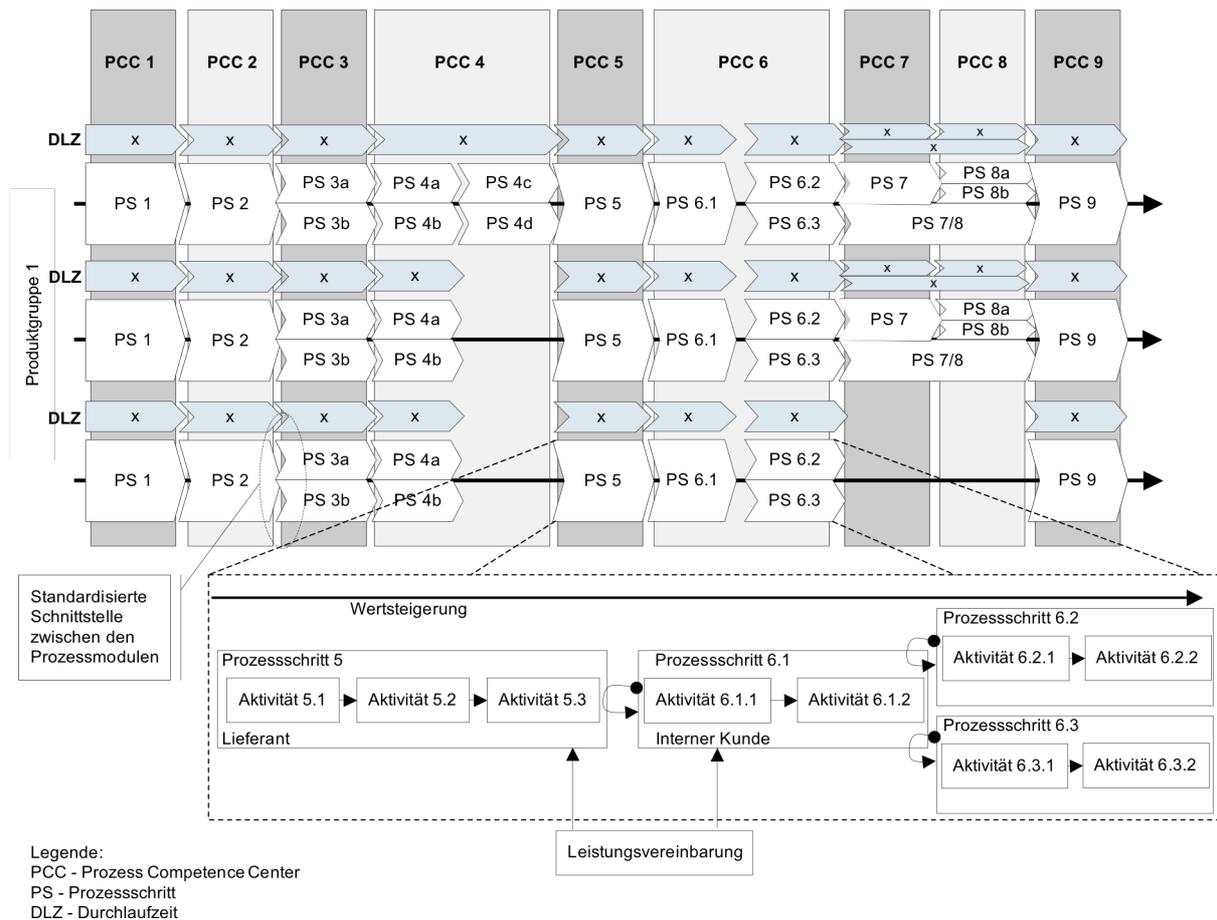


Abbildung 45: Process Competence Center

Die auf eine Fertigungs- oder Bearbeitungsart fokussierten Arbeitsschritte stehen innerhalb der PCC in einer Kunden/Lieferanten-Beziehung. Der Kunde wird nicht nur als Käufer einer Ware verstanden. Er ist vielmehr der Empfänger einer Leistung sowohl extern als auch auf der unternehmensinternen Ebene. Zudem wird nur die Leistung erbracht, die von der nachgelagerten Station gefordert wird. Die Vereinbarung der Leistung kann beispielsweise anhand der Menge, Zeit, Qualität und des Preises erfolgen und lässt sich über die Leistungskennzahlen messen.

Während sich aus der Kombinatorik standardisierter Einzelteile innerhalb eines oder mehrerer Baukästen ein kundenindividuelles Produktangebot ergibt, können in der Fertigung prozessuale Standards festgelegt werden. Das Ergebnis neben der Fertigungsverschlanung, sind die möglichen Skaleneffekte. Durch die vorgenommene Vereinheitlichung der Prozesse und Bildung konstanter Process Competence Center können im nächsten Konzeptionsschritt

die Makro- und Mikrotakte definiert und auf die beschriebenen Prozesse umgelegt werden.

4.3 Zweistufiges Taktphasenmodell

4.3.1 Taktungssystematik mittels Makro- und Mikrotakten

Bevor ein an die Unikatfertigung angepasstes Takt- und Fließprinzip dargestellt wird, werden die Grenzen des klassischen Taktprinzips in Bezug auf die Unikatfertigung erläutert.

Das Taktprinzip bildet das Gerüst der Steuerungssystematik im Lean Production Konzept. Der gesamte Produktionsprozess wird in der Regel in mehrere gleich dauernde Takte geteilt. Der Prozess lässt sich durch kaskadenförmige Produktions- und Auslieferungsanweisungen von den nachgelagerten zu den vorgelagerten Arbeitstationen beschreiben. Auf einer vorgelagerten Station wird nichts hergestellt, bis der nachgelagerte Kunde einen Bedarf meldet. Das Ziel ist eine durchgängig synchronisierte Produktion, die in Form einer kontinuierlich getakteten Fließfertigungslinie realisiert wird. Die herzustellenden Produkte werden auf dem Fließband mit Hilfe mechanischer Fördereinrichtungen automatisch in einer fest definierten Taktzeit bewegt.²⁷⁴

Die Übertragung des klassischen Fließbandbeispiels aus der Automobilindustrie auf die Unikatfertigung als Unterstützungsinstrument für die Taktung kann jedoch ohne eine Weiterentwicklung des Taktprinzips nicht realisiert werden. Eine kontinuierliche Fließbewegung im Minutentakt würde die Herstellung von individuellen Produkten, wie beispielsweise Maschinen, Anlagen oder Werkzeugen stark behindern. Die Realisierung des Taktprinzips in der Unikatfertigung kann nur dann einen positiven Beitrag zur Prozessoptimierung leisten, wenn die Taktungssystematik den unterschiedlichen Anforderungen dieser Fertigungsart gerecht wird.

²⁷⁴ siehe Kapitel 2.2.4.1

Die Restriktionen der Anwendbarkeit des Taktprinzips liegen in anderen Fertigungsrahmenbedingungen als bei den Serienfertigern.²⁷⁵ Diese können in Restriktionen wirtschaftlicher und organisatorischer Art unterteilt werden.

Wirtschaftliche Restriktionen:

Die Fertigstellung eines individuellen Produktes erfordert eine Vielzahl von verschiedenen Arbeitsschritten, die in einer einmalig festgelegten Reihenfolge mit immer gleichen Aktivitäten nur schwer realisierbar ist. Zudem werden die Arbeitsschritte mit zeitlicher Unterbrechung an immer wieder gleichen Arbeitsplätzen und Anlagen durchgeführt. Ein kontinuierlicher Fluss wäre nur bei der Bereitstellung einer größeren Anzahl an gleichen Maschinen möglich. Eine geringe Auslastung dieser Maschinen wäre die negative Folge. Da die Wiederholung gleicher Fertigungsprozesse von Produkten nach der Unikatdefinition null beträgt, erscheint die Nutzung eines kontinuierlich bewegten Transportsystems zur Taktungsunterstützung unwirtschaftlich.

Weiterhin kann die Unwirtschaftlichkeit der kontinuierlichen physischen Bewegung durch die relative Taktdauer innerhalb der Unikatfertigung erklärt werden. Werden die breit gefächerten Bearbeitungszeiten betrachtet, erscheint eine möglichst lange Taktdauer sinnvoll. Da aber eine lange Taktzeit zwischen einem Tag und mehreren Wochen betragen kann, können sinkende Verantwortungsbereitschaft und Qualitätsverschlechterungen negative Folgen sein. Die Taktbildung mittels eines Durchschnittswertes über alle Bearbeitungsschritte würde eine stringente Teilung ausgewählter Bearbeitungsvorgänge erfordern. Diese Vorgehensweise ist oftmals aufgrund unterschiedlicher nicht-teilhafter Bearbeitungsschritte nicht möglich. Ein Beispiel hierfür kann der Zuschnittprozess von Grundmaterialien zur Herstellung von individuellen Flugzeugmöbeln darstellen. Der gesamte Zuschnittprozess aller Komponenten für ein Möbelstück dauert zwei Tage. Die Teilung dieser Bearbeitungszeit in mehrere Minutentakte mittels eines Bearbeitungsdurchschnittswertes pro Einzelteil wäre auf der Komponentenebene teilweise realisierbar. Diese Vorgehensweise wäre jedoch mit einem enormen Planungs- und Steuerungsaufwand verfügbarer Ressourcen und Kapazitäten verbunden. Weiterhin können ausgewählte Zuschnittsschritte nicht unterbrochen werden. Eine künstliche Bearbei-

²⁷⁵ siehe Kapitel 3.1.3

tungspause zur visuellen Darstellung des Taktzeit erscheint unwirtschaftlich. Da unterschiedliche Bearbeitungsschritte zwischen einem Tag und mehreren Wochen liegen können, würde eine Bewegung im Minutentakt einen enormen logistischen Aufwand verursachen. Hohe Intransparenz des Prozesses wäre eine weitere negative Folge.

Organisatorische Grenzen:

Die in der Unikatfertigung überwiegend vorherrschende Werkstattfertigung wirkt einer schlanken Produktion mit materialflussorientierter Fertigungsorganisation entgegen. Die Einführung eines getakteten Fließbandes kann deshalb nicht realisiert werden, wenn der vorhandene Materialfluss nicht kontinuierlich stattfindet.

Eine weitere organisatorische Grenze bei der Einführung des klassischen Taktprinzips stellt die begrenzte Verfügbarkeit von Informationen beim Auftragseingang dar.²⁷⁶ Da die abschließende Definition der Arbeitsinhalte erst in einer späteren Produktentstehungsphase erfolgt, können die Inhalte eines Taktes nicht eindeutig definiert werden. Eine hohe Flexibilität oder Anpassbarkeit der Taktung muss gewährleistet werden, um den spezifischen Merkmalen der Unikatfertigung gerecht zu werden.

Die Berechnung der Taktzeit erfolgt klassischer Weise auf Basis der durchschnittlichen Nachfragemenge und der zur Verfügung stehenden Tagesarbeitszeit.²⁷⁷ Die Taktgröße bleibt in „lean-kompatiblen“ Unternehmen über den gesamten Fertigungsprozess konstant. In der Unikatfertigung sind dagegen die einzelnen Fertigungsschritte zeitlich ungleich, sodass hohe Zeitdifferenzen im Fertigungsprozess entstehen. Die Festlegung der Taktgröße müsste auf Basis des längsten Taktes erfolgen. Da die Zeitdifferenzen zu groß sind, kann es zur Steigerung unproduktiver Zeiten innerhalb der kurzdauernden Takte kommen.

²⁷⁶ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Verfügbarkeit fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang“.

²⁷⁷ Siehe Kapitel 2.2.4.1

Bei der Festlegung der Taktgröße spielen zwei Faktoren eine bedeutende Rolle: Taktlänge und Anzahl der Takte. Sehr viele und kurze Takte erfordern unnötige Bewegungen des herzustellenden Produktes. Logistische und koordinationsbezogene Mehraufwände sind die negativen Folgen. Wird die Produktion mit wenigen und langen Taktzeiten gesteuert, sinkt die Verantwortungsbereitschaft der Mitarbeiter für die taktbezogenen Arbeiten. Die Notwendigkeit eines Verantwortungswechsels über mehrere Schichtwechsel kann einen negativen Einfluss auf die Qualität der Produkte haben.

Die Einführung der Taktung in Betrieben mit Unikatfertigung mit dem Ziel der Fertigungssteuerung und Erhöhung der Transparenz wird aufgrund hoher Prozessvarianz als eine große Herausforderung verstanden. Da verschiedene Anforderungen des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses berücksichtigt werden müssen, ist die klassische Taktung nicht realisierbar. Die Taktung in der Unikatfertigung könnte jedoch durch die Einführung mehrerer Taktstufen erreicht werden.

Die Modellierung der beiden Taktebenen erfolgt in zwei Stufen:

- Stufe 1: Definition von Makrotakten,
- Stufe 2: Definition von Mikrotakten.

Festlegung der Makrotakte:

Zur Definition von Makrotakten werden im ersten Schritt alle Prozesse der Auftragsabwicklung, von der Auftragsannahme über die Konstruktion und die Arbeitsvorbereitung bis hin zur Fertigstellung eines Produktes, hinsichtlich der Bearbeitungszeiten analysiert. Die erforderlichen Grobprozesszeiten werden mittels der Schwimmbahnen-Wertstromanalyse für jeden Prozess erhoben.²⁷⁸ Durch die erweiterte Zeiterfassung im Rahmen der Datengenerierung lassen sich für die relevanten Prozessschritte prozessuale Anteile von wertschöpfenden, nicht wertschöpfenden und nicht spezifizierten Tätigkeiten ermitteln. Die Kombination von Ergebnissen beider Stufen der Datengenerierung stellt die Grundlage für die Auswahl der Makrotaktlänge dar – siehe nachfolgende Abbildung.

²⁷⁸ siehe Kapitel 4.1.1

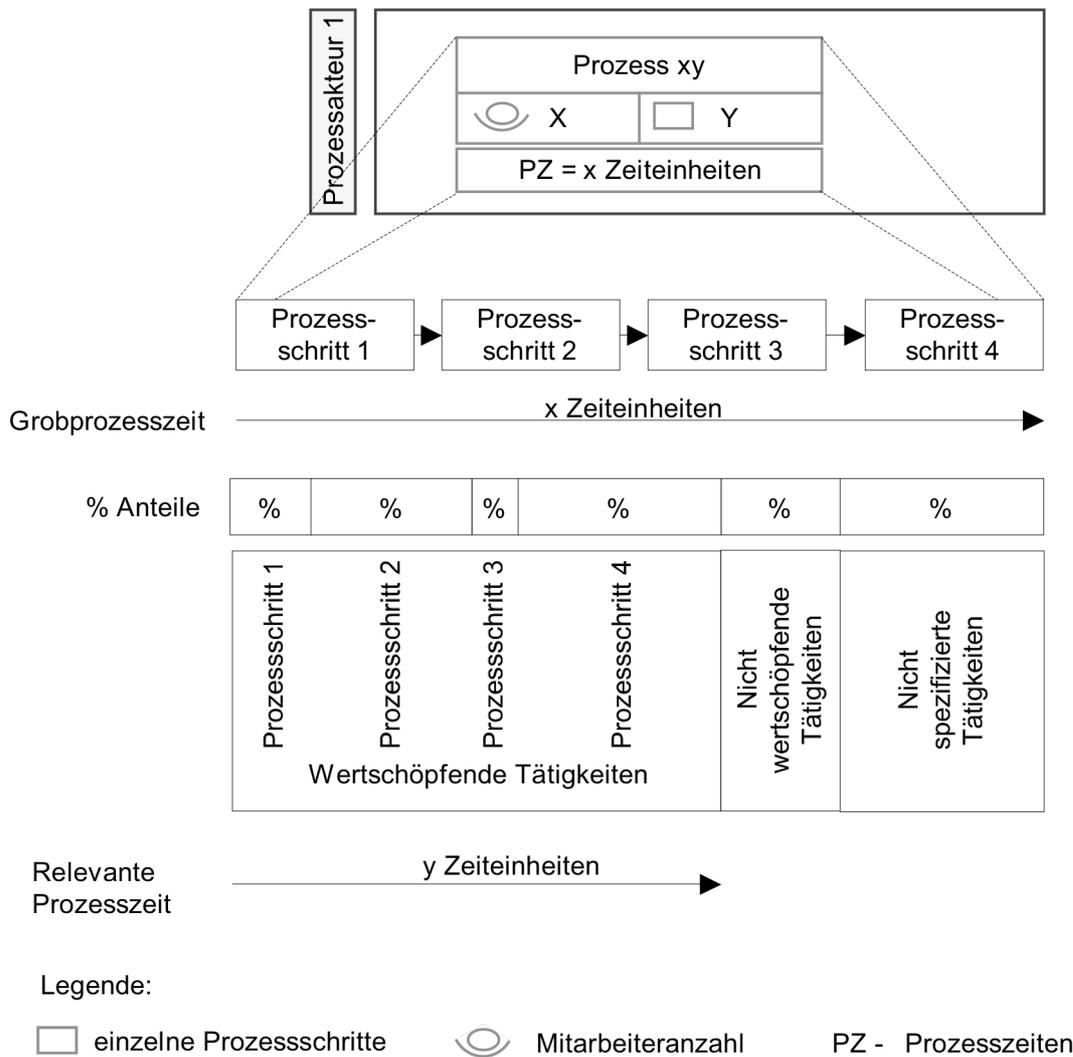


Abbildung 46: Ermittlung von Prozesszeitanteilen für die Bildung von Makrotakten

Die Grobprozesszeit in Höhe von *x Zeiteinheiten* wird um den ermittelten prozentualen Anteil von nicht wertschöpfenden und nicht spezifizierten Tätigkeiten auf *y Zeiteinheiten* verringert. Die Zeiten für nicht spezifizierte Tätigkeiten sind vollständig zu eliminieren. Da die Ursache für die nicht wertschöpfenden Tätigkeiten in der Regel in der Vorbereitung des Prozessschrittes liegt, können diese Zeitanteile deutlich reduziert oder vollständig eliminiert werden. Starke Reduzierung beziehungsweise Eliminierung ist durch eine Neuausrichtung vorbereitender Tätigkeiten realisierbar. Eine eindeutige Definition der Schnittstellen, inklusive definierter Leistungsumfänge bei der Übergabe an das nächste PCC ist hierfür erforderlich. Bei der Implementierung der Vorgehensweise in der unternehmerischen Praxis kann im ersten Schritt ein Sicherheitsfaktor in Bezug auf die erhobenen Zeiten eingerechnet werden. Durch die kon-

tinuierliche Wiederholung der Zeiterfassung im Sinne ständiger Verbesserung kann dieser Anteil auf das notwendige Minimum reduziert werden.

Bei der Festlegung der Makrotakte sind folgende Prämissen zu beachten:

- Zur Definition der Makrotaktlänge wird der am längsten dauernde nicht weiter sinnvoll unterteilbare Prozessschritt innerhalb eines PCC herangezogen.
- Die Makrotaktlänge entspricht mindestens einem Prozessschritt PS. Befindet sich in einem PCC nur ein nicht weiter unterteilbarer Prozessschritt, entspricht die minimale Makrotaktlänge der Dauer eines PCC.
- Die Prozesszeiten mehrerer Prozessschritte, auch über die PCC hinweg, können zu einer Makrotaktlänge zusammengefasst werden.
- Da die einzelnen Prozessschritte zeitlich variieren können, sind unterschiedliche Längen von Makrotakten erlaubt. Soll beispielsweise ein individuelles Solarmodul gefertigt werden, kann der Produktionsprozess „Herstellung eines Solarmoduls“ aus zwei Prozessschritten gebildet und in folgende Makrotakte geteilt werden:
 - Makrotakt 1: Zellfertigung mit einer Taktdauer von 14 Tagen,
 - Makrotakt 2: Modulfertigung mit einer Taktdauer von 21 Tagen.

Die Makrotaktlänge sowie die Gesamtanzahl der Takte über den gesamten betrachteten Prozess sind in jedem Unternehmen individuell zu gestalten. Innerhalb des reinen Fertigungsprozesses kann zum Beispiel ein Makrotakt aufgrund des längsten ununterbrochenen Bearbeitungsschritts an einer Drehmaschine definiert werden. Werden die Makrotakte auf der Ebene der Auftragsabwicklungsstufen gestaltet, so kann die gesamte Fertigungs- oder Montagezeit als Makrotaktdauer bestimmt werden. Die Bearbeitung einzelner Tätigkeiten innerhalb eines Makrotaktes kann je nach Prozess entweder sequentiell oder parallel erfolgen.

Die Makrotaktlänge hängt maßgeblich von der gesamten Auftragsabwicklungszeit ab. Die praktikable Makrotaktanzahl könnte zwischen sechs und acht Makrotakten variieren. Eine höhere Anzahl der Makrotakte wäre grundsätzlich möglich, jedoch aufgrund der hohen Steuerungskomplexität nur mit enormen Analyse- und Planungsaufwand umsetzbar. Werden minimal sechs und maximal acht Makrotakte als Planungsgrundlage verwendet, lassen sich die maxi-

malen und minimalen Makrotaktdauern berechnen – siehe nachfolgende Abbildung.

Auftragsabwicklungszeit	Min. Dauer eines Makrotaktes (bei 8 Takten)	Max. Dauer eines Makrotaktes (bei 6 Takten)
24 Monate	3 Monate	4 Monate
12 Monate	1,5 Monate	2 Monate
6 Monate	3 Wochen	1 Monat
3 Monate	1,5 Wochen	2 Wochen
1 Monat	3 Tage	1 Woche
2 Wochen	1 Tag	2 Tage

Abbildung 47: Makrotaktdauer in Abhängigkeit von der Auftragsabwicklungszeit

Festlegung der Mikrotakte:

Da der Makrotakt die übergeordnete Steuerungseinheit des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses darstellt, erscheint eine für die Mitarbeiter zeitlich überschaubare Steuerungsgröße erforderlich. In diesem Zusammenhang wird in der vorliegenden Arbeit die Einführung der Mikrotakte vorgeschlagen. Die Mikrotakte werden als zeitlich abgeschlossene Verantwortungsbereiche der Mitarbeiter verstanden.

Bei der Festlegung der Mikrotakte sind folgende Prämissen zu beachten:

- Die Summe aller Mikrotaktzeiten überschreitet nicht die zeitliche Dauer des Makrotaktes,
- Die Mikrotaktzeit entspricht maximal der Prozesszeit eines innerhalb eines PCC befindlichen Prozessschrittes. Befindet sich in einem PCC nur ein Prozessschritt, kann die maximale Mikrotaktzeit der PCC-Dauer entsprechen.
- Die zeitliche Dauer jedes einzelnen Mikrotaktes bleibt konstant. Eine Verlängerung oder Verkürzung der Mikrotaktdauer kann nur aufgrund von Änderungen der Produktgruppen erfolgen. Ein Grund könnte zum Beispiel die Einführung eines neuen Produktsegments darstellen.

- Die notwendige Flexibilität der Takte, aufgrund stark schwankender Arbeitsinhalte bei der Herstellung der Unikate, wird nicht durch die zeitlichen, sondern durch die kapazitiven Anpassungen realisiert.

Mikrotakte sind als eine zeitliche Untereinheit des Makrotaktes zu verstehen. Sie bilden die tatsächliche Arbeitsreihenfolge ab. Innerhalb des bereits als Beispiel genannten Makrotaktes 1, Zellfertigung, können folgende Mikrotakte existieren:

- Beschichten,
- Qualitätskontrolle.

Makrotakt 2, Modulfertigung, kann drei Mikrotakte beinhalten:

- Glasscheiben zuschneiden,
- Laminieren,
- Rahmen anbringen.

Da die Mikrotakte immer die gleiche zeitliche Länge haben, finden alle Aktivitäten in einem gemeinsamen Rhythmus statt – siehe nachfolgende Abbildung.

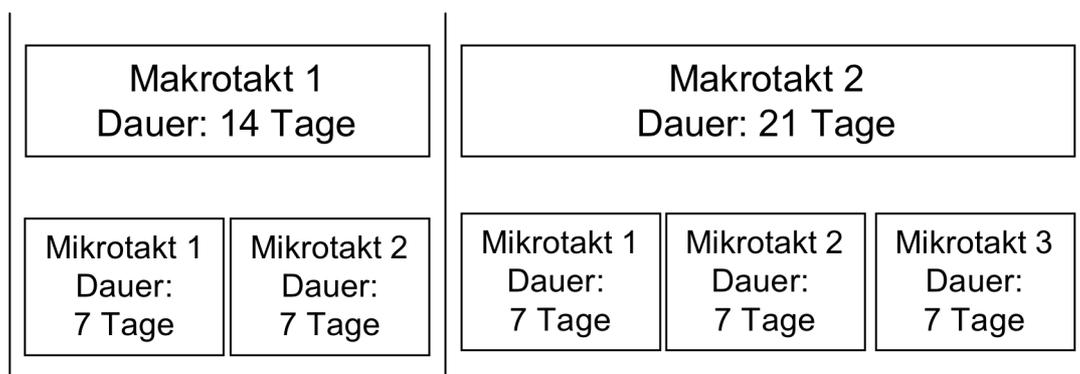


Abbildung 48: Zusammenhang zwischen den Makro- und Mikrotakten

Die Länge und somit die Menge der im jeweiligen Makrotakt befindlichen Mikrotakte sind von den durchzuführenden Tätigkeiten im definierten Makrotakt abhängig. Die Festlegung der Arbeitsinhalte pro Mikrotakt muss so erfolgen, dass ein Mitarbeiter oder eine Mitarbeitergruppe die Aufgaben komplett innerhalb eines Mikrotaktes abarbeiten kann. Dadurch wird ein abgeschlossener Verantwortungsbereich für die Mitarbeiter geschaffen, was das Arbeitsergebnis positiv beeinflusst.

In diesem Zusammenhang stellt das im Unternehmen gelebte Schichtsystem einen bedeutenden Faktor bei der Definition der optimalen Mikrotaktlänge dar. Arbeitet ein Unternehmen beispielsweise in einem Dreischichtsystem mit einer Mikrotakteit von einer Woche, sind die Arbeitsumfänge an einzelne Mitarbeiter so zu vergeben, dass eine Übergabe der Aufgaben an eine weitere Schicht erfolgen kann. Die Steuerung der Aufgabenumfänge muss dezentral erfolgen. Eine schicht-, tages- oder wochenorientierte Definition der Mikrotakte erscheint sinnvoll und könnte je nach Unikatbranche standardisiert werden. Die Ursache für die genannten Zeitgrößen liegt darin, dass der Schichtplan in der Regel wochenweise erstellt wird.

4.3.2 Steuerungssystematik mittels Makro- und Mikrotakten

Wie bereits im Kapitel drei beschrieben, kann eine systematische Steuerung in Betrieben mit Unikatfertigung nur selten oder mit großem Aufwand erfolgen.²⁷⁹ Die Fertigungssteuerung wird oft mit komplexen IT-Lösungen unterstützt, die jedoch nur bedingt die Realität innerhalb der Fertigung abbilden können. Minimale Aussagefähigkeit bezüglich der Terminlage und folglich schlechte Termintreue, fehlende Transparenz und daraus resultierende geringe Effizienz sind die negativen Folgen. Neben den fehlenden Aussagemöglichkeiten zum terminlichen Fortschritt kann der physische Bearbeitungsstatus von Komponenten und Produkten meist nur in der Fertigung vor Ort nachvollzogen werden. Hohe Suchaufwände entstehen als Folge einer fehlenden durchgängigen Steuerung. Aufgrund spezifischer Merkmale der Unikatfertigung konnten die Vorteile einer systematischen Steuerung bisher nur bedingt erschlossen werden. Die Steuerungssystematik mittels des zweistufigen Taktphasenmodells soll diese Lücke schließen. Sie stellt eine Möglichkeit zur kontrollierten Steuerung der Auslastung, der Termine und der Durchlaufzeiten dar.

Die Basis der Steuerungssystematik bildet die zweistufige Taktfertigung mit vordefinierten Taktlängen. Neben den Taktlängen leisten die Vorarbeiten in Bezug auf die Produktstandardisierung auf der Ebene der Einzelteile sowie die Strukturierung der Prozesse durch die Bildung von PCC einen bedeutenden Beitrag. Durch die taktororientierte Steuerungssystematik werden nicht nur die

²⁷⁹ siehe Kapitel 3.1.3

Arbeitspakete innerhalb der Makro- und Mikrotakte in Bezug auf alle Prozessakteure gesteuert, auch die Aspekte der Werkzeug- und Betriebsmittelbelieferung sowie der Materialzu- und -abführung werden mitbetrachtet.

Um eine optimale Steuerungssystematik zu entwickeln, sind die übergeordneten Zielsetzungen festzulegen. In diesem Zusammenhang ist ein Wandel der für die Unikatfertiger typischen Ziele erforderlich. In Kombination mit dem vorherrschenden Käufermarkt rücken die zeitlichen Dimensionen gegenüber dem Aspekt einer möglichst hohen Auslastung in den Vordergrund. Der zeitliche Aspekt gilt als relevanter Wettbewerbsfaktor und eines der wichtigsten Kriterien der Kundenzufriedenheit.²⁸⁰ Aus Kundensicht werden kurze Lieferzeiten und hohe Termintreue verlangt. Die Betriebsziele liegen in hohen Auslastungsgraden und stehen in einem konkurrierenden Verhältnis zu den Kundenzielen. Ein gleichzeitiges Optimum kann nicht erreicht werden.²⁸¹ Die Herausforderung besteht darin, sich in diesem Spannungsfeld richtig zu positionieren.²⁸²

Ein Wechsel zwischen den in der Unikatfertigung vorherrschenden Zielsetzungen von der Auslastungsmaximierung auf die Orientierung auf die zeitlichen Aspekte bei gleichzeitiger Reduzierung der Bestände wird bei der Entwicklung einer Steuerungssystematik vorausgesetzt. Das Ziel ist die Erreichung einer optimalen operativen Planung, Steuerung und Verfolgbarkeit von Arbeitspaketen.

Neben der Festlegung der übergeordneten Optimierungsziele für die Unternehmen mit Unikatfertigung, ist eine Entscheidung zur generellen Struktur der Steuerungssystematik zu treffen. Diese hängt von den spezifischen Merkmalen der untersuchten Fertigungsart ab und kann aus den bereits existierenden Möglichkeiten, der zentralen und dezentralen Planung und Steuerung, gewählt werden.²⁸³

²⁸⁰ vgl. Klocke/Schuh/Zohm/Fricke/Sauer/Wegehaupt 2005, S. 30

²⁸¹ vgl. Wiendahl 1996, S.14-2

²⁸² siehe Kapitel 5.1.1

²⁸³ vgl. Bullinger/Thines/Bamberger 1993, S. 14ff.

Die zentrale Planung und Steuerung erfolgt unternehmens- bzw. bereichsübergreifend. Die Steuerungszentrale führt eine übergreifende Termin- und Kapazitätsplanung durch. Die Zentralisierung erfordert einen hohen Detaillierungsgrad der Eingangsinformationen. Da fertigungsrelevante Informationen in der Unikatfertigung auf der Makrotaktebene nur begrenzt vorhanden sind, erscheint die Zentralisierung vor allem für die Massen- und Großserienfertigung geeignet.

Die dezentrale Planung und Steuerung wird zweistufig gestaltet. Die langfristige Planung erfolgt nur grob und wird an einer zentralen Stelle durchgeführt. Die kurzfristige Planung wird dezentral mit einem hohen Detaillierungsgrad in einzelnen Unternehmensbereichen oder innerhalb der Teams vorgenommen. Für die dezentrale Organisation der Planung und Steuerung ist zwischen zwei Möglichkeiten zu entscheiden:²⁸⁴

- Der dezentralen Organisation mit vertikaler Kommunikation,
- der dezentralen Organisation mit horizontaler Kommunikation.

Die dezentrale Organisation mit vertikaler Kommunikation realisiert die Grobplanung zentral. Die kurzfristige Planung und Steuerung erfolgt dezentral in den Fachbereichen. Treten Störungen auf, sodass der bereichsintern geplante Termin nicht gehalten werden kann, muss die Planabweichung möglichst bereichs- oder teamintern ausgeglichen werden. Der Ausgleich kann beispielsweise durch die temporäre Erhöhung der Mitarbeiteranzahl oder die Einführung einer zusätzlichen Schicht erfolgen. Gefährdet eine Störung den bereichsübergreifenden Grobterminplan, wird dies an die zentrale Planungsstelle gemeldet, sodass eine Umplanung vorgenommen werden kann.

Die horizontale Kommunikation sieht eine Umplanung grober Planabweichungen nicht vor. Der einmalig festgelegte Grobterminplan wird während des gesamten Fertigungsprozesses nicht verändert. Die Störungen werden autonom unter den einzelnen Bereichen in einer direkten Kommunikation ausgeglichen. Kann der Grobplan nicht gehalten werden, sind externe Partner in Form einer Fremdvergabe einzubeziehen. Die Kooperation erfolgt somit nicht nur zwi-

²⁸⁴ vgl. Klotzbach 2007, S. 221

schen den internen Bereichen. Externe Partner werden in die Störungskompensation eingebunden.

Der zweistufige Ansatz der dezentralen Planung und Steuerung erscheint im Hinblick auf die Verfügbarkeit relevanter Planungsinformationen bei den Unikatfertigern gut geeignet. Die Entscheidung bezüglich der Störungskompensation hängt von der physischen Organisationsform ab. Bei der funktionalen Organisationsform sind die verfügbaren Ressourcen in der Regel zusammengefasst, sodass ein Ausgleich innerhalb der Funktionsgruppe nur bedingt möglich ist. Eine vertikale Kommunikation wird deshalb als die bessere Variante angesehen. Kann jedoch das Produktspektrum so standardisiert und gruppiert werden, dass dezentrale Produktionseinheiten pro Produktgruppe entstehen, sind Ressourcen in anderen Gruppen redundant vorhanden. Dies ermöglicht eine schnelle Störungskompensation. Im Sinne der Selbststeuerung kann die horizontale Kommunikation gewählt werden.²⁸⁵

In der zuvor entwickelten Konzeption können alle PCC über die Produktgruppen hinweg als autonome Produktionseinheiten verstanden werden.²⁸⁶ Sie können individuell für eine Kompensation von Störungen durch die horizontale Kommunikation mit internen und externen Kooperationen sorgen.

Nachdem die erforderlichen Ziele sowie geeignete Strukturen der Planung und Steuerung festgelegt wurden, soll im Weiteren die Steuerungssystematik mittels Makro- und Mikrotakten erarbeitet werden.

Die Auftragsplanung und -steuerung erfolgt in einem zweistufigen Modell und hängt mit den vordefinierten Makro- und Mikrotakten zusammen. Die langfristige Produktionsprogrammplanung wird grob auf Basis von Kalkulationswerten vorgenommen. Sie umfasst die Mengen- und Terminplanung sowie eine Kapazitätsverifizierung für den vorgesehenen Bearbeitungszeitraum. Die kurzfristige Auftragsplanung wird auf Basis von exakten Werten dezentral durchgeführt. Die dezentrale Feinplanung bezieht sich maximal auf die Länge der Mikrotakte, sodass die Produktionsmitarbeiter mit genauen Vorgabedaten arbei-

²⁸⁵ vgl. Takeda 1996, S. 109

²⁸⁶ siehe Kapitel 4.2.3

ten können. Durch die Einführung der beiden Planungsstufen wird hoher planerischer Aufwand vermieden.

Die Steuerung des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses übernimmt der Makrotakt. Er definiert Haltepunkte im Prozess und ermöglicht eine Fortschrittskontrolle sowie die Überwachung des Kostenrahmens auf der Projektmanagement- sowie der Multiprojektmanagementebene. Die Produktionssteuerung auf Einzelprojektebene übernimmt der Mikrotakt. Innerhalb eines Mikrotaktes können mehrere PCC parallel verlaufen. Aus der zuvor festgelegten Fertigungsorganisation in Form von flussorientierten PCC resultiert die Notwendigkeit der Einführung einer weiteren Dimension in Form von Taktphasen. Sie ermöglichen eine transparente Fortschrittskontrolle über alle Stufen der Auftragsabwicklung und werden als Planungselement verstanden. Es können gleichzeitig mehrere Prozessakteure gesteuert werden. Unter Prozessakteuren seien beispielsweise Abteilungen, Bereiche oder Teams gemeint. Jeder zeitlich begrenzte Mikrotakt kann in mehrere Taktphasen gegliedert werden.

Den Taktphasen werden die einzelnen Arbeitspakete für eine entsprechende Auftragsabwicklungsstufe inklusive zugeordneter Arbeitsstunden, Arbeitsunterlagen inklusive NC-Programmen, Materialien und benötigte Betriebsmittel, zugeordnet. Die Arbeitspakete sind bis spätestens vor Ablauf einzelner Mikrotakte abzuarbeiten. Die Detailplanung bei der Zuteilung einzelner Aktivitäten zu den verfügbaren Ressourcen auf der kleinsten operativen Ebene findet dezentral in Form von beispielsweise Schicht- oder Tageszielen statt. Sie stellen die Grundlage für die Ermittlung des Bearbeitungsstatus und dessen Visualisierung mittels geeigneter Instrumente dar.

Die beschriebene Steuerungssystematik wird anhand der nachfolgenden Abbildung in vereinfachter Form verdeutlicht. Die Skalierbarkeit der Systematik ist auf allen Ebenen gegeben. Der Detaillierungsgrad hängt von der Komplexität der untersuchten Prozesse ab.

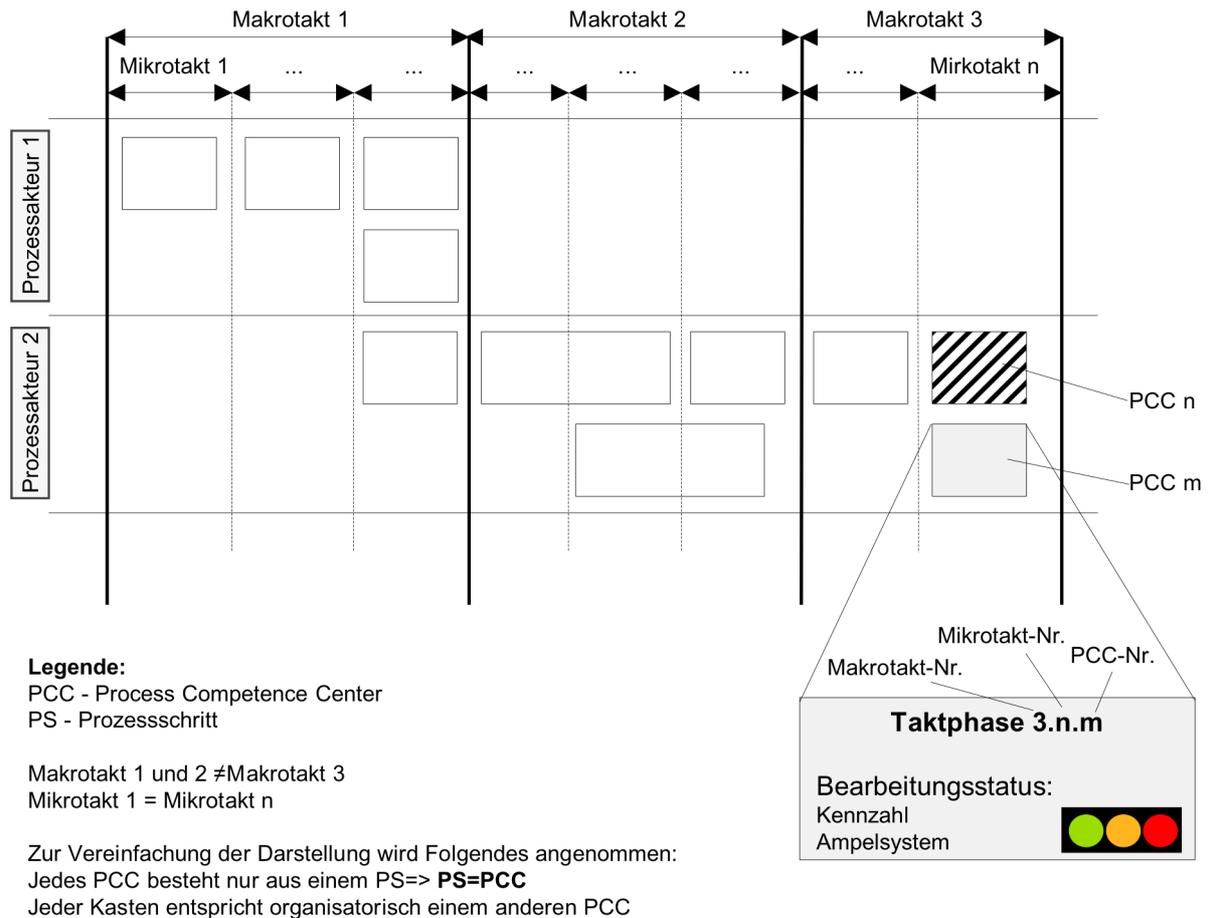


Abbildung 49: Steuerungssystematik mittels des zweistufigen Taktphasenmodells

Die Einführung von Taktphasen ermöglicht ein dezentrales Prozessmonitoring auf der kleinsten Planungs- und Steuerungsebene. Die kleinste Planungs- und Steuerungsebene ist von der Komplexität des Auftragsabwicklungsprozesses abhängig - nicht alle Elemente der PCC-Konzeption sind zwingend umzusetzen. Der Detaillierungsgrad ist beliebig skalierbar.

Die Verfolgung des Bearbeitungsstatus erfolgt anhand unterschiedlicher Kennzahlen, etwa Plan-/Ist-Vergleiche von Stunden, Anzahl abgeschlossener Arbeitsunterlagen oder Materialverfügbarkeit und wird durch Visualisierungsinstrumente, zu Beispiel durch das Ampelsystem, unterstützt.

Für die entwickelte Steuerungssystematik ist im letzten Schritt ein geeigneter Steuerungsmechanismus in Bezug auf den Informations- und Materialfluss zu wählen. Der für die Unikatfertigung klassische Mechanismus ist das Push-Prinzip. Für ein zu produzierendes Produkt werden ausgewählte Aufträge mit einem definierten Endtermin kontinuierlich gestartet und entsprechend der In-

formations- und Materialverfügbarkeit sowie der terminlichen Dringlichkeit durch die Fertigung geschoben. Die Voraussetzung einer zum Push-Prinzip gegensätzlichen Pull-Produktion ist eine bedarfsorientierte Serienfertigung. Das bedeutet, es wird nur das nachproduziert, was von der nachgelagerten Stelle, sei es der nächste Prozessschritt oder der Supermarkt, entnommen wurde.²⁸⁷ Um ein neues Produkt nachproduzieren zu können, ist wiederum ein festes Produktspektrum erforderlich. Hinter jeder Produktentnahme aus dem Supermarkt verbirgt sich zwar ein konkreter Kunde. Der Kunde löst jedoch den Produktionsprozess für das Endprodukt, das an ihn verkauft wurde, nicht aus. Das Endprodukt wird aus einem vordefinierten Supermarkt bezogen, der einen Kundenentkopplungspunkt darstellt. Diese Entnahme verursacht einen erneuten Auftragsstart für das fehlende Produkt im Supermarkt – der Produktionsauftrag entspricht jedoch nicht dem Kundenauftrag.

Die Unternehmen mit Unikatfertigung erfüllen das Kriterium einer bedarfsorientierten Fertigung insofern, als der Fertigungsprozess in jedem Fall durch einen konkreten Kundenauftrag ausgelöst wird. Das Endprodukt kann jedoch nicht aus einem vordefinierten Supermarkt entnommen werden – der Produktionsauftrag entspricht einem Kundenauftrag. Da jedes Produkt eine Individuallösung darstellt, kann keine Endkopplung des Kunden von der realen Fertigung erfolgen.

Wird eine Pull-Steuerung angestrebt, stellen die wechselnden Engpasskapazitäten der Unikatfertigung eine weitere Schwierigkeit dar. Im Pull-Prinzip wird die Fertigung durch den Engpassprozess geregelt. Der Engpassprozess determiniert die Anzahl der zu bearbeitenden Aufträge und somit der herzustellenden Endprodukte. Das Ziel ist die Gesamtkapazität des Engpassprozesses so zu definieren, dass die restlichen Ressourcen darauf abgestimmt werden können. Die Auftragsumfänge in der Unikatfertigung können je nach Produktgruppe und Durchlauf einzelner Produktausprägungen über die PCC innerhalb einer Produktgruppe variieren. In der Folge existiert kein fester Engpassprozess. Da die beiden genannten Kriterien in der Unikatfertigung nicht erfüllt sind, wird in der vorliegenden Arbeit für die Unikatfertigung ein Misch-

²⁸⁷ siehe Kapitel 2.2.4.1

Steuerungsmechanismus, das Push/Pull-Verfahren²⁸⁸, vorgeschlagen. Die Produktstandardisierung auf der Ebene der Einzelteile ermöglicht eine gezielte Einzelteilefertigung. Der Materialfluss auf der Ebene der Endprodukte erfolgt nach dem Push-Prinzip. Das Schieben des Materials resultiert maßgeblich aus dem sich in der Fertigung befindenden individuellen Produktspektrum – ein Aufbau von Supermärkten zwischen den PCC kann aufgrund der enormen Variantenvielfalt nicht sinnvoll realisiert werden.

4.3.3 Generisches Planungsmodell auf Basis des zweistufigen Taktphasenmodells

Die Strukturierung, Verschlinkung und Neuausrichtung der Prozesse innerhalb der Auftragsabwicklung stellt die Basis der Implementierung des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung dar. Wurden die PCC definiert, Makro- und Mikrotakte festgelegt und die Steuerungsregeln entwickelt, kann eine systemseitige Abbildung wesentlicher Prozesse in geeigneten IT-Tools erfolgen. Die IT-technische Abbildung der Prozesse soll nicht nur den Visualisierungscharakter auf der operativen Ebene aufweisen. Vielmehr ist ein auf das zweistufige Taktphasenkonzept angepasstes Planungsmodell erforderlich, um eine durchgängige Planung und Steuerung realisieren zu können. Zudem sind die operativen, kosten- und materialbezogenen Planungselemente zu betrachten.

Den Taktphasen werden die einzelnen Arbeitspakete für eine entsprechende Auftragsabwicklungsstufe, inklusive zugeordneter Arbeitsstunden, Arbeitsunterlagen mit NC-Programmen, Materialien und benötigte Betriebsmittel, zugeordnet. Jede Taktphase besitzt ein zeitliches und kapazitives Volumen. Durch die Zuteilung einzelner Arbeitspakete wird das verfügbare Kapazitätvolumen kontinuierlich verringert, bis die Kapazität ausgeschöpft ist. Die Planung und Steuerung von Tätigkeiten innerhalb der Taktphase erfolgt dezentral in Form von Wochen-, Tages- oder Schichtzielen. Den beschriebenen Sachverhalt verdeutlicht die nachfolgende Abbildung.

²⁸⁸ siehe Kapitel 2.2.4.1

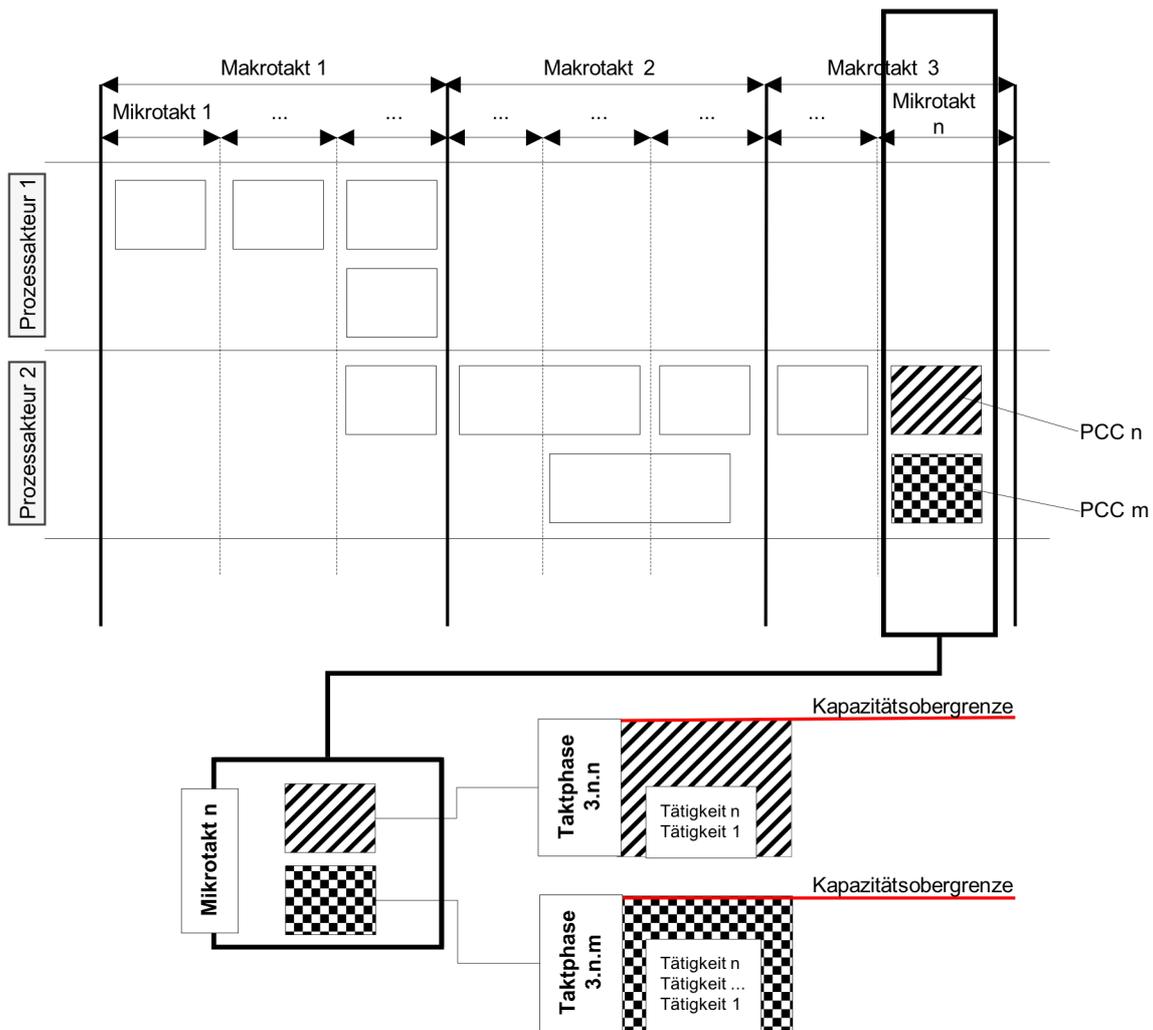


Abbildung 50: Planungslogik in Bezug auf ein Produkt

Bevor einzelne Arbeitspakete den Taktphasen zugeordnet werden, ist ein Kapazitäts- und Terminabgleich auf der übergeordneten Ebene durchzuführen. Die Notwendigkeit der Planung auf einer übergeordneten Ebene resultiert aus den unterschiedlichen Zeitverläufen bei der Herstellung einzelner Produkte. Da nicht alle Produkte zeitgleich bestellt und bearbeitet werden, können sich Produkte in derselben Kalenderwoche in unterschiedlichen Takten befinden. Eine Multiprojektmanagementsicht zur operativen Planung und Steuerung ist folglich erforderlich – siehe nachfolgende Abbildung.

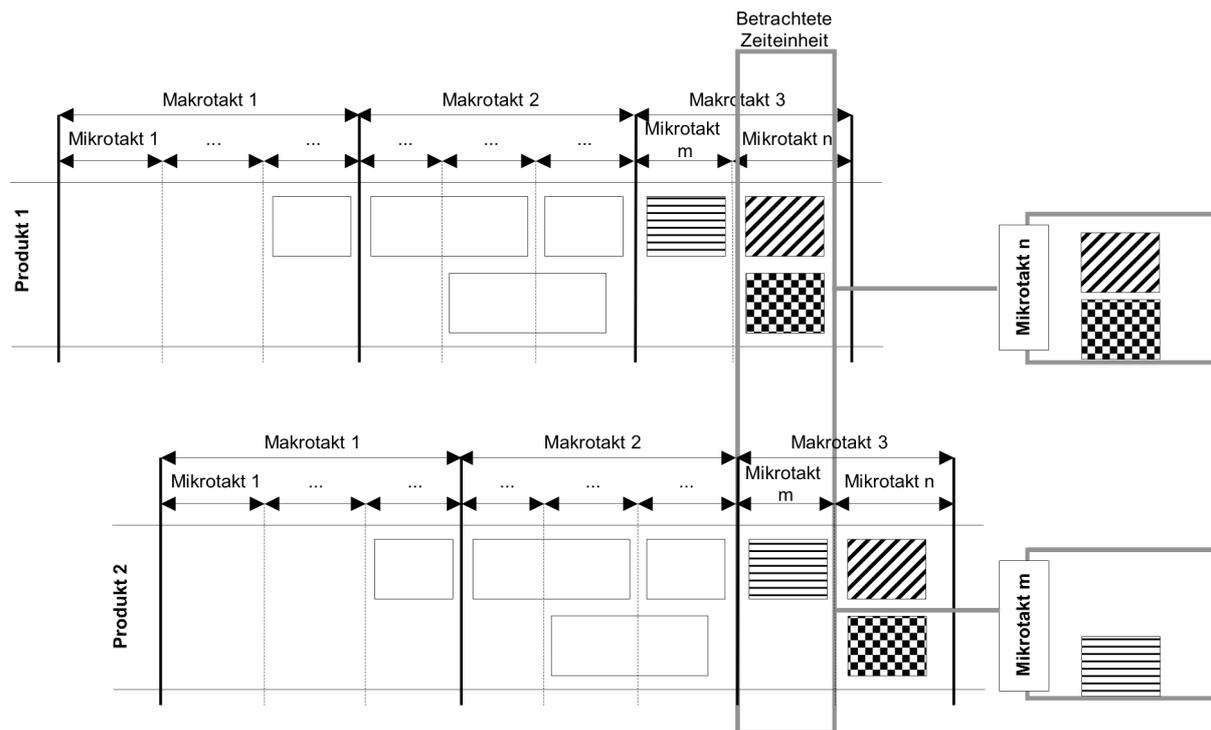


Abbildung 51: Multiprojektplanung für mehrere Produkte

Alle in der betrachteten Zeiteinheit befindlichen Mikrotakte werden separat, jedoch unter Berücksichtigung vorhandener Kapazitäten, geplant. Die Planungsgrundlage stellen die Auftragsplanzahlen dar. Durch eine produktübergreifende Planung und Steuerung können nicht nur die Kennzahlen innerhalb einer Taktphase, sondern auch kumuliert über alle Produkte verfolgt werden.

Neben der Planung und Steuerung von operativen Aufgaben ist die Integration kosten- und materialbezogener Elemente erforderlich. Die IT-technische Verbindung zwischen den einzelnen Arbeitspaketen und den Kosten ermöglicht eine projektübergreifende Budgetüberwachung, Früherkennung bei Budgetüberschreitungen sowie Reststundenvergleiche. Aus logistischer Sicht verschafft die Zuordnung von mittelfristigen Materialbedarfen zu den Makrotaktterminen in einem einheitlichen System die notwendige Transparenz hinsichtlich der Bedarfstermine, der Materialverfügbarkeit und des Fehlteilmanagements. Eine eindeutige Zuordnung der benötigten Materialien zu den Arbeitskarten auf der Tätigkeitsebene ermöglicht eine kurzfristige Kommissionierung zu dem Mikrotakttermin.

Die Zusammenhänge zwischen den operativen, material- und kostenbezogenen Aspekten innerhalb des Planungsmodells sind in der nachfolgenden Abbildung vorgestellt.

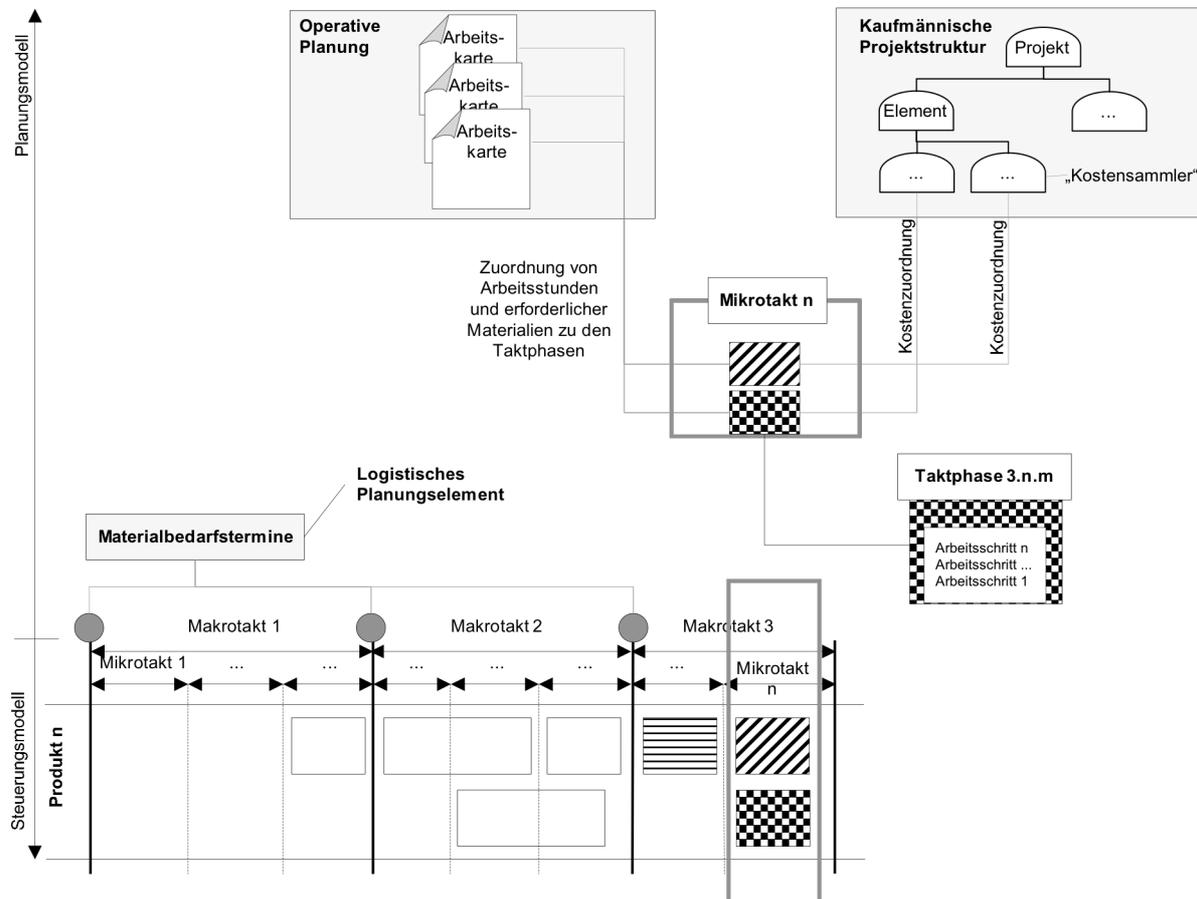


Abbildung 52: Generisches Planungsmodell auf Basis des zweistufigen Taktphasenkonzeptes

4.4 Übergang von der Werkstatt- zur Materialflussorientierung

Die Übertragung der schlanken Produktion auf Unternehmen mit Unikatfertigung ist durch die bereits herausgearbeiteten Ansätze der Produktstandardisierung, der Bildung von PCC und der Makro- und Mikrotakte möglich. Nachdem das zweistufige Taktphasenmodell entwickelt wurde, kann ein physischer Übergang von der funktionalen Werkstattfertigung zu einer industriellen Flussfertigung vollzogen werden.

Zur Erreichung der Materialflussorientierung innerhalb der Fertigung ist eine örtliche Trennung bei der Ausführung einzelner Aufgaben entweder auf der Makro- oder Mikrotaktebene erforderlich.

Die Aufgaben im Mikrotakt 1 werden beispielsweise am Arbeitsplatz 1 im PCC 1 bearbeitet. Zur Durchführung der Aufgaben im Mikrotakt 2 wird der Arbeitsplatz gewechselt. Die physische Bewegung hängt von der Länge der Mikrotakte sowie der Größe der Produkte ab. Sind die herzustellenden Produkte groß und die Mikrotakte kurz, ist eine Produktbewegung auf der Mikrotaktebene nicht sinnvoll – siehe nachfolgende Abbildung.

große Produkte	physische Bewegung nicht sinnvoll	physische Bewegung sinnvoll
kleine Produkte	physische Bewegung sinnvoll	physische Bewegung sinnvoll
	kurze Takte	lange Takte

Abbildung 53: Abhängigkeit des physischen Materialflusses von der Produktgröße und der Taktlänge

Als Beispiel sei der Innenausbau von Flugzeugen genannt. Da die gesamte Auftragsabwicklungszeit bis zu zwei Jahre betragen kann, könnten beispielsweise sechs Mastertakte mit einer Länge von vier Monaten je Takt gebildet werden. Beträgt die Fertigungszeit beispielsweise acht Monate, werden zwei Mastertakte für die Fertigungs- und Montagevorgänge verplant. Es wird angenommen, dass die Mikrotaktzeit eine Woche beträgt. Das bedeutet, dass die Bewegung des Flugzeugs zwischen den Arbeitsplätzen auf der Ebene der Mikrotakte nur mit einem enormen logistischen Aufwand realisierbar wäre. Die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens könnte nicht gerechtfertigt werden. Der Materialfluss wird im beschriebenen Beispiel auf der Makrotaktebene erzeugt und dadurch eine praktikable Weiterbewegung des Endproduktes erreicht. Der Fluss auf der Mikrotaktebene kann nur durch die Bewegung der Arbeitskräfte realisiert werden.

Der Materialfluss wird durch eine durchgängige Implementierung der Fließfertigung oder des Baustellenprinzips erreicht werden. Dadurch wird das Taktkonzept effizienter und kontrollierbarer realisiert.

Beim Fließprinzip bewegt sich das Produkt, die Mitarbeiter besitzen einen konstanten Arbeitsplatz. Einzelne Komponenten durchlaufen unterschiedliche Maschinen oder Arbeitsstationen in gleicher Taktzeit. Die Herstellung von Solarmodulen ist ein Beispiel für diese Vorgehensweise. Die Bewegung des Produktes zur Erreichung eines physischen Materialflusses erscheint für kleine und mittelgroße Produkte sinnvoll. Bei der Herstellung oder Montage großer Elemente, wie beispielsweise Flugzeuge oder Anlagen, spielt das Baustellenprinzip eine bedeutende Rolle. Die physische Bewegung wird durch die örtliche Veränderung eingesetzter Mitarbeiter erzielt. Die herzustellenden Produkte werden in der Regel platzgebunden gefertigt. Beim Baustellenprinzip wird der gesamte Arbeitsinhalt an einem oder mehreren örtlich definierten Punkten, den Baustellen, erbracht. Wird die Arbeit innerhalb einer Baustelle abgeschlossen, kann derselbe Mitarbeiter die gleiche bzw. ähnliche Arbeit in der nächsten Baustelle ausführen. Innerhalb einer Baustelle können Arbeitsumfänge von mehr als einem Mikrotakt sequentiell oder parallel abgearbeitet werden. Die zeitliche und kapazitive Grenze kann nicht überschritten werden.

Neben der Definition der Makro- und Mikrotaktlängen sowie der Auswahl eines geeigneten Prinzips zur Realisierung des Materialflusses ist die tatsächliche Einordnung der Arbeitsplätze auf der verfügbaren Fläche von großer Bedeutung. Die Ausgestaltung des Layouts sollte der tatsächlichen Materialbewegung entsprechen. Die knappen und oft teureren Betriebsmittel lassen sich nicht immer entlang des Materialflusses einordnen. Eine optimale Lösung kann aufgrund der Ergebnisse einer Laufwegeanalyse erarbeitet werden.

Die Laufwegeanalyse zeichnet sich durch eine einfache Verwendung sowie kurzfristige Aussagefähigkeit der Ergebnisse aus.²⁸⁹ Bei Bedarf kann die Analyse aufwandsarm wiederholt werden. Die Ergebnisse der Aufnahme können

²⁸⁹ siehe Kapitel 4.1.2

Notwendigkeit der Erweiterung vorhandener Ressourcen könnte detailliert untersucht werden.

- Nicht wertschöpfende Wege zwischen den Arbeitsstationen können identifiziert und reduziert werden.

Die für eine Werkstattfertigung typischen, meist chaotischen und langen Wege können durch die Anwendung des zweistufigen Taktphasenmodells identifiziert und konsequent reduziert werden. Hohe Prozesstransparenz sowie Kostenvorteile sind die positiven Folgen.

4.5 Zwischenfazit

Eine kritische Erfolgsanalyse der schlanken Produktion im Kapitel drei hat gezeigt, dass die Industrialisierung unter dem Paradigma schlanker Ansätze einen allgemein akzeptierten Status erreicht hat. Die Erfolge der schlanken Produktion werden in der Regel in „lean-kompatiblen“ Betrieben, insbesondere im Bereich der Serienfertigung, gemessen.

Eine schlanke Produktion für Unternehmen mit Unikatfertigung konnte in den vergangenen Jahren nur begrenzt realisiert werden. Die Ursache liegt in den spezifischen Merkmalen solcher Betriebe. Starke Kundenorientierung, ein breites Produktspektrum und folglich hohe Komplexität und Individualität der Prozesse stehen im Konflikt zu den schlanken Ansätzen bei der Wertschöpfungsgestaltung. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt der Fertigungsorganisation in der handwerklichen Werkstattfertigung oder in funktional gruppierten Bearbeitungszentren. Die nur begrenzt verfügbaren Informationen während der Konstruktion und der Fertigungsvorbereitung verursachen, dass die Produktion nur mit einem geringen Detaillierungsgrad im Hinblick auf die Unterlagen arbeitet. Diese Mängel lassen sich durch die Werkstattorganisation leicht ausgleichen. Zudem wird das Ziel maximaler Auslastung verfügbarer Anlagen verfolgt, um so die Kostennachteile zu kompensieren.

Trotz existierender Widersprüche zwischen den Ansätzen des Lean Production Konzeptes und den Merkmalen der Unikatfertigung wurden im vorliegenden Kapitel schlanke Ansätze als Gestaltungshilfe für die Unikatfertigung herangezogen. Die generelle Anwendbarkeit des Konzeptes wurde im Rahmen der

Anforderungsdiskussion verifiziert. Entsprechend orientiert sich die Gestaltung des schlanken Modells für die Unikatfertigung an den Prinzipien, die der schlanken Produktion zu Grunde liegen, und den identifizierten Weiterentwicklungspotenzialen. Es ist damit die Standardisierung der Produkte und Prozesse sowie Takt- und Materialflussorientierung gemeint.

Die Konzeptgestaltung erfolgt in mehreren Schritten. Da die hohe Komplexität betrieblicher Abläufe ein erhebliches Informationsdefizit verursacht, wird im ersten Schritt eine umfangreiche Datengenerierung vorgenommen. Die klassischen Methoden der Datenerhebung bringen die gewünschten Ergebnisse nur mit großem Zeit- und Kapazitätsaufwand. Sie werden in der Serien- und Massenfertigung effizient angewandt und in der vorliegenden Arbeit als wenig geeignet bewertet. Folglich wird eine effektive und gleichzeitig effiziente Lösung zur Datengenerierung in der Unikatfertigung vorgeschlagen. Anhand der erhobenen Daten kann eine Übertragung des Lean Production Konzeptes auf die Unikatfertigung erarbeitet werden.

Das entwickelte zweistufige Taktphasenmodell basiert auf den Standardisierungselementen, Process Competence Center und Makro- und Mikrotakten. Die Bildung von produktgruppenorientierten flexiblen Fertigungslinien ermöglicht die Realisierung der Materialflussorientierung. Die eingeführten Takte mit sich dezentral steuernden Taktphasen bringen einen positiven Beitrag zur Komplexitätsreduzierung und Transparenzsteigerung. Der Widerspruch zwischen fehlender Prozessdefinition und erforderlicher Transparenz wird aufgelöst. Folglich wird eine konsequente Leistungsmessung und –kontrolle ermöglicht. Zu betonen gilt, dass sich das beschriebene Modell durch seine Zweistufigkeit vom klassischen Lean Production Modell abhebt. Weiterhin sei die veränderte Rolle der Konstruktion hervorgehoben.²⁹⁰

Eine erfolgreiche Realisierung des zweistufigen Taktphasenmodells erfordert einen Wandel der für die Unikatfertigung typischen Zielsetzungen. Statt einer Optimierung der Kapazitätsauslastung spielen die zeitlichen Aspekte, wie kurze Durchlaufzeiten und somit hohe Liefertreue, eine bedeutende Rolle.

²⁹⁰ siehe Kapitel 4.2.1

Das Gestaltungsmodell richtet den Fokus der Wertschöpfung neu aus, ohne das Angebot gegenüber dem Kunden zu begrenzen. Das Konzept soll die Unternehmen mit Unikatfertigung bei der Lösung aktueller Probleme unterstützen. Im nachfolgenden Kapitel werden relevante Themenbereiche der Operationalisierung des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung behandelt.

5 Anwendung des Lean Production Konzeptes in der Unikatfertigung und dessen Auswirkungen

Der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist es, einen möglichen Lösungsvorschlag zu erarbeiten, in dem eine hohe Kundenorientierung der Unikatfertigung in Einklang mit effizienten und robusten Prozessen gebracht wird. Für die identifizierten Widersprüche zwischen den spezifischen Merkmalen der Unikatfertigung und den Merkmalen der schlanken Produktion wurden Lösungsansätze erarbeitet. Wie im Kapitel 4 diskutiert, kann der Konflikt durch die Anwendung des zweistufigen Taktphasenmodells unter den genannten Voraussetzungen gelöst werden.

Die Vorteile einer schlanken Unikatfertigung liegen insbesondere in der erhöhten Produktivität bei gleichzeitiger Reduzierung eines hohen Komplexitätsgrades bestehender Prozesse und in einer erhöhten Lieferfähigkeit und –treue. Zudem stellt eine starke Prozess- und Taktorientierung die Basis des Konzeptes dar.

Die Implementierung des Konzeptes in der Unikatfertigung erfordert einen Wandel der grundlegenden Zielsetzungen und Organisationsstrukturen. Deshalb wird im Folgenden der zur Konzeptanwendung erforderliche Strukturwandel näher betrachtet. Weiterhin werden eine Vorgehensweise zur Konzeptimplementierung mittels der Lean Transformationen vorgeschlagen sowie die Auswirkungen des Ansatzes auf die Unikatfertigung erörtert. Die Verdeutlichung einer unterstützenden Rolle von IT-Lösungen rundet die schlanke Produktion in der Unikatfertigung ab.

5.1 Notwendigkeit des Wandels der Unikatfertigung zwecks Operationalisierung des Lean Production Konzeptes

Die Anwendung des vorgestellten Lean Production Modells für Unikatfertiger erfordert einen tiefgehenden Wandel dieser Fertigungsart. Der erforderliche Wandel betrifft die gesamte Wertschöpfungskette und ist insbesondere in Bezug auf das Zielsystem, die Kundenorientierung, das Leistungsangebot, die Prozessgestaltung, das Lieferantenmanagement und das Verhalten durchzu-

führen.²⁹¹ Die genannten Handlungsfelder resultieren aus den Diskrepanzen zwischen den vorherrschenden²⁹² und des zur Umsetzung der schlanken Produktion erforderlichen Verständnisses der Unikatfertigung. Die Wandelauslöser sowie die Handlungsfelder sind in der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht.

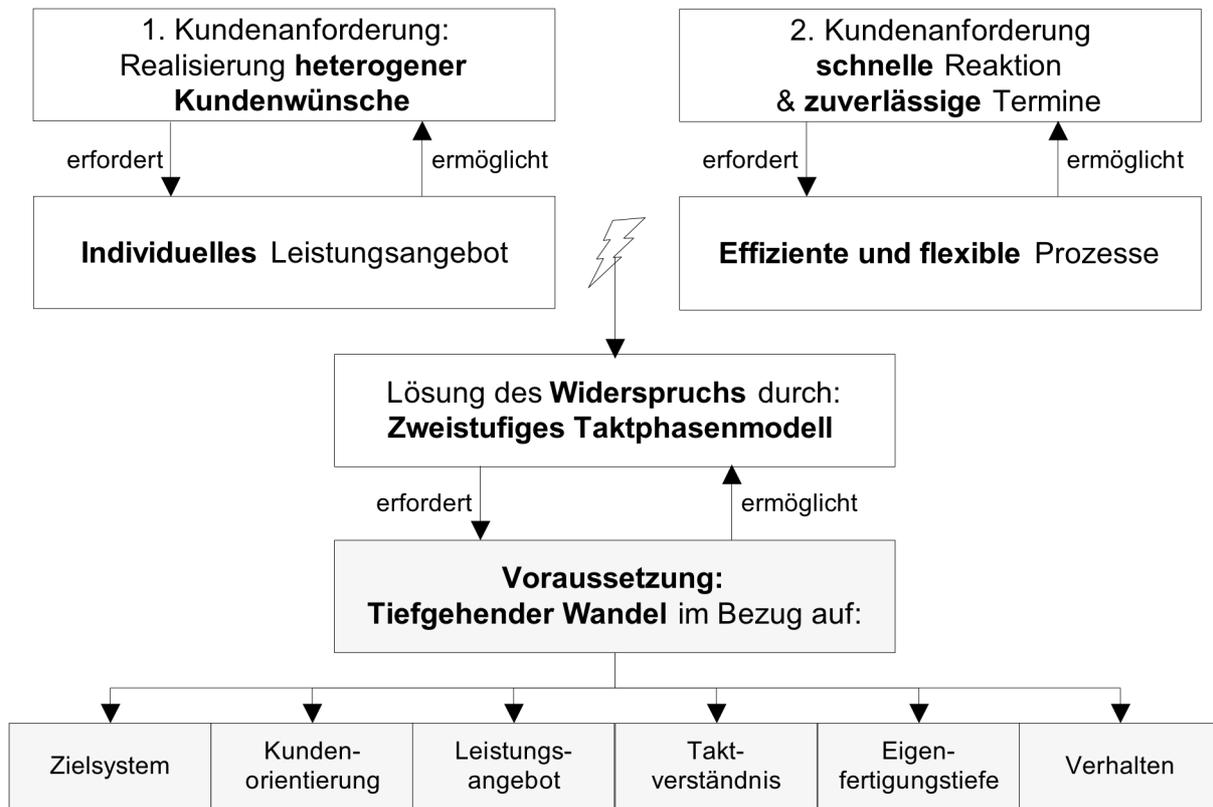


Abbildung 55: Notwendigkeit des Wandels der Unikatfertigung

Im Weiteren werden die identifizierten Handlungsfelder hinsichtlich der erforderlichen Wandlungsintensität untersucht.

5.1.1 Zielgrößenwandel bei Unikatfertigern

Das Lean Production Konzept wird in der unternehmerischen Praxis bisher kaum als ein geeigneter Gestaltungsansatz für Unikatfertiger angesehen. Dies liegt im fehlenden Know-how zur Konzeptimplementierung in solchen Unter-

²⁹¹ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 30

²⁹² Das vorherrschende Verständnis der Unikatfertigung kann aus den Merkmalen dieser Fertigungsart abgeleitet werden. Siehe dazu Kapitel 3.1.

nehmen begründet. Die Akzeptanzhindernisse resultieren vor allem aus der fehlenden methodischen Konzeptdurchdringung bei der Übertragung der schlanken Produktion von der Großserien- auf die Unikatfertigung. Als Beispiel seien die deutschen Maschinen- und Anlagenbauer genannt. Über 40% der Unternehmen erwähnen das fehlende Methodenwissen zur Konzeptübertragung als Ursache für die geringe Konzeptakzeptanz. Über 30% der deutschen Maschinen- und Anlagenbauer mit weniger als 500 Mitarbeitern bewerten die Methoden schlanker Produktion als nicht anwendbar.²⁹³

Die Vermutung liegt nahe, dass die „Nicht-Anwendbarkeit“ des Konzeptes nicht nur aus dem fehlenden Know-how resultiert. Eine bedeutende Rolle spielt in diesem Zusammenhang der bestehende Zielkonflikt. Die Auslastungsmaximierung steht bei Unikatfertigern im Konflikt zu kurzen Durchlaufzeiten und hoher Termintreue. Da die Bedeutung des Modells „Build to Order“ steigt, ist die Fokussierung auf richtigen Zielgrößen entscheidend. Nur 15% der Maschinenbauer und 30% der Komponentenhersteller können eine Produktion auf Lager betreiben und kurze Lieferzeiten durch den Verkauf vorgefertigter Produkte erreichen. Zudem nimmt diese Produktionsweise kontinuierlich ab.²⁹⁴ Bei der individuellen Kundenfertigung erweist sich die fehlende Möglichkeit der Marktentkopplung als problematisch. Folglich entsprechen die Lieferzeiten den Durchlaufzeiten. Die externe Produktliefertreue wird durch die interne Produktionsliefertreue gesteuert. Außerdem erweist hohe Termintreue, im Vergleich zur maximalen Auslastung, einen höheren positiven Einfluss auf die Umsatzrendite – siehe nachfolgenden Abbildung.

²⁹³ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 23

²⁹⁴ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 60

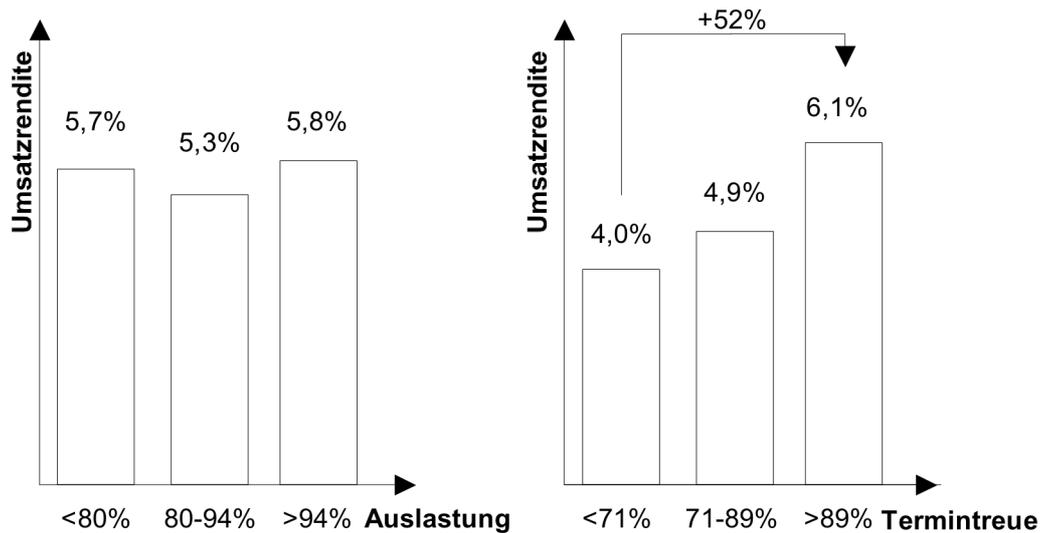


Abbildung 56: Einfluss der Auslastung und der Termintreue auf die Umsatzrendite (in Anlehnung an Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 61)

Ein Wandel von den betriebsbezogenen Zielen zu den marktbezogenen Zielen scheint erforderlich. Das bedeutet, dass das für die Unikatfertigung typische Kennzahlensystem, das die Effizienz an der Auslastung misst, angepasst werden muss. Möglichst kurze Durchlaufzeiten und hohe Termintreue gelten unter diesen Gesichtspunkten als die übergeordneten Zielsetzungen, wobei die Auslastung aus den wirtschaftlichen Gründen nicht völlig vernachlässigt werden darf. Die Verkürzung der Durchlaufzeiten ermöglicht einen späteren Auftragsstarttermin, sodass die Fertigung mit einem optimierten Datenstand und wenigen Änderungen seitens des Kunden arbeiten kann.²⁹⁵

Die bisher verfolgte Auslastungsmaximierung führt in der Praxis zu hohen Beständen in der Fertigung, geringer Transparenz und somit hohem Steuerungsaufwand, der sich negativ auf die Termintreue auswirkt. Vor dem Hintergrund der kundenseitigen Ziele werden zusätzlich neben den kurzen Durchlaufzeiten und der hohen Termintreue geringe Bestände gefordert, um eine möglichst hohe Flexibilität, Transparenz und auch niedrige Kapitalbindung zu erreichen. Für die Unikatfertiger bedeutet dies, dass ein Übergang vom europäischen zum japanischen Verständnis von Beständen erforderlich ist. Höhere Bestände ermöglichen im traditionellen/europäischen Sinne eine hohe und konstante

²⁹⁵ siehe Kapitel 3.1.3 Abschnitt: „Verfügbarkeit fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang“.

Auslastung der Anlagen, eine reibungslose Produktion, in der die Störungen leicht überbrückt werden können sowie prompte Lieferung.²⁹⁶ Aus japanischer Sicht werden Bestände als Verschwendung verstanden, die eine negative Bedeutung auf dem Weg zur perfekten Industrialisierung aufweisen. Sie verdecken die störanfälligen Prozesse, unabgestimmten Kapazitäten, mangelnde Kapazität, hohen Ausschuss und mangelhafte Liefertreue. Die Sinnhaftigkeit des Wechsels von zur Zeit bei den Unikatfertigern vorherrschenden Zielsetzungen bestätigen zusätzlich die Ergebnisse der bereits im Kapitel 2 vorgestellten MIT-Studie. Die japanischen Unternehmen mit den beschriebenen strategischen Zielsetzungen weisen deutlich bessere Performancezahlen im Vergleich zu den westlichen Produzenten auf.²⁹⁷ Die Auswirkungen hoher Bestände auf die Gestaltung der Durchlaufzeiten, Auslastung und der Termintreue sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Der Nachteil im Hinblick auf die Auslastung durch die Fokussierung auf geringe Bestände und kurze Durchlaufzeiten wird als marginal bewertet. Beispielsweise betragen die Auslastungsverluste im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus zwischen 4% und 6%.²⁹⁸

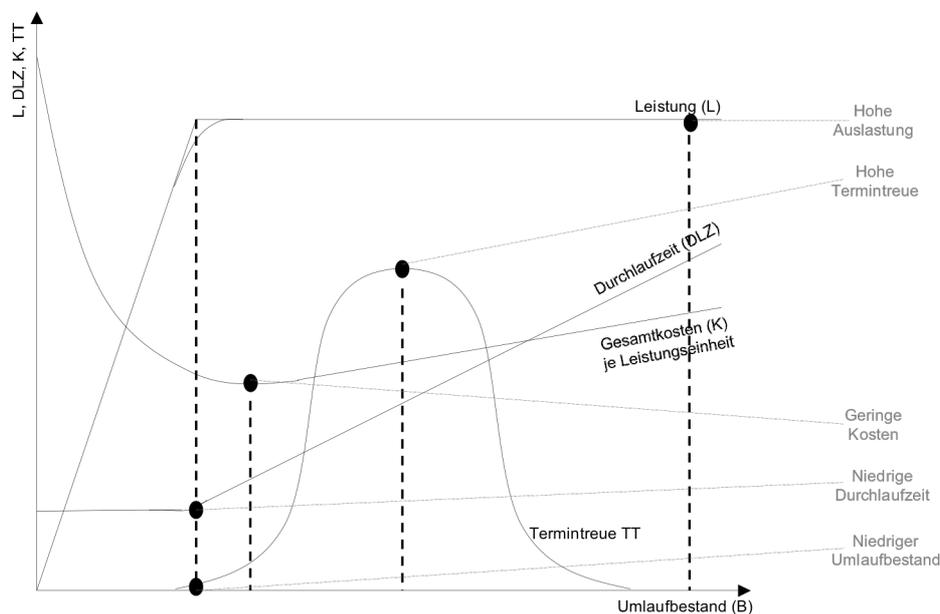


Abbildung 57: Produktionslinien nach Wiendahl (vgl. Wiendahl 1996, S. 14-3f.)

²⁹⁶ vgl. Wiendahl 1996, S. 14-3

²⁹⁷ siehe Kapitel 2.1.2

²⁹⁸ vgl. Wiendahl 1996, S. 14-4

5.1.2 Neues Verständnis der Kundenorientierung

Unternehmen mit Unikatfertigung weisen einen hohen Kundenorientierungsgrad auf. Ein Beispiel stellt der deutsche Maschinen- und Anlagenbau dar. Bei mehr als 74% der Maschinen- und Anlagenbauer stellen die kundenorientierten Aufträge über 80% der Gesamtauftragssituation dar.²⁹⁹ Darunter wird eine kundenindividuelle Anpassung angebotener Lösungen verstanden. Die internen Abläufe werden folglich auf Zuruf des Kunden jederzeit angepasst.³⁰⁰

Um sich im Spannungsfeld zwischen der Produktindividualität sowie der Prozesseffizienz zu behaupten, ist ein neues Verständnis der Kundenorientierung erforderlich. Ziel muss es sein, die Basis-, Leistungs- und Begeisterungsmerkmale³⁰¹ bei der Produktgestaltung und beim Produktverkauf systematisch zu unterscheiden.³⁰² Die Unterscheidungsnotwendigkeit resultiert vor allem aus der Zahlungsbereitschaft der Kunden für die entstandenen Kosten. Die Begeisterungsmerkmale können zwar kaufentscheidend sein. Der Kunde ist aber nur selten bereit, im Gegensatz zu Leistungsmerkmalen, für die Begeisterungsextras zu bezahlen. Folglich schlagen sich die Begeisterungsmerkmale in der Komplexität der Fertigungsprozesse nieder und verursachen hohe Fertigungskosten. Wird der Unterschied zwischen den einzelnen Merkmalen nicht wahrgenommen, können die entstandenen Kosten gegenüber den Kunden nicht kommuniziert werden. Ebenfalls besteht keine Möglichkeit, längere Lieferzeiten solcher Produkte zu rechtfertigen.

Die Systematisierung der Produktmerkmale, ergänzt um konsequente Marktbeobachtungen, ermöglicht die Notwendigkeit eines breiten Produktangebotes mit Begeisterungsmerkmalen zu verifizieren. Durch die Analysen von Marktdaten, Teilnahme an Branchenbenchmarks oder aktive Markt- und Kundenforschung können Zukunftstrends in Bezug auf die relevanten und gewünschten Produktmerkmale je nach Kundensegment identifiziert werden.³⁰³ Die optima-

²⁹⁹ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 31

³⁰⁰ vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 430

³⁰¹ Unter Begeisterungsmerkmalen werden „Nutzen stiftende Merkmale, mit denen der Kunde nicht unbedingt rechnet“ verstanden. (vgl. Kano 1984)

³⁰² vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 32

³⁰³ vgl. Immelet/Govindarajan/Trimble 2009, S. 58ff.

len Kundenlösungen können schrittweise erarbeitet und in den Fertigungsprozess integriert werden. Eine kontinuierliche Entwicklung marktangepasster Produkte kann in der industriellen Praxis anhand einer Produktroadmap realisiert werden.³⁰⁴

Durch das veränderte Kundenorientierungsverständnis innerhalb der Unikatfertigung können folgende positive Effekte erzielt werden:

- Eine verschwendungsfreie Realisierung der Kundenanforderungen. Aufgrund der Markt- und Kundenforschung werden je nach Markt- oder Kundensegment individuelle Produktlösungen angeboten, sodass eine funktionale Überdimensionierung einzelner Lösungen in diesen Segmenten reduziert werden kann.
- Sicherung der Wettbewerbsvorteile durch eine wirtschaftliche Produktdifferenzierung.
- Reduzierung spontaner und unerwarteter Kundenwünsche. Die Kenntnis der zu erwarteten Entwicklungspfade der Produkte ermöglicht eine vorbeugende Integration der Marktanforderungen in die Produktpaletten.
- Verbesserung der Argumentationskette beim Auftreten längerer Lieferzeiten und erhöhter Kosten. Sollen Begeisterungswünsche realisiert werden, können die entstandenen Mehraufwände erfasst und kommuniziert werden.
- Reduzierte Komplexität der Fertigungsplanung und –steuerung durch eine verbesserte Vorhersagegenauigkeit in Bezug auf den individuellen Kundenwunsch.

Bei der Definition eines neuen Kundenorientierungsverständnisses spielen zusätzlich die Leistungstransparenz sowie die Preisgestaltung eine bedeutende Rolle.³⁰⁵ Da eine verstärkte Tendenz zur Aufnahme von zusätzlichen Dienstleistungen in den Vertrag beobachtet werden kann³⁰⁶, ist eine konsequente Differenzierung der verkauften Produkte und Leistungen erforderlich. Dadurch wird eine hohe Leistungstransparenz erreicht und eine leistungsorientierte

³⁰⁴ Zum Thema Technologieroadmapping sei beispielsweise auf Mieke 2006 verwiesen.

³⁰⁵ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 40f.

³⁰⁶ Siehe Kapitel 3.1.1 und vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 422

Preisgestaltung nach den Kundenbedürfnissen ermöglicht. Die Zusatzkosten können legitim an den Kunden weitergereicht werden.

Unternehmen mit Unikatfertigung arbeiten mit einem hohen Unschärfegrad und einer hohen Unsicherheit hinsichtlich des Entwicklungs- und Herstellungsaufwandes. Dies liegt vor Allem in der geringen Informationsverfügbarkeit während der ersten Phasen des Auftragsabwicklungsprozesses begründet.³⁰⁷ Weiterhin fehlen geeignete Ansätze zur frühzeitigen Kostenfestlegung und -kontrolle.³⁰⁸ Wird die klassische Preisgestaltung, in Form einer starren Kalkulation von Herstellungskosten auf Basis einer Prognose realisiert, kann eine spätere Änderung des avisierten Preises zur Kostendeckung erforderlich sein.³⁰⁹ Dieser Umstand kann sich negativ auf den Erfolg einer Produktstrategie auswirken. Die Preisgestaltungsstrategie nach Kundennutzen und Marktsituation könnte einen positiven Beitrag zur Reduzierung der bei Unikatfertigern existierenden Preisunsicherheit leisten. Die Produktpreisgestaltung könnte aus der Kundenpreisbereitschaft abgeleitet werden. Die Grundlage hierfür stellt der vorhandene Kundennutzen dar. Der Einsatz von Revenue Management Modellen für die produzierenden Unternehmen³¹⁰ mit Unikatfertigung könnte eine kundennutzenorientierte Preisgestaltung unterstützen und die Kundennachfrage beeinflussen. Da aufgrund spezifischer Merkmale der Unikatfertigung keine Entkopplung des Kunden von der Produktion realisierbar ist³¹¹, kann die Produktion nur bedingt nivelliert werden. Eine durch die Preisstrategie beeinflusste Kundenanfrage würde in diesem Zusammenhang einen positiven Beitrag leisten. Die Anwendung von Standardisierungs-, Taktorientierungs- und Flussorientierungsaspekten wird demzufolge unterstützt.

³⁰⁷ siehe Kapitel 3.1.3, Abschnitt: „Verfügbarkeit fertigungsrelevanter Informationen beim Auftragseingang“.

³⁰⁸ Siehe Kapitel 4.2.2

³⁰⁹ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 40

³¹⁰ Zu den Übertragungsmöglichkeiten der Revenue Management Modelle auf produzierende Unternehmen sei auf die Arbeit von Gruß 2008 verwiesen.

³¹¹ Siehe Kapitel 3.2.1.1

5.1.3 Kundennutzenmaximierendes Leistungsangebot

In der Entwicklungs- und Konstruktionsphase können verschiedene Verschwendungsarten identifiziert werden. Als Beispiel seien unzureichende Qualifikation der Mitarbeiter, Overengineering oder Produktkomplexität ohne proportionalen Kundennutzen genannt. Die Ursache hierfür liegt vielfach in fehlenden Konstruktionsstandards. Dadurch bleiben mögliche Skaleneffekte auf der Einzelteileebene unerschlossen.

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 verdeutlicht, ist im Sinne der Lean Production ein neues Verständnis der Konstrukteurrolle erforderlich. Ein Umdenken bezüglich der Wertvorstellung der Entwickler und Konstrukteure wird vorausgesetzt. Weiterhin muss und ein kontrollierter Einsatz der persönlichen Eigenschaften, wie beispielsweise des Sach- und Methodenwissens, realisiert werden. Das Ziel ist eine intelligente Produktkonstruktion zu verfolgen, die den Kundennutzen maximiert und gleichzeitig die Senkung der Herstellungskosten unterstützt. Die Kenntnis der Kundenanforderungen und –wünsche sowie eine systematische Erfassung der Kaufkriterien leisten in diesem Zusammenhang einen positiven Beitrag. Eine gezielte Anwendung des objektorientierten Ansatzes zur Kostenkontrolle³¹² hilft die Verschwendung in Form einer nicht am Kundennutzen orientierten und an die Unternehmensprozesse angepassten Entwicklung zu vermeiden. Die Kundenansprüche sowie andere Regelungen, wie beispielsweise Länderspezifika und Normen, können erfasst werden. Sie determinieren maßgeblich die Produktentwicklung und –konstruktion. Durch ein flexibles und erweiterbares Maximalangebot werden Konstruktionsfreiheitsgrade definiert, sodass die individuellen Kundenanforderungen kostenoptimal realisiert werden. Wünscht sich der Kunde die Realisierung von Begeisterungsmerkmalen, sind diese nur dann umzusetzen, wenn der Kunde bereit ist für diese zu bezahlen.

Der Wandel vom kundenorientierten zum kundennutzenmaximierenden Leistungsangebot kann dadurch vollzogen werden.

³¹² Siehe Kapitel 4.2.2

Folgende Änderungen seien im Rahmen des Wandels vorzunehmen:

- Kundenanforderungen sind zu hinterfragen und zu bewerten. Nicht jeder Kundenwunsch erhöht den Kundenwert und soll realisiert werden.³¹³
- Die Produktentwicklung und –konstruktion basiert auf einer Durchschnittsmenge der Kundenanforderungen.
- Der Umfang der zu realisierenden Funktionen wird nach Kunden- oder Marktsegment gezielt eingeschränkt.
- Aktiver Vertrieb teilweise standardisierter Lösungen wird implementiert. Ziel ist es, den Kundenwert zu maximieren und entsprechende Kostenvorteile gegenüber dem Kunden zu generieren. Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, werden Spezialwünsche kostenseitig separat erfasst.

Durch eine konsequente Orientierung am Kundennutzen können innerhalb der Unikatfertigung folgende positive Effekte erzielt werden:

- Systematische Vereinfachung der Konstruktion unterstützt den Ansatz der Produktstandardisierung,
- die Festlegung auf eine begrenzte Anzahl von technologischen Lösungen ermöglicht eine Produktmodularisierung,
- Reduzierung von Neukonstruktionsanteilen,
- die Verwendung konstruktiv gleicher Lösungen auf der Einzelteileebene ermöglicht die Realisierung von Skalenpotenzialen,
- wiederkehrende Herstellung ähnlicher bis gleicher Erzeugnisse auf der Einzelteileebene stabilisiert die Herstellungsprozesse,
- die Produktqualität wird verbessert,
- Kundennutzenmaximierung schlägt sich in der Reduzierung der Produkt- und Prozesskosten nieder.

5.1.4 Neues Verständnis des Taktes

Der Aspekt der Taktorientierung wird in der vorliegenden Arbeit als ein zentrales Element des zweistufigen Taktphasenmodells verstanden.

³¹³ vgl. Schuh/Lenders/Jung 2009, S. 781

Das klassische Taktprinzip wird in der Regel mit dem getakteten Fließband gleichgesetzt. Das typische Beispiel für eine Anwendung des Taktprinzips stellt die Automobilindustrie dar.

Wie bereits in Kapitel 4.3 diskutiert, ist eine Übertragung des klassischen „Automobil-Taktprinzips“ auf Unikatfertigung nicht möglich. Aufgrund anderer Fertigungsrahmenbedingungen als bei Serienherstellern, erscheint ein zweistufiges Taktkonzept notwendig, um den unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass keine minutengenaue Fertigungsplanung erfolgt. Weiterhin wird auf eine zentrale Beplanung jeglicher Ressourcen verzichtet, um so einen notwendigen Flexibilitätsgrad zu erreichen.

Durch eine konsequente Anwendung des zweistufigen Taktkonzeptes können innerhalb der Unikatfertigung folgende positive Effekte erzielt werden:

- Das zweistufige Taktphasenmodell schafft die benötigte Transparenz entlang des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses,
- Die Verschwendung in Form von Pufferzeiten kann reduziert oder ganz eliminiert werden,
- Zuverlässige Terminzusagen können realisiert werden,
- Durchlaufzeiten und folglich Lieferzeiten können reduziert werden,
- Radikale Produktivitätserhöhungen können erreicht werden.

Die Auswirkungen des Taktprinzips auf die relevanten Zielgrößen sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengestellt. Die Zahlen beziehen sich auf die Anwendung des an den deutschen Maschinen- und Anlagenbau angepassten klassischen Taktprinzips. Es handelt sich in diesem Zusammenhang nicht um das in der vorliegenden Arbeit entwickelte zweistufige Taktmodell. Trotzdem lassen sich Hinweise für die generelle Wirksamkeit des Taktkonzeptes innerhalb der Einzelfertigung ableiten. Da das vorgeschlagene Taktphasenmodell verstärkt die spezifischen Anforderungen der Unikatfertigung berücksichtigt und somit als eine Weiterentwicklung des Taktkonzeptes verstanden wird, lassen sich ähnliche Erfolge für das vorgeschlagene Taktphasenmodell vermuten.

Ansätze der Lean Production Relevante Zielgrößen	Taktorientierung (N=20)	Standardisierung (N=48)	Flussorientierung (N=68)	Kontinuierliche Verbesserung (N=113)	5S - Aktionen (N=86)	Glättung der Kundenabrufe (N=47)
Lieferzeit (Wochen)	-7		-7			
Liefertermintreue (%)	4	3	4			
Wertebestände (%)	-10				-6	5
Produktivität (%)	11	13				
Auslastung (%)	-6					

Lesebeispiel:

Unternehmen mit Einzelfertigung, die das Taktprinzip anwenden, haben eine um 4 Prozentpunkte höhere Liefertermintreue

Abbildung 58: Auswirkungen ausgewählter Ansätze der Lean Production auf die Zielgrößen (in Anlehnung an Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 68)

5.1.5 Wandel der Eigenfertigungstiefe

Jedes Unikat stellt eine Individuallösung dar. Die Herstellung solcher Produkte erfolgt in der Regel in klassisch organisierten Werkstätten, die sich oftmals noch als Manufakturen verstehen. Der hohe Anteil an manuellen Arbeiten und der Einsatz eines speziellen Know-hows verursachen, dass die meisten Fertigungsschritte im eigenen Hause durchgeführt werden. Folglich weisen Betriebe mit Unikatfertigung eine hohe Fertigungstiefe auf. Dies liegt zusätzlich in vielfältigen Risiken einer Fremdvergabe begründet. Dazu gehören:

- Die Lieferschnelligkeit,
- der Preis,
- die Qualität der Fremdfertigung,

- Mehraufwändungen aufgrund der Notwendigkeit einer detaillierten Fremdvergabevorbereitung, d.h. Sicherstellung eines hohen Reifegrades der technischen Dokumentation,
- der Know-how-Verlust.

Das Risiko des Know-how-Verlustes wird durch deutsche Maschinen- und Anlagenbauer als gering eingeschätzt. Die Ursache für eine relativ hohe Fertigungstiefe resultiert maßgeblich aus den Gesamtkosten in Bezug auf die Lieferschnelligkeit und den Preis. Ein geringer Lieferpreis ist wenig attraktiv, wenn lange Lieferfristen des Lieferanten eigene Produktlieferzeiten gefährden. Dieser Sachverhalt rechtfertigt die Eigenfertigung sogar von einfachen Bauteilen zwecks Reduzierung des Risikos eines Lieferverzuges. Obwohl eine hohe Fertigungstiefe die genannten Vorteile für Unternehmen mit Unikatfertigung generieren kann, weisen Unternehmen mit einer geringeren Fertigungstiefe höhere Umsatzrenditen und bessere Auslastungsgrade auf.³¹⁴ Dieser Sachverhalt untermauert die Wichtigkeit der Reduzierung eigener Fertigungstiefe bei Unikatfertigern. Die Anpassung der Fertigungstiefe bedeutet einen organisatorischen Wandel und ist basierend auf der kapazitiven Fertigungslage durchzuführen. Das Ziel ist lediglich, eine Plattform zum Ausgleich möglicher Engpässe zu schaffen.

Durch das zweistufige Taktphasenkonzept werden die Konstruktion der Produkte vereinfacht und folglich die Prozesse standardisiert. Der Aufwand einer Fremdvergabevorbereitung könnte reduziert werden. Problematisch erweist sich die Ausgestaltung der Lieferverträge hinsichtlich des Liefertermins und des Fremdvergabepreises, insbesondere bei kurzfristigen Fremdvergaben. Die Reduzierung von kurzfristigen Bestellungen kann aufgrund verbesserter Planungs- und Vorhersagegenauigkeit realisiert werden. Der schlanke Ansatz einer ständigen Lieferantenentwicklung und –integration stellt eine Lösung dar.³¹⁵ Partnerschaftliche und langfristige Kooperationen mit Lieferanten ermöglichen eine störungsrobustere Gestaltung der Lieferkette.

³¹⁴ vgl. Schuh/Gottschalk/Schöning/Gulden/Rauhut/Zancul 2007, S. 77f.

³¹⁵ siehe Kapitel 3.2.1.1

5.1.6 Verhaltenswandel

Eine erfolgreiche Anwendung des zweistufigen Taktphasenmodells wird maßgeblich durch die Einstellung und Verhaltensweise der Mitarbeiter auf allen Hierarchieebenen beeinflusst. Die Neuausrichtung des Unternehmens kann nicht auf Basis einer umfangreichen Dokumentation der Pilotanwendungen vorgenommen werden. Vielmehr spielen der Motivationsgrad und aktives Engagement jedes Einzelnen eine wichtige Rolle. Die beiden genannten Faktoren können erreicht werden, indem ein Verhaltenswandel vollzogen wird. Der Verhaltenswandel betrifft sowohl die Management- als auch die Mitarbeiterebene und umfasst folgende Aspekte:

- Eine organisatorische und strukturelle Neuausrichtung wird von der Unternehmensführung angestrebt und konsequent unterstützt. Die Veränderungen werden nicht „von Oben“ diktiert, sondern gemeinsam mit den Linienmitarbeitern erarbeitet.
- Die Führung des Implementierungsprojektes übernehmen die Entscheidungsträger in Unternehmen und nicht die Linienmitarbeiter. Dies weist auf die Relevanz der Konzeptanwendung hin. Die Führungsebene übernimmt die Koordination mehrerer Lean Transformationen³¹⁶.
- Die angestrebten Veränderungen sind von den Linienmitarbeitern aktiv mitzugestalten und folglich umzusetzen. Schnelle Erfolge aus den Pilotanwendungen weisen nicht auf den Implementierungsabschluss, sondern auf den Implementierungsanfang hin.
- Die durch radikale Produktivitätssprünge freigesetzten Mitarbeiterkapazitäten sind in den strategischen Wachstumsbereichen zu platzieren. Eine Reduzierung der Kernbelegschaft macht es unmöglich, eine Kultur ständiger Verbesserung zu entwickeln.
- Veränderungsbereitschaft sowie die Fähigkeit zur Konzeptanwendung gilt es kontinuierlich zu entwickeln. Eine regelmäßige Durchführung anonymer Umfragen unter den Mitarbeitern und eine gemeinsame Ergebnissauswertung helfen einen Dialog zwischen den unterschiedlichen Hierarchieebenen zu starten. Die erhobenen Daten stellen die Basis für die Einschätzung einzelner Unternehmensbereiche hinsichtlich der Ver-

³¹⁶ zu den Lean Transformationen siehe nachfolgendes Kapitel

änderungsbereitschaft und des Reifegrades zur Konzeptanwendung dar.³¹⁷

- Die Veränderungsbereitschaft kann durch eine gezielte Kompetenzentwicklung, aufeinander abgestimmte Systeme und Strukturen sowie Verständnis für die Veränderungsnotwendigkeit gefördert werden. Der Verhaltenswandel der Führungsebene wird vorausgesetzt.

Die Anhängigkeit zwischen der Veränderungsbereitschaft und den Fähigkeiten des Unternehmens, das Lean Production Konzept anzuwenden, verdeutlicht nachfolgende Abbildung.

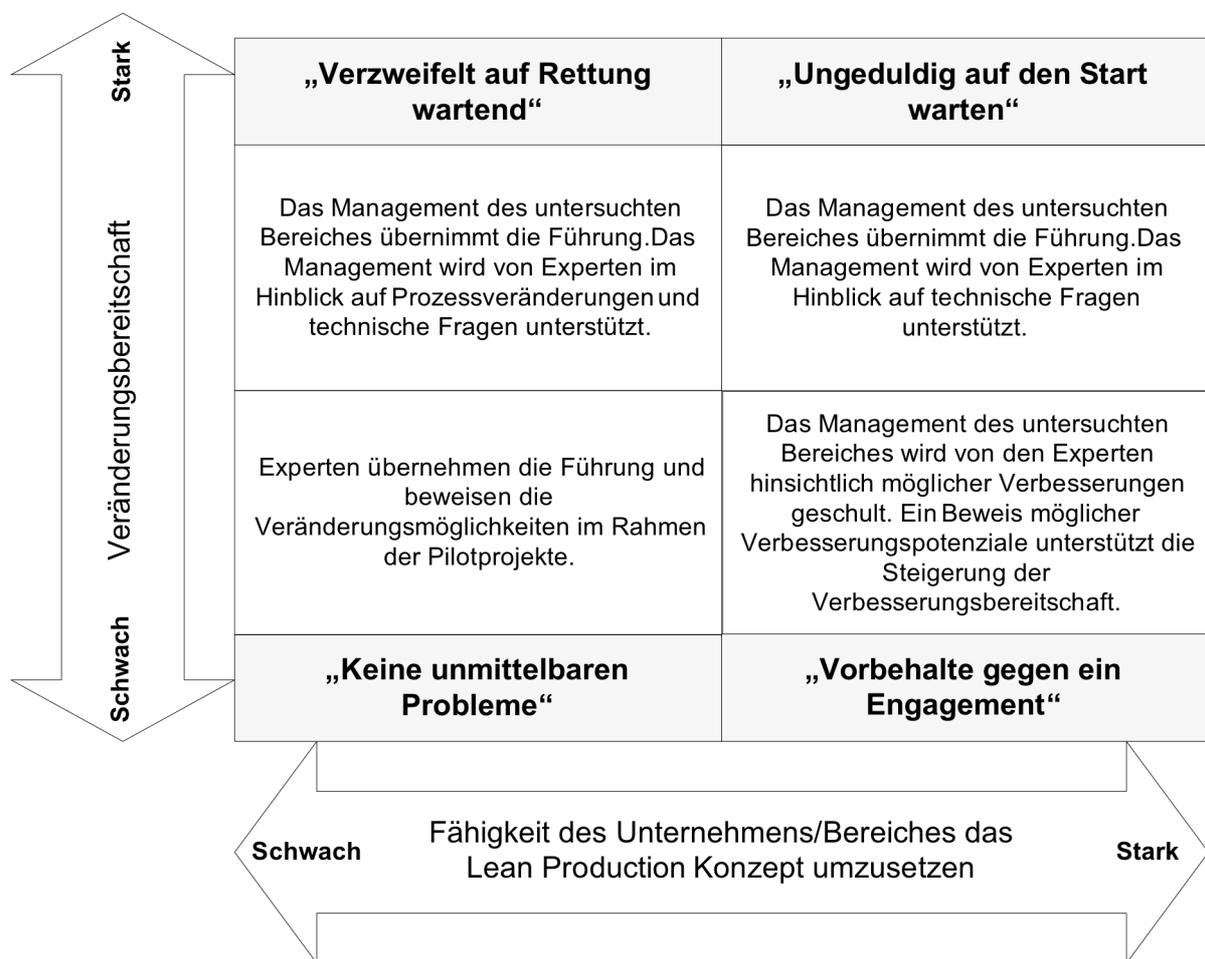


Abbildung 59: Zusammenhang zwischen der Veränderungsbereitschaft und den Fähigkeiten zur Konzeptimplementierung (in Anlehnung an Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 247)

³¹⁷ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 246

Der organisatorische und strukturelle Wandel der Unikatfertiger stellt eine Voraussetzung erfolgreicher Operationalisierung des zweistufigen Taktphasenmodells dar.

Nachdem die Notwendigkeit des Wandels bezüglich unterschiedlicher Aspekte aufgezeigt wurde, wird im nachfolgenden Unterkapitel ein Vorgehensmodell zur Operationalisierung der Lean Production mittels Lean Transformationen in solchen Unternehmen vorgeschlagen.

5.2 Operationalisierung des Lean Production Konzeptes mittels der Lean Transformationen

Die Anwendung des zweistufigen Taktphasenkonzeptes erfordert eine Veränderung und Neuausrichtung der untersuchten Prozesse über alle Stufen der Auftragsabwicklung. Folglich liegt die Vermutung nahe, dass die Konzeptimplementierung als ein komplexes und im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung zeitlich unbegrenztes Projekt verstanden werden muss. Aus diesem Grund erscheint die Operationalisierung des zweistufigen Taktphasenmodells mittels mehrerer Lean Transformationen sinnvoll. Das unternehmensweite Lean Production Einführungsprojekt wird in mehrere Lean Transformationen je nach Themenbereiche inhaltlich geteilt. Den thematisch strukturierten Lean Transformationen werden entsprechende Transformationsteams zugeordnet. Zudem wird die Teamstärke durch den Projektumfang beeinflusst. Von großer Relevanz erscheint die Teambesetzung. Eine Zusammenstellung aus internen und externen Mitgliedern kann den Erfolg einzelner Transformationen, insbesondere in den ersten Phasen, positiv beeinflussen. Die Entwicklung der Veränderungsbereitschaft sowie der Implementierungsfähigkeit spielt eine entscheidende Rolle und wird durch den Einsatz externer Lean Experten gefördert.³¹⁸ Die Definition und Installation der Lean Transformationen erfordert die Berücksichtigung folgender Rahmenbedingungen:

- Die Entscheidung über die Konzepteinführung sowie die inhaltliche Ausgestaltung einzelner Lean Transformationen erfolgt auf der Managementebene. Die betrieblichen Führungskräfte werden als Treiber der Implementierung verstanden.

³¹⁸ siehe Kapitel 5.1.6

- Lean Experten verfügen über ein umfangreiches Methoden-Know-how bezüglich des zweistufigen Taktphasenmodells. Die Kenntnis von Standard-Lean-Instrumenten, wie beispielsweise 5S-Aktionen³¹⁹ oder Standardarbeitsblätter³²⁰, wird vorausgesetzt.
- Das Projekt wird von internen Führungskräften geleitet, um dadurch die Relevanz der Transformation gegenüber den Bereichsmitarbeitern zu signalisieren.
- Die internen Führungskräfte werden von ausgewählten Bereichsmitarbeitern unterstützt. Die Mitarbeiter beschäftigen sich mit der inhaltlichen Ausarbeitung in Vollzeit.
- Die Moderation im Projekt übernimmt ein unabhängiger Mitarbeiter, um die Akzeptanz und Nachhaltigkeit zu erhöhen.
- Ein Mentorenmodell zwischen bereits transformierten und nicht transformierten Bereichen wird installiert und als ein Unterstützungsinstrument der Konzeptanwendung verstanden.

Jede Lean Transformation weist Projektcharakter auf. Eine Unterteilung in drei Phasen, wie Vorbereitung und Analyse, individuelle Konzeptgestaltung, Implementierung und Nachhaltigkeit, erscheint sinnvoll.³²¹ Zudem unterliegt die dritte Phase, Implementierung und Nachhaltigkeit, dem Prinzip einer ständigen Verbesserung. Die genannten Phasen der Lean Transformationen sowie deren Inhalte sind in der nachfolgenden Abbildung vorgestellt.

In den nächsten Kapiteln werden diese eindeutig definiert und beschrieben.

³¹⁹ siehe Kapitel 2.2.4.

³²⁰ siehe Kapitel 2.2.4.2

³²¹ vgl. Dower 2008, S. 20

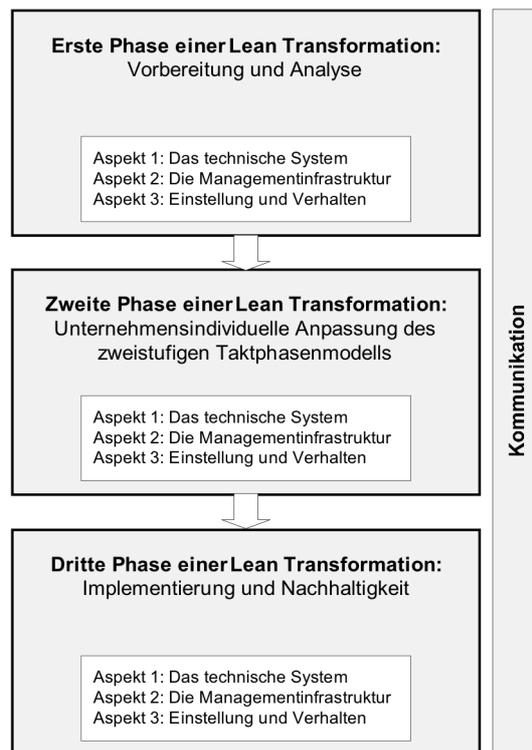


Abbildung 60: Phasen einer Lean Transformation

5.2.1 Erste Phase einer Lean Transformation: Vorbereitung und Analyse

In der ersten Phase jeder Lean Transformation wird eine Übereinstimmung hinsichtlich der zu erreichenden Ziele und der Vorgabedefinition angestrebt. Es wird beispielsweise festgelegt, dass die Durchlaufzeit von drei Wochen auf fünf Tage reduziert und die Liefertreue von 80% auf 93% erhöht werden müsse. Neben der Zieldefinition ist eine abgestimmte Vorgehensweise zur Transformationsdurchführung das Ergebnis der Vorbereitungsphase. Weiterhin werden das Transformationsteam zusammengestellt und die Rahmenbedingungen festgelegt. Die definierten Ziele und Vorgaben können in einer „Lean Change Story“ verarbeitet werden. Da diese als ein internes Kommunikationsinstrument auf jeder Unternehmensebene dient, ist ein hoher Verständlichkeitsgrad der Lean Change Story von großer Relevanz.³²² Die Verständlichkeit kann durch eine umfangreiche Visualisierung erreicht werden. Das Ziel ist, die betroffenen Mitarbeiter in den Transformationsprozess einzubeziehen und die Nachhaltigkeit der Konzeptanwendung zu sichern. Folglich liegt die Vermutung

³²² vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 135ff.

nahe, dass sich die Relevanz eines umfangreichen Kommunikationskonzeptes über alle Phasen einer Lean Transformation erstreckt. Als Beispiel für eine Lean Change Story sei ein Strichzeichnungsbuch eines Unikatfertigers der Luftfahrtbranche erwähnt. Auf einem unternehmensexternen Workshop wurden die existierenden Schwachstellen und die angestrebten Entwicklungen als Comic zusammengefasst, unternehmensintern veröffentlicht und im Rahmen der Vorbereitung auf das Transformationsprojekt an die Mitarbeiter verteilt. Durch dieses einfache Werkzeug konnte das Transformationsprojekt flächendeckend effektiv und effizient vorgestellt, die Rollen der Mitarbeiter und Führungskräfte klargestellt sowie die anstehenden Aufgaben kommuniziert werden.

Neben der Vorbereitung eines umfangreichen Kommunikationskonzeptes stellen die Erreichung eines gemeinsamen Verständnisses über die Ausgangslage sowie eine realistische Potenzialabschätzung die Schwerpunkte der ersten Phase dar. In diesem Zusammenhang wird eine detaillierte Ist-Aufnahme durchgeführt, welche die Datenbasis für eine spätere bereichsindividuelle Konzeptgestaltung darstellt. Die Ist-Aufnahme bezieht sich auf die drei Gestaltungsaspekte eines Produktionssystems, wie das technische System, die Managementinfrastruktur sowie Einstellung und Verhalten.

In Bezug auf *das technische System* werden folgende Inhalte bearbeitet:

- Aufnahme der Ist-Prozesse und relevanter Schnittstellen,
- Quantifizierung der Haupt- und Nebentätigkeiten sowie nicht wertschöpfender Aufgabeninhalte,
- Analyse existierender Kennzahlen hinsichtlich der Anlageneffizienz, der Durchlaufzeiten, der Bestände,
- Auftragssteuerungsanalyse.

Die Untersuchung der Ausgangslage *der Managementinfrastruktur* beinhaltet vordergründig die Analyse der Kennzahlenstruktur, der Organisationsstruktur, der Mitarbeiterqualifikationen sowie der Personalplanung. Parallel zur Managementinfrastruktur erfolgt eine Bewertung *der Mitarbeitereinstellung* zu den geplanten Transformationen sowie eine Validierung des Rollenverständnisses und des Führungsverhaltens.

Zur Aufnahme des Ist-Zustandes werden die bereits in Kapitel 4 vorgeschlagenen Werkzeuge der Datengenerierung angewandt. Die Schwimmbahnenwertstromanalyse sowie die erweiterte Zeiterfassungsmethodik³²³ liegen im Fokus der ersten Transformationsphase. Die Werkzeuge der Systemanalyse, wie Interviews und Workshops mit Mitarbeitern von Schlüsselpositionen, werden als Hilfsmittel angewandt. Die bestehende Datenbasis, wie zum Beispiel Hallenlayout, derzeitige Pufferkapazitäten, Anlageninventarliste, Strategien der Materialbereitstellung oder Qualifikationsmatrix, wird ebenfalls analysiert und als Eingangsbasis der zweiten Transformationsphase genutzt. Die erhobenen Daten werden visualisiert. Die Handlungsfelder sind in Form einer Stellhebeliste zu dokumentieren.

Bevor ein Übergang zur zweiten Phase einer Lean Transformation erfolgen kann, sind die Ergebnisse der ersten Phase an die relevanten Projektmitglieder und betroffenen Mitarbeiter zu kommunizieren. Neben der Vorstellung von Zahlen, Daten und Fakten werden die sich herauskristallisierenden Auswirkungen auf Mitarbeiter verdeutlicht.³²⁴ Die Ergebniskommunikation erscheint auf zwei Hierarchieebenen sinnvoll:

- Kommunikation auf der Managementebene. Die identifizierten Stellhebel werden verifiziert und priorisiert. Die Rolle der betrieblichen Führung als Transformationskoordinator wird verdeutlicht.
- Kommunikation auf der Arbeiterebene. Für die identifizierten und bereits priorisierten Stellhebel wird eine Liste mit möglichen Lösungsvorschlägen erarbeitet. Eine direkte Einbeziehung der Mitarbeiter in das Ideenbrainstorming beeinflusst die Lean Transformation positiv.³²⁵

5.2.2 Zweite Phase einer Lean Transformation: Unternehmensindividuelle Anpassung des zweistufigen Taktphasenmodells

Die zweite Phase einer Lean Transformation basiert zum einen auf den in der ersten Phase identifizierten und bereits priorisierten Stellhebeln und erarbeiteten Lösungsansätzen. Andererseits wird der individuellen Erarbeitung schlan-

³²³ siehe Kapitel 4.1.1.1 und 4.1.1.2

³²⁴ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 173

³²⁵ vgl. Heinen/Hirsch/Nyhuis 2009, S. 836ff.

ker Prozesse das generische zweistufige Taktphasenmodell³²⁶ zu Grunde gelegt. Wie bereits in Kapitel 4 erwähnt, stellt das in der vorliegenden Arbeit erarbeitete Taktphasenmodell eine generische Lösung dar. Die Definition von Prozessschritten, Auswahl von Prozess Competence Centers, Festlegung sinnvoller Makro- und Mikrotakte sowie einer geeigneten Steuerungssystematik sind individuell von Unikatfertigern auszuarbeiten. Das vorgeschlagene Vorgehensmodell, von der Datengenerierung bis hin zur Schaffung eines Übergangs von der Werkstatt- zur Flussorientiertenfertigung, kommt in dieser Phase zur Anwendung. Mit der zweiten Phase wird das Ziel verfolgt, das individuelle Gesamtkonzept auszuarbeiten und von der betrieblichen Führung verabschieden zu lassen. Eine detaillierte Prozessbeschreibung liegt im Fokus der Gestaltung *eines schlanken technischen Systems*. Neben der unternehmens-/bereichs-/abteilungsspezifischen Prozessgestaltung ist eine Definition relevanter Anforderungen an direkte Schnittstellen erforderlich. In der unternehmerischen Praxis werden konkrete Punkte genannt, die von vor- und nachgelagerten Arbeitsstationen sowie Auftragsabwicklungsfunktionen zu erfüllen sind. Dies erfolgt im Sinne der internen und externen Lieferantenbeziehungen, aus denen sowohl Rechte als auch Pflichten resultieren.

Als Beispiel seien die Anforderungen der Produktion an die Konstruktionsabteilung erwähnt. Die Konstruktionsabteilung wird im Sinne des zweistufigen Taktphasenmodells als ein interner Dienstleister verstanden. Ihre Aufgabe ist es, die von der Produktion geforderten Dienstleistungen in fest definierten Zeitfenstern des Produktionsverlaufs anzubieten. Die Bereitstellung eines kompletten Zeichnungssatzes bereits vor dem „Start of Production“ kann als eine mögliche Anforderung verstanden werden. Aufgrund spezifischer Merkmale der Unikatfertigung ist es nur selten möglich, die Konstruktionsarbeiten vor dem Produktionsstart vollständig abzuschließen. Ein Kompromiss zwischen den realistischen Dienstleistungsbedarfsterminen und der Durchführbarkeit muss gefunden werden. Eine Einigung auf getaktete Leistungslieferungen je nach Produktionsfortschritt, könnte als eine mögliche Lösungsvariante verstanden werden.

³²⁶ siehe Kapitel 4

Eine weitere Gestaltungsgröße des technischen Systems stellt die Definition der Arbeitspaketübergabe innerhalb des Fertigungsprozesses dar. Da die Mikrotakte länger als eine Schicht dauern können, ist die Entwicklung von Übergaberegeln zwischen den Mitarbeitern zwangsläufig erforderlich. Dies gilt ebenfalls für die Makrotaktebene.

Folgende Aspekte sind zu behandeln:

- Auf der Ebene der Makrotakte erscheint eine für die vordefinierten Produktgruppen allgemeingültige Definition der zu erreichenden Leistungen pro Übergabepunkt ausreichend. Der Übergabepunkt könnte folgendermaßen beschrieben werden: „Endtermin des Makrotaktes 2: Demontage abgeschlossen. Eine visuelle Kontrolle ist durchzuführen und zu dokumentieren. Die Verantwortlichen des übergebenden sowie annehmenden Makrotaktes dokumentieren und bestätigen einen ordnungsgemäßen Übergabeablauf.“ Ein gezielter Einsatz von Check-Listen hilft die Übergabeabläufe weitestgehend zu standardisieren. Eine Fehlerreduzierung ist die positive Folge.
- Auf der Ebene der Mikrotakte wird der zu erreichende Leistungsstandpunkt vor Beginn des Arbeitspaketes festgelegt und bei der Übergabe verifiziert. Die zu erbringende Leistung wird dezentral definiert und kann beispielsweise als Schichtzielsystem ausgestaltet werden.
- Die Leistungsübergabe zwischen den länger dauernden Mikrotakten wird, ähnlich wie bei den Übergaben zwischen den Makrotakten, abstrahiert definiert und standardisiert.
- Die Integration der Fremdvergabeleistungen erfolgt auf der Mikrotaktebene. Die Vorgehensweise bei der Fremdleistungsannahme bleibt gleich. Es nehmen lediglich andere Übergabeakteuren teil.
- Ein übergreifendes Fehlererfassungssystem wird für den Auftragsabwicklungsprozess erarbeitet und in der dritten Phase der Lean Transformation installiert. Das Ziel ist, die vorhandenen Störgrößen kontinuierlich zu erfassen und im Sinne der ständigen Verbesserung konsequent zu eliminieren. Die Anwendung von IT-Lösungen könnte in diesem Zusammenhang einen positiven Beitrag leisten.³²⁷

³²⁷ Zu der unterstützenden Rolle der IT-Lösungen siehe Kapitel 5.3

Die Beschreibung des technischen Systems rundet die Auswahl geeigneter Kennzahlen ab. Ein Konzept zur späteren Verifizierung des Umsetzungsfortschritts und der Konzeptnachhaltigkeit wird ebenfalls in der zweiten Phase einer Lean Transformation erarbeitet. Die Häufigkeit des Kennzahlenabgleichs ist festzulegen.

Neben einer umfangreichen Prozessdefinition werden als letzter Gestaltungsaspekt die zukünftigen *Rollen und Aufgaben einzelner Mitarbeiter* definiert. Diese sind auf das technische System abzustimmen. Durch eine flache Gestaltung von Hierarchieebenen verändern sich der Tätigkeitsumfang sowie die Rolle einzelner Mitarbeiter. Die Dezentralisierung verschafft der Mitarbeiterbelegschaft mehr Freiräume, die entsprechend genutzt und koordiniert werden müssen. Die Qualifikation der Mitarbeiter sowie das Bewusstsein für das Streben nach Perfektion sind wichtige Voraussetzungen, um das zweistufige Taktphasenmodell erfolgreich anwenden zu können. Um das Verständnis für neue Rollen zu entwickeln, erscheint die Ausarbeitung eines Mitarbeitertrainingskonzeptes hilfreich. In klassisch orientierten Betrieben mit Unikatfertigung besitzen die Mitarbeiter ein hohes Qualifikationsniveau. Folglich beziehen sich die Trainings vordergründig nicht auf eine fachliche Aus- und Weiterbildung. Der Fokus wird auf die Verinnerlichung von Denkweisen und Prinzipien der schlanken Produktion gelegt.³²⁸

Als Abschluss der zweiten Gestaltungsphase erscheint die Prüfung der Tauglichkeit des zweistufigen Taktphasenmodells sinnvoll. In der unternehmerischen Praxis erweisen sich Diskussionsrunden auf unterschiedlichen Hierarchieebenen, Erprobung einzelner Konzeptaspekte in Form von Pilotprojekten oder Benchmarkanalysen bereits transformierter Unternehmensbereiche als hilfreiche Verifizierungsmethoden. Ist die Implementierung von Pilotprojekten erfolgreich, erkennen die betroffenen Prozessakteure die Vorteile der neuen Arbeitsweise. Die Testphase bietet ebenfalls die Möglichkeit, die Organisation und die Managementinfrastruktur zu testen und eventuelle Schwachstellen frühzeitig zu erkennen.

³²⁸ vgl. Klotzbach 2007, S. 179; Stausberg/Deuse/Baudzus 2009, S. 848ff. und Alhourani 2008, S. 527ff.

Bevor ein Übergang zur dritten Phase einer Lean Transformation erfolgen kann, sind die Ergebnisse der zweiten Phase an die relevanten Projektmitglieder und betroffenen Mitarbeiter zu kommunizieren. Neben der Verdeutlichung des angestrebten Zielzustandes, sind auch die speziellen Veränderungen des strukturellen und organisatorischen Umfeldes von großer Relevanz. Es seien damit beispielsweise ein konkreter Umsetzungsplan, Veränderungen von Layouts, geplante Teamverschiebungen oder geplante Anpassungen der Ausrüstung gemeint. Das frühzeitige Verständnis der eigenen Rolle im späteren Umfeld beugt einer möglichen Verfolgung gegensätzlicher Subziele vor.

5.2.3 Dritte Phase einer Lean Transformation: Implementierung und Nachhaltigkeit

Wie bereits einführend zum Kapitel 5.2 erwähnt, wird die dritte Phase als eine kontinuierlich andauernde Phase verstanden.³²⁹ Dies liegt darin begründet, dass das Verbesserungspotenzial im Sinne der Lean Production nicht begrenzt ist.³³⁰ Die identifizierten Handlungsfelder können jedoch durch eine einmalige Anstrengung nicht vollständig ausgeschöpft werden. Die Verbesserungsziele sind jedes Jahr erneut festzulegen, um sich dadurch dem Idealzustand zu nähern.

Die grundlegende Veränderung von Organisationsstrukturen erfolgt nach dem in der zweiten Phase erarbeiteten und erprobten Konzept. Die im Betrieb parallel realisierten Lean Transformationen unterliegen einer aufeinander folgenden Abstimmung und Integration, so lange bis ein geplanter Implementierungsendstand erreicht ist, der in der vorliegenden Arbeit als „Stichtag“ definiert wird. Zu diesem Termin erfolgt eine Übergabe von Transformationsprojekten im Rahmen einer Abschlussveranstaltung an die Linienmitarbeiter. Die Präsenz des in der ersten Phase zusammengesetzten Lean Transformations-teams gilt es zeitlich zu reduzieren und die Aktivitäten auf eine methodische Unterstützung auszurichten. Der Schwerpunkt der letzten Anwendungsphase der Lean Production wird auf die Findung eines Konsenses bezüglich der weiteren Vorgehensweise gelegt. Regelmäßige Prozesskontrollen mittels vordefi-

³²⁹ vgl. Fueglistaller/Schrettle/Hafner/Kreisel 2009, S. 46

³³⁰ vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer 2005, S. 191

nierter Kennzahlen und Begehungen vor Ort werden terminiert und an betroffene Bereiche kommuniziert. Durch den erreichten Standardisierungsgrad, eine gezielte Einführung der Makro- und Mikrotakte und anschließende Umstellung auf die Taktphasensystematik wird der Grundstein für eine lernende Organisation gelegt.³³¹ Der kontinuierliche Verbesserungsprozess kann zusätzlich durch gezielte Anwendung von IT-Lösungen unterstützt werden, wie im nächsten Kapitel beschrieben.

5.3 Unterstützende Funktion der IT-Lösungen

Die Implementierung des Lean Production Konzeptes in Unternehmen mit Unikatfertigung erfordert eine Umstellung von der reinen Kundenorientierung auf die Prozessorientierung. Starke Prozessorientierung bei gleichzeitiger Dezentralisierung ist als Gestaltungsgrundsatz der Lean Production zu verstehen. Die genannten Prinzipien verursachen, dass die zu verarbeitende Informationsmenge in solchen Unternehmen auf der einen Seite strukturiert und transparent gestaltet werden kann. Andererseits verursacht die Standardisierung auf der Produkt- und Prozessebene, dass mehr Informationen fundiert erfasst werden. Folglich erhöhen sich die Datenmengen und sind ohne entsprechende IT-Unterstützung nur schwer beherrschbar. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Auswirkungen einzelner Lean Ansätze auf das Informationsmanagement.

Ansatz des Lean Production Konzeptes	Auswirkungen auf die Informationsstrukturen in Unternehmen
Prozessorientierung	Aufbau integrierter Informationssysteme
Dezentralisierung	Aufbau vernetzter und objektorientierter Informationssysteme
Durchgängigkeit über den gesamten Auftragsabwicklungsprozess	Bereitstellung konsistenter Informationen (technische Dokumente, Berichte, etc.)

Abbildung 61: Auswirkungen der Lean Production auf die Informationsstrukturen (vgl. Brosda/Jaspersen 1995, S. 22)

³³¹ vgl. Schubert/Grube 2009, S. 259

Informationen, wie Endfertigstellungstermine, geplante Arbeitsstunden und erforderliche Qualifikationen sowie konstruktive und qualitative Daten in den Konstruktionsunterlagen werden zu jedem Fertigungsauftrag benötigt. Das Arbeiten nach dem Motto „Systematik vor System“ wird als nicht mehr zeitgemäß beurteilt.³³² Durch die kontinuierlich steigende Komplexität des externen und somit internen Umfelds lassen sich unterschiedliche Fragestellungen manuell nicht mehr wirtschaftlich und optimal lösen.

Die Kombination schlanker Prinzipien zur Gestaltung von Produktionssystemen mit einem nach dem Taktprinzip ausgerichteten IT-Ansatz könnte eine optimierte Anwendung des Produktionskonzeptes, hinsichtlich der Informationsverarbeitung, -aufbereitung und -bereitstellung gewährleisten. Mit einer Verbindung der schlanken Produktion mit softwarebasierten Planungswerkzeugen könnten beispielsweise Dispositionsparameter aus den nach dem Taktprinzip ausgerichteten Prozessen abgeleitet werden. Verkürzte Durchlaufzeiten sowie realistische Terminzusagen gegenüber den Kunden sind die positiven Folgen.

5.3.1 Einsatz von Manufacturing Execution Systemen zur Informationsbereitstellung bei taktorientierter Produktionssystematik

In produzierenden Unternehmen sind erfolgsrelevante Kennzahlen zur internen Leistungsmessung, wie z.B. Plan-Ist-Abweichungen, Durchlaufzeiten, Termintreue, Ausschussraten, Bearbeitungsfortschritt oder Maschinenauslastungsgrade, unabdingbar. Ein komplexer und in Makro- und Mikrotakte zer-splitterter Fertigungsprozess in der Unikatfertigung generiert umfangreiches Datenmaterial, welches einer Erfassung und einer Verknüpfung zu Kennzahlen bedarf. IT-Lösungen nach dem Konzept eines Enterprise Resource Planning (ERP) Systems führen jedoch nicht zu den gewünschten Ergebnissen.³³³ Zwar werden durch den Abgleich von geplantem und tatsächlich erbrachtem Fertigungsoutput Kennzahlen gebildet. Allerdings genügen Kennzahlen allgemeiner Art oftmals nicht, um weitere Optimierungspotenziale in den bereits

³³² vgl. Marczinski 2008, S. 804

³³³ vgl. Specht/Stefanska/Schulz 2009, S. 54

gebildeten Makro- und Mikrotakten des Fertigungsprozesses zu identifizieren und den Prozess optimieren zu können.

MES-Systeme mit einer Betriebs- und Maschinendatenerfassung /BDE und MDE/ können einen positiven Einfluss auf die Erhöhung der Transparenz haben.³³⁴ Das Leistungsportfolio eines MES geht über das klassische Datensammeln innerhalb eines lebenden Prozesses hinaus. Die erfassten Daten der einzelnen BDE/MDE-Komponenten werden zum einen in verdichteter und aufbereiteter Form an das darüber liegende ERP-System übergeben.³³⁵ Zum anderen nutzt das MES diese Daten selbst, um im Falle von Abweichungen in Echtzeit in den Fertigungsprozess einzugreifen. Abweichungen können zum Beispiel hinsichtlich der Qualität auf Produktebene sowie auf Anlagenebene in Form von Maschinenausfällen auftreten. Ohne ein leistungsfähiges MES-System würden, bei Qualitätsabweichungen, unnötige Ausschussmengen produziert werden bzw. könnte, im Fall von längeren Stillständen, der Liefertermin gefährdet sein.

Durch die MES-charakteristische reaktive Feinplanung werden Produktionsaufträge innerhalb der Fertigungslinien bei Ausfall oder Wartung einer Anlage auf Anlagen anderer PCC-Linien produktgruppenübergreifend umgeplant und somit eine rechtzeitige Fertigstellung des betreffenden Kundenauftrages zum Liefertermin gewährleistet.³³⁶ Den Einsatzort und die Funktionsweise der MES verdeutlicht die nachfolgende Abbildung.

³³⁴ vgl. Peßl 2008, S. 271ff.; dazu siehe ebenfalls Kapitel 4.1.2

³³⁵ vgl. Strohmeyer 2006, S. 55

³³⁶ vgl. McClellan 1997, S. 41ff.

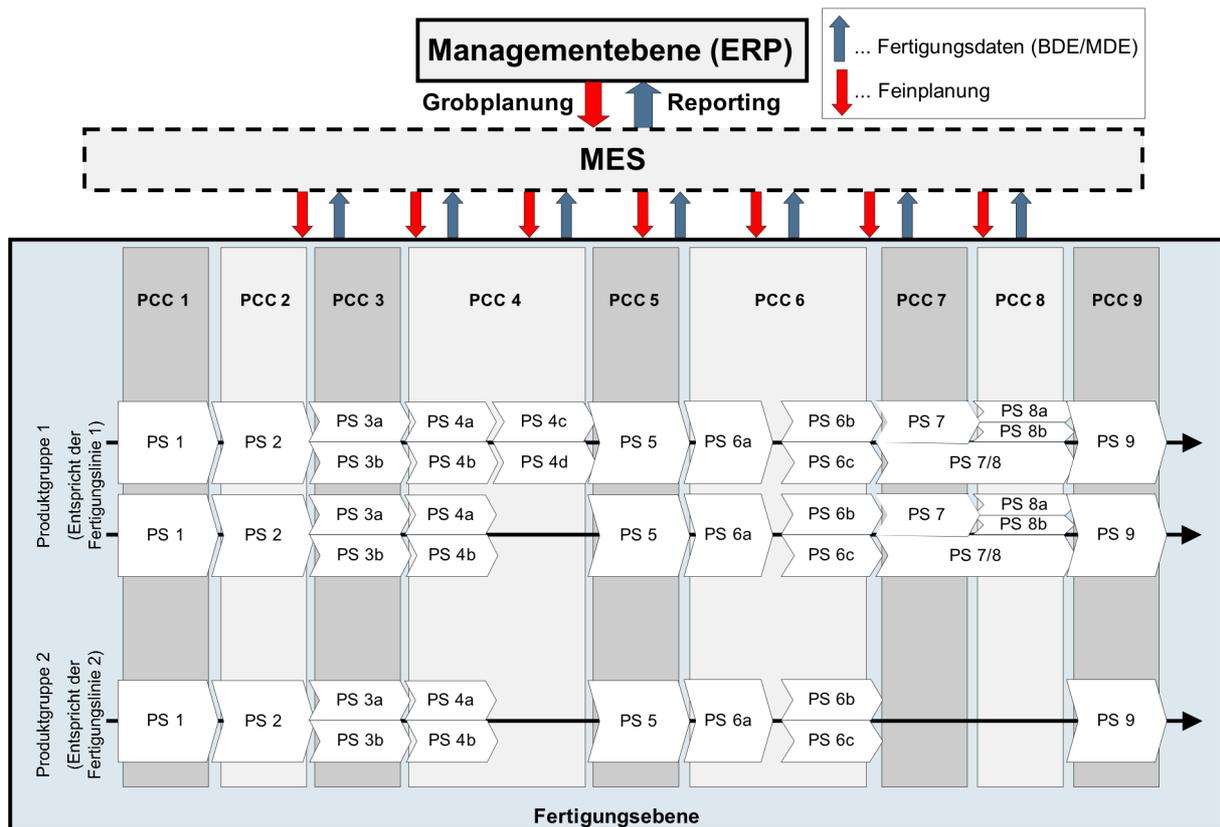


Abbildung 62: MES als Bindeglied zwischen der Fertigungs- und Managementebene

Neben der Erhöhung der Transparenz und Liefertreue sowie der Beherrschung von umfangreichen Produktionsdaten, ergeben sich durch den Einsatz eines MES-Systems noch weitere Potenziale zur Produktivitätssteigerung. Dem MES-Benutzer werden Art und Grund von auftretenden Störungen geliefert, so dass ein sofortiges und gezieltes Eingreifen möglich ist.³³⁷ Der Fertigungsprozess wird durch das MES kontrolliert. Das MES verknüpft die produzierenden Einheiten, wie beispielsweise PCC, zu einem Gesamtprozess und überwacht die Einhaltung der diesem Prozess zugrunde liegenden Vorgaben hinsichtlich des Einsatzes von Produktionsmitteln sowie der Menge von eingesetzten Materialien.

³³⁷ vgl. Franke/Sellmann 2008, S. 142ff.

5.3.2 Auswahl und Einführung eines geeigneten MES-Systems in Unternehmen mit Unikatfertigung

Bei der Auswahl eines MES-Systems sieht sich das Unternehmen einer Vielzahl von Anbietern gegenüber.³³⁸ Zur Entscheidungsfindung, welcher Anbieter sich zur Erreichung der gesetzten Ziele am besten eignet, sollten zum einen der Erfüllungsgrad der Anforderungen aus dem Lastenheft des Unternehmens herangezogen werden. Zum anderen werden Parameter der Systeme aufgenommen und bewertet. Allgemeine Parameter umfassen beispielsweise den Standort des Anbieters, die Kommunikation mit über- und untergeordneten Schnittstellen, zum Beispiel des ERP-Systems oder des Umfangs des angebotenen Update-Services. Nicht zuletzt spielt der Kostenfaktor bei der Auswahl eines MES-Pakets eine Rolle. Dieser lässt sich zur detaillierten Betrachtung in Software- und Integrationskosten weiter untergliedern.³³⁹

Zur Auswahl des Systems wird ein zweistufiger Auswahlprozess empfohlen. In der ersten Stufe werden die Anbieter anhand der Anforderungen und allgemeinen Parameter gegeneinander abgewogen. Die Analyse einzelner Anbieter kann beispielsweise anhand einer Nutzwertanalyse oder eines einfachen Scoring-Verfahrens durchgeführt werden. Die einzelnen Kriterien werden nach der Relevanz für das Unternehmen gewichtet und die Parameter der untersuchten Systeme bewertet. Das Ziel ist, eine Anbieterempfehlung für die zweite Stufe des Auswahlprozesses auszuarbeiten.

³³⁸ vgl. Borowski/Kleinert/Sontow 2008, S. 8ff.

³³⁹ vgl. Specht/Stefanska/Schulz 2009, S. 54f.

Bewertungskriterien	Absolut	Alternativen					
		Anbieter 1	...	Anbieter n			
Kosten	0,08	0,000	0,000	0,850	0,064	0,750	0,056
Anforderungen (Grad der Erfüllung)							
Ist-Betrachtung von Maschinen, Schichten, Fertigungsprozessen und Produkten	0,04	1,000	0,044	1,000	0,044	1,000	0,044
Bündelung von Informationen der Produktion in übersichtlichen Auswertungen	0,04	1,000	0,044	1,000	0,044	1,000	0,044
Transparente Fertigung	0,04	1,000	0,044	1,000	0,044	1,000	0,044
Schnelle Reaktion auf Ereignisse im Produktionsprozess (reaktive Feinplanung)	0,04	1,000	0,044	1,000	0,044	1,000	0,044
enthaltene Module (Grad der Umsetzung)							
Management von „Work in Process“ (WIP)	0,04	1,000	0,037	1,000	0,037	1,000	0,037
Anlagen Monitoring einschließlich Maintenance Management (Fertigungsmonitoring)	0,04	1,000	0,037	1,000	0,037	0,500	0,019
Schnittstellen zu den Anlagen (Steuerungen)	0,04	1,000	0,037	1,000	0,037	1,000	0,037
Lagerverwaltungssystem (LVS)	0,02	1,000	0,018	1,000	0,018	0,000	0,000
Komfortables Graphisches Interface (GUI)	0,01	0,700	0,006	1,000	0,009	1,000	0,009
	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Räumliche Nähe des Anbieters	0,03	0,800	0,020	0,650	0,016	0,150	0,004
Spezialisierung auf die Solarzellenfertigung	0,05	1,000	0,050	1,000	0,050	1,000	0,050
Zeitrahen der Projektrealisierung/Umsetzung	0,08	0,000	0,000	0,500	0,038	0,500	0,038
Grad der individuellen Betreuung, Nachhaltigkeit	0,05	1,000	0,050	1,000	0,050	0,700	0,035
Überlebenswahrscheinlichkeit des Anbieters	0,05	1,000	0,050	1,000	0,050	0,550	0,028
Integrationsmöglichkeit mit übergeordneten Softwares	0,15	0,500	0,075	1,000	0,150	0,000	0,000
	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kriterium XY	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gesamtnutzwert	1		0,609		0,854		0,630

Abbildung 63: Beispiel einer Nutzwertanalyse mit möglichen Bewertungskriterien

In der zweiten Stufe wird eine Konkretisierung mittels Workshops vorgenommen. Die Workshops dienen dem Abgleich der Erwartungen an das MES seitens des Unternehmens und der Präzisierung der geforderten Leistung gegenüber dem MES-Anbieter. Die Auswahl der MES-Funktionalitäten sollte sich an den Bedürfnissen der Fertigung orientieren. Ein MES sollte die Funktionen beinhalten sowie Daten aufnehmen und auswerten, welche zur Produktion und für das Management der Fertigung unmittelbar benötigt werden. Auf ein Mindestmaß reduzierte Funktionalitäten tragen zur Bedienerfreundlichkeit des MES bei. Die Spiegelung der realen Fertigungstakte in der grafischen Benutzeroberfläche des MES und die Visualisierung der durch das MES erzeugten Informationen im unmittelbaren Fertigungsbereich leisten einen positiven Beitrag zur Transparenz der Fertigung.³⁴⁰

Die Einführung des gewählten Systems erfolgt im Idealfall parallel zur Bildung der PCC und zum Aufbau der erforderlichen Produktionslinien. Das MES wächst in die Strukturen der Fertigung hinein und übernimmt die zukünftigen

³⁴⁰ vgl. Specht/Stefanska/Schulz 2009, S. 55

Aufgaben Schritt für Schritt. Die schrittweise Umsetzung eines ausgewählten MES-Systems wird als eine partielle Integration bezeichnet.³⁴¹

Die partielle Integration sieht die Einführung der MES-Lösung in mehreren Stufen vor. Dabei gliedert sich diese Form der Integration nach Produktgruppen oder Fertigungssegmenten. Werden zuerst alle Produkte eines Fertigungssegments betrachtet, erfolgt eine vertikale Integration. Werden alle Fertigungsbereiche eines Produktes/einer Produktgruppe betrachtet, erfolgt eine horizontale Integration.³⁴²

Am Beispiel des Flugzeugausbaus sind unterschiedliche einzubauende Installationselemente und Flugzeugausstattung als Produkte und die einzelnen PCC sowie das Lager oder zugehörige Labore als Bereiche einzustufen. Wird die vertikale Integration gewählt, ist in der ersten Stufe eine Integration der MES-Lösung für alle Produkte bzw. Produktgruppen in einzelnen PCC empfohlen. In der zweiten Ausbaustufe könnten der Lagerbereich und die Laborbereiche an das MES angeschlossen werden. Die Gliederung der Integrationsstufen im klassischen Anlaufkonzept erfolgt nach der Anzahl der zu integrierenden PCC.

Werden die einzelnen „Produktionslinien“ für verschiedene Produktgruppen nicht gleichzeitig in Betrieb genommen, bietet sich an, das neue MES-System zunächst an einer Linie zu testen und zu konfigurieren. Bei dieser Vorgehensweise werden Fehlerquellen, zusätzliche Funktionalitäten und mögliche Verbesserungspotenziale in einem frühen Stadium erkannt und direkt umgesetzt. Die optimierte Struktur des MES wird schließlich auf die folgenden Linien übertragen.

In einer taktorientierten Fertigung ist die Integration auf Makrotaktebene als sinnvoll anzusehen. In einem ersten Schritt erfolgt die Umsetzung des MES innerhalb des ersten Makrotaktes. Anschließend findet die systemseitige Anbindung des Makrotaktes 2 bis n statt. Auch bei diesem Ansatz fließen die Verbesserungspotenziale, welche bei der MES-Integration in den ersten Mak-

³⁴¹ Für detaillierte Informationen zu Umsetzungsstrategien sei auf Kletti 2007 verwiesen.

³⁴² vgl. Kletti 2007, S. 228ff.

rotakt identifiziert wurden, in die Umsetzung des MES in den darauf folgenden Takt ein.

In der Praxis muss das System oftmals zeitlich nach der Umstellung des Produktionssystems eingeführt werden und das MES in eine bereits bestehende Daten- und Fertigungsstruktur hineinwachsen. Insbesondere die Übernahme von Datenmaterial in Form von manuell erstellten Listen oder Alt-Systemen können die Einführungszeit um mehrere Wochen verlängern. Zudem sind oftmals Produktionsstillstände sowie eine hohe Bindung personeller Kapazitäten zur Definition der zu importierenden Daten die temporären negativen Folgen. Ungeachtet der Datenvielfalt hat sich die mehrstufige Umsetzung des Systems auch bei MES-Einführungen während des laufenden Produktionsbetriebes durchgesetzt. Die Ursache hierfür liegt primär darin, dass sich der Optimierungsansatz meist auf bereits existierende Abläufe bezieht.

Vor der Implementierung werden die MES-Funktionalitäten nach Grundfunktionalitäten und Erweiterungsbausteinen kategorisiert.³⁴³ Im ersten Umsetzungsschritt erfolgt die Einführung von Grundfunktionen, welche die Struktur des zukünftigen MES widerspiegeln. Grundfunktionen sind beispielsweise die Erfassung der Maschinenstillstände und Fertigmeldungen der Anlagen als MDE-Komponenten. Weiterhin sind Bestandteile der BDE, z.B. Auftragsdatenerfassung und -verfolgung sowie Materialmanagement grundlegend für den Fertigungsanlauf. Erst wenn diese Funktionen erfolgreich in die Fertigung integriert wurden, können diese um zusätzliche Funktionen, wie die Feinplanung im Fertigungsleitstand oder die Berichterstattung (Reporting) erweitert werden. Durch diese Vorgehensweise werden längere Beeinträchtigungen des Produktionsbetriebes vermieden. Durch den zweistufigen Integrationsprozess können bereits nach kurzer Projektdauer die eingebundenen Fertigungseinheiten mit den MES-Grundfunktionalitäten produktiv gesetzt werden. Die erfassten Daten können als Grundlage der kontinuierlichen Prozessverbesserung verwendet werden.

Transparente Prozesse sowie durchgängige Datenhaltung stellen die Voraussetzungen zur schnellen Identifikation von Verbesserungspotenzialen inner-

³⁴³ vgl. Kletti 2007, S. 209ff.

halb betrieblicher Strukturen dar. Eine Steuerung der Prozesse nach dem Taktprinzip leistet einen Beitrag zur Erhöhung der Transparenz sowie zur Steigerung der Effektivität. Kennzahlen zur Bewertung des Produktionsprozesses können durch den Einsatz von MES-Lösungen generiert werden. Neben der taktorientierten Ausrichtung von Prozessen ermöglicht die Einführung eines konkreten Umsetzungsplanes eines MES weitere Potenziale zur Prozessoptimierung anhand von komprimiertem und visualisiertem Datenmaterial zu erkennen. Ein systematisches Datenmanagement unterstützt die Optimierungen auf der Prozessebene.³⁴⁴

5.4 Zwischenfazit

Die Forderung nach schneller und termintreuer Realisierung heterogener Kundenwünsche ist ein relevantes Dilemma der Unikatfertiger. Eine gezielte Anwendung des entwickelten zweistufigen Taktphasenkonzeptes stellt eine Möglichkeit zur Auflösung des existierenden Widerspruchs dar.

Die Anwendung der schlanken Produktion erfordert einen tiefgehenden Wandel der Unikatfertigung. Von großer Bedeutung ist die Anpassung des unikat-typischen Zielsystems. Es wird eine höhere Akzeptanz der marktorientierten Ziele, wie hohe Termintreue und kurze Lieferzeiten, vorausgesetzt.

Neben der erforderlichen Zieländerungen ist ein neues Verständnis der Kundenorientierung zu entwickeln. Ein Kompromiss zwischen einer reinen Kundenorientierung „auf Kundenzuruf“ und dem erforderlichen Prozessdenken muss gefunden werden. Die zur Implementierung des zweistufigen Taktphasenmodells erforderlichen Wandlungsgrößen wurden in Kapitel 5 dieser Arbeit herausgearbeitet.

Wird der strukturelle und organisatorische Wandel vollzogen, kann das Konzept der schlanken Produktion mittels der Lean Transformationen operationalisiert werden. Die Konzeptimplementierung bezieht sich auf die drei Aspekte der Gestaltung eines Produktionssystems, das technische System, die Managementinfrastruktur sowie die Einstellung und das Verhalten von Mitarbeitern.

³⁴⁴ vgl. Denkena/Ammermann/Charlin 2009, S. 787 und Kreppenhof/Langer 2009, S. 876

Jedes Transformationsprojekt wird in drei Phasen abgewickelt. Alle drei Phasen weisen einen zeitlich abgeschlossenen Charakter auf. Durch die dritte Phase wird jedoch ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess angestoßen, der einen zeitlich unbegrenzten Charakter hat. Eine detaillierte Vorgehensweise zur ganzheitlichen Umsetzung der schlanken Produktion mittels der Lean Transformationen wurde im vorliegenden Kapitel erarbeitet.

Die Realisierung des ständigen Verbesserungsprozesses wird durch eine regelmäßige Leistungsmessung und –kontrolle unterstützt. Daraus resultiert die Notwendigkeit der Installation geeigneter IT-Instrumente zur strukturierten Datenerfassung und –auswertung. Die Vorgehensweise zur Auswahl und Einführung einer geeigneten IT-Lösung wurden am Beispiel der MES-Systeme erarbeitet. Eine IT-seitige Abbildung des zweistufigen Taktphasenmodells soll eine höhere Transparenz bei der Informationsverarbeitung, -aufbereitung und -bereitstellung gewährleisten und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess unterstützen.

6 Schlussbetrachtung

6.1 Zusammenfassung

Das Thema der schlanken Gestaltung von Produktionssystemen gewinnt für produzierende Unternehmen aufgrund immer stärker veränderten Marktanforderungen erneut an Bedeutung. Für die westeuropäischen Unternehmen mit Einzelfertigung stellen die veränderlichen Marktbedingungen eine besondere Herausforderung dar. Insbesondere durch die starken Wettbewerber aus Niedriglohnländern können die westeuropäischen Einzelfertiger für ihre hochwertigen und meist teureren Produkte nicht immer Abnehmer finden.³⁴⁵ Da Unternehmen mit Einzelfertigung in der Regel noch als Manufakturen mit einem hohen Handarbeitsanteil agieren, wirkt sich die Konkurrenz aus Osteuropa und Asien auf solche Unternehmen besonders stark aus. Weiterhin werden die westlichen Unternehmen durch eine rasche technologische Entwicklung der Wettbewerber gefährdet. In der Folge kann der Mehrwert der technologisch anspruchsvolleren und dadurch teureren Produkte nicht immer gerechtfertigt werden.³⁴⁶ Die Notwendigkeit einer angepassten Auslegung von unternehmerischen Strukturen ist die Folge dieser Entwicklungen. Die reaktionsfähige Gestaltung und Verkürzung von Entwicklungs- und Produktionsprozessen spielen eine bedeutende Rolle.

Als denkbarer Lösungsansatz wird in der vorliegenden Arbeit das Lean Production Konzept herangezogen. Die Gestaltung der unternehmerischen Organisationsstrukturen nach schlanken Prinzipien fokussiert auf ein flexibles, wertstromorientiertes Design von Produktionsprozessen bei gleichzeitiger Reduzierung der Verschwendung jeglicher Art. Stark verkürzte Durchlaufzeiten, erhebliche Produktivitätserhöhungen und Kostenreduzierungen sind die positiven Folgen. Trotz der beeindruckenden Ergebnisse im Bereich der Serienfertigung³⁴⁷, existieren nur wenige Arbeiten, die das Thema der Übertragung schlanker Produktion auf Unternehmen mit Einzelfertigung umfassend behandeln. Dies wird von der Autorin als eine existierende Forschungslücke bewertet. Daraus lässt sich die Forschungsfrage formulieren, ob und wie das Lean

³⁴⁵ vgl. Schuh/Fricke/Schleyer 2003, S. 749ff. und Raman 2009, S. 45

³⁴⁶ vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 421

³⁴⁷ vgl. Womack/Jones/Roos 1991 und Kapitel 2.1.2

Production Konzept einen positiven Beitrag zur Gestaltung der Einzelfertigung, im Besonderen der Unikatfertigung, leisten kann.

Den Ausgangspunkt für die Konzeption des geeigneten Gestaltungsmodells bildet eine tiefgehende Analyse relevanter Anwendungsvoraussetzungen der schlanken Produktion und der spezifischen Merkmale der unikatfertigenden Unternehmen. Dadurch können Dilemmata identifiziert werden, die eine erfolgreiche Konzeptübertragung auf die Unikatfertigung behindern. Als problematisch erweist sich, eine standardisierte, takt- und flussorientierte sowie harmonisierte Fertigung mit eindeutig definierten Schnittstellen zu gestalten. Die Übertragung der Ansätze der Standardisierung, der Takt- und Flussorientierung auf die klassischen Strukturen der Unikatfertigung ist durch einen hohen Schwierigkeitsgrad gekennzeichnet. Deshalb sind Ziele der vorliegenden Arbeit, sinnvolle Lösungsansätze zu erarbeiten und dadurch die Auflösung der existierenden Widersprüche zu erreichen.

Die Auflösung existierender Dilemmata wird durch das entwickelte zweistufige Taktphasenmodell ermöglicht. Die Einführung des Process Competence Center-Modells unterstützt den Standardisierungsprozess. Die Weiterentwicklung des klassischen Taktmodells, durch die Einführung der Makro- und Mikrotakte, ermöglicht die Realisierung des Takt- und Flussprinzips. Die eingeführten Makro- und Mikrotakte, mit sich dezentral steuernden Taktphasen, erbringen einen positiven Beitrag zur Komplexitätsreduzierung und Transparenzsteigerung. Folglich wird eine konsequente Leistungsmessung und –kontrolle ermöglicht.

Das zweistufige Taktphasenmodell bietet den unikatfertigenden Unternehmen einerseits eine Möglichkeit, die schlanke Produktion zu implementieren. Eine radikale Steigerung der Prozesseffizienz ist die positive Folge. Andererseits erfordert eine erfolgreiche Anwendung des zweistufigen Taktphasenmodells einen tiefgehenden organisatorischen und strukturellen Wandel, insbesondere hinsichtlich der verfolgten Zielsetzungen und des Kundenorientierungsverständnisses.

Der Beitrag für die Wissenschaft besteht in der Erweiterung des Anwendungsbereiches der schlanken Produktion auf die Einzelfertigung. Der Schwerpunkt

wird auf die Unikatfertigung gelegt. Die vorliegende Arbeit trägt zum wissenschaftlichen Fortschritt bei, indem das Taktkonzept in Richtung der erforderlichen Zweistufigkeit weiterentwickelt wird. Zudem werden die Notwendigkeit der Wertschöpfungsoptimierung über die Durchlaufzeitminimierung aufgezeigt und der Bedarf eines Wandels bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase betont. Das erarbeitete Gestaltungsmodell richtet den Fokus der Wertschöpfung neu aus, ohne das Angebot gegenüber dem Kunden zu begrenzen. Das Konzept soll die Unternehmen mit Unikatfertigung bei der Lösung aktueller Probleme unterstützen.

6.2 Anwendungsmöglichkeiten

Die vorliegende Arbeit legt den Schwerpunkt auf eine Anwendung des zweistufigen Taktphasenmodells in der Unikatfertigung. Um die Vielfältigkeit der Unikatfertigung zu verdeutlichen wurden in der nachfolgenden Abbildung die unikatrelevanten Industriezweigen zusammengestellt.

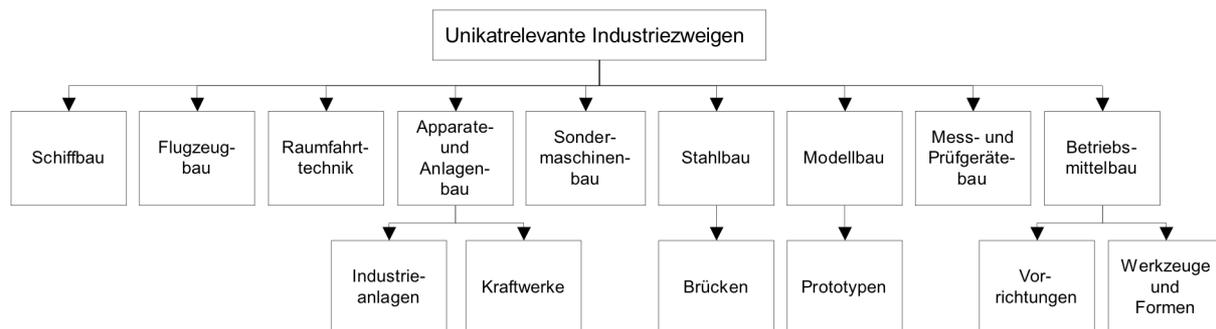


Abbildung 64: Unikatrelevante Industriezweigen (vgl. Hirsch 1992, S. 22 und Berger 1994, S. 6)

Das Konzept erscheint insbesondere für den Bau von Flugzeugen, Schiffen, Betriebsmitteln, Sondermaschinen, Mess- und Prüfgeräten gut geeignet. Da die vorgestellte Lösung einen möglichst abstrahierten Charakter aufweisen soll, ist eine Anpassung des Konzeptes auf die jeweilige Industrie und das betrachtete Unternehmen erforderlich. Die Anwendbarkeit des zweistufigen Taktphasenmodells für den Bau von Kraftwerken und Brücken wird als gering eingeschätzt.

Weiterhin besteht auch in anderen, bisher nicht „lean-kompatiblen“, Unternehmen die Möglichkeit die schlanke Produktion anzuwenden. Die Konzeptimplementierung kann sowohl in der wiederholten Einzelfertigung als auch in der Kleinstserienfertigung vollzogen werden. Das Lean Production Konzept lässt sich mit geringem Anpassungsaufwand für solche Unternehmen adaptieren. Erste Anwendungen ausgewählter Ansätze des Lean Production Konzeptes liegen bereits in solchen Fertigungstypen vor. Insbesondere im deutschen Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbau kann der Einsatz der Standardisierung und der Modularisierung beobachtet werden. Beispiele für eine erfolgreiche Produktstandardisierung stellen der Werkzeugbau der Audi AG und der Werkzeugmaschinenhersteller Trumpf dar.³⁴⁸

6.3 Grenzen der Anwendung und weiterer Forschungsbedarf

In der vorliegenden Arbeit wurde auf konkrete Branchenunterschiede verzichtet, um ein weitgehend abstrahiertes und beliebig skalierbares zweistufiges Taktphasenmodell zu entwickeln. Das herausgearbeitete Konzept schlanker Produktion ist für Unternehmen einzelner Branchen zu spezifizieren. Besonders die Gestaltung der PCC sowie die Definition der Anzahl und der Dauer von Makro- und Mikrotakten hängt von den Produkten und Prozessen einzelner Industrien ab.

Eine weitere Forschungsfrage ist die unternehmensinterne Skalierbarkeit der schlanken Produktion. Die Erweiterung des vorgestellten Konzeptes in Richtung verschwendungsarmer Produktentwicklung sowie die Konzeptübertragung auf die administrativen Bereiche der Unikatfertigung könnten im Mittelpunkt weiterer Forschungsarbeiten stehen. Große Herausforderungen stellt die Taktung der indirekten Bereiche dar, in denen die Information als Endprodukt verstanden werden muss.

Die Operationalisierung des Lean Production Konzeptes in Unternehmen mit Unikatfertigung beeinflusst maßgeblich die externen und internen Logistikprozesse. Eine reibungslose Materialbelieferung und Werkzeugbereitstellung unterstützen den zweistufig getakteten Fertigungsprozess. Eine große Bedeu-

³⁴⁸ vgl. Schuh/Haefke/Hofmann/Klotzbach/Saiko/Waltl/Giehler/Ziskoven 2008, S. 439f.

tung wird der rechtzeitigen Material- und Werkzeugbereitstellung und der durchgängigen Material- und Werkzeugverfolgung beigemessen.³⁴⁹ In diesem Zusammenhang gewinnt das Thema „Radio Frequency Identification System“ /RFID/ immer mehr an Bedeutung.³⁵⁰ Die Verwendung der RFID-Technologie als Unterstützungsinstrument zur Vereinfachung logistischer Prozesse in Unikatfertigung kann als eine relevante Forschungsfrage formuliert werden.

Die Realisierung der schlanken Produktion bei unikatfertigenden Unternehmen wird auf Schwierigkeiten bei diesen Unternehmen stoßen. Die Ursache hierfür liegt darin begründet, dass das vorgeschlagene Modell einen umfassenden Wandel klassischer Strukturen erfordert. Die Ängste und Widerstände der Unikatfertiger gilt es durch die Ausarbeitung und Konkretisierung geeigneter Konzepte zu bewältigen. Erste Denkansätze können in der vorliegenden Arbeit vorgefunden werden. Die Detaillierung und Weiterentwicklung des Konzeptes können Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten darstellen. Gleiches gilt für die Akzeptanz bei Endkunden. Werden die Aspekte eines angepassten Kundenorientierungsverständnisses und eines leistungsoptimierenden Kundenangebots verfolgt, ist der Kunde darauf vorzubereiten. Der erforderliche Umdenkprozess ist bereits in frühen Konzeptimplementierungsphasen anzustoßen. Auch dazu wurden erste Vorarbeiten in der vorliegenden Ausarbeitung geleistet. In der weiteren Forschung sind diese Ansätze aufzunehmen, zu detaillieren und gegebenenfalls zu erweitern.

Durch die Ausarbeitung des zweistufigen Taktphasenmodells wird in der vorliegenden Arbeit ein Lösungsansatz zur Implementierung der schlanken Produktion in Unikatfertigung aufgezeigt. Damit wird den Unikatfertigern ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, um auf die existierenden Herausforderungen reagieren zu können.

Sollte die vorliegende Arbeit helfen, den anwendungsorientierten Einsatz der schlanken Produktion in unikatfertigenden Unternehmen zu ermöglichen, hätte sie ihr Ziel mehr als erreicht.

³⁴⁹ vgl. Balzer 2009, S. 90

³⁵⁰ vgl. Aurich/Faltin/Kempf 2009, S. 23ff.

7 Literatur

Abdi, F.; Shavarini, S.K.; Mohammad, S.; Hoseini, S. (2006): Glean Lean: How to use lean production in service industries? In: Journal of Services Research. 2006, Special Issue July 2006, S. 191-206

Abramovici, M.; Flohr, M.; Krebs, A. (2009): RFID-basierte Services für die fälschungssichere Authentifizierung und Verfolgung von Produkten - Ein flexibles Konzept zur integrierten Produkt-Verfolgung und -Authentifizierung entlang der Supply Chain. In: Industrie Management. 2009, Heft 5, S. 47-50

Acka, N.; Ilas, A. (2005): Produktionsstrategien – Überblick und Systematisierung. Essen 2005

Adam, D. (2001): Produktionsmanagement. 9. Auflage, Wiesbaden 2001

Akca, N.; Ilas, A. (2005): Produktionsstrategien – Überblick und Systematisierung. Arbeitsbericht Nr. 28 des Instituts für Produktion und Industrielles Informationsmanagement. Essen 2005

Alhourani, F. (2008): An Effective Methodology for Teaching Lean Production. In: Decision Sciences Journal of Innovative Education. 2008, Heft 2, S. 527-530

Al-Radhi, M.; Heuer, J. (1995): Total Productive Maintenance - Konzept, Umsetzung, Erfahrung. München 1995

Antoni, C.H. (1994): Gruppenarbeit in Unternehmen - Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven. Weinheim 1994

Aurich, J.C.; Faltin, M.; Gómez Kempf, F.A. (2009): Wenn Werkzeuge anfangen zu funken - Innovativer RFID-Einsatz in der Fertigung. In: Industrie Management. 2009, Heft 5, S. 23-25

Baecke-Heger, F. (2008): Produzieren im Takt. In: Markt und Mittelstand. 2008, Heft 2, S. 1-3

Balzer, H. (2009): Mehr als Lean. Exzellenz und Krisenmanagement im Mittelstand. Stuttgart 2009

Bayou, M.E.; de Korvin, A. (2008): Measuring the leanness of manufacturing systems – A case study of Ford Motor Company and General Motors. In: Journal of Engineering and Technology Management. 2008, Heft 2, S. 287-304

Bäppler, E. (2008): Nutzung des Wissensmanagements im Strategischen Management. Wiesbaden 2008

Becker, H.-H.; Deiwiks, J.; Faust, P.; Horzella, A.; Thesling, U. (2007): Prozessoptimierung im Indirekten Bereich. VW Abgasanlagen in Kassel steigert Wettbewerbsfähigkeit. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2007, Heft 11, S. 771-774

Beinhocker, E.; Davis, I.; Mendonca, L. (2009): Wie die Welt nach der Krise aussieht. In: Harvard Business manager. 2009, Heft 10, S. 18-28

Bender, Ch.; Graßl, H. (1995): Strukturhaltung oder gesellschaftliche Transformation? Modernisierungsvisionen und –defizite des Managements. Eine Fallanalyse. In: Bender, Ch.; Luig, M. (Hrsg.): Neue Produktionskonzepte und industrieller Wandel. Opladen 1995, S. 99-129

Berger, U. (1995): Entwicklung eines sensorgeschützten Planungs- und Programmiersystems für den Industrierobotereinsatz in der Unikat-, Einzel- und Kleinstserienfertigung. Aachen 1995

Berggren, C. (1993): The Volvo Experience - Alternatives to Lean Production in the Swedish Auto Industry. London 1993

Blecker, T. (2003): Web-based Manufacturing - Ansatz eines betriebswirtschaftlichen Konzeptes einer internetbasierten Produktion. In: Diskussionsbeiträge des Instituts für Wirtschaftswissenschaften der Universität Klagenfurt. 2003, Nr. 2003/01

Blecker, T.; Kaluza, B. (2004): Produktionsstrategien – ein vernachlässigtes Forschungsgebiet? In: Braßler, A.; Corsten, H. (Hrsg.): Entwicklungen im Produktionsmanagement. München 2004, S. 4-27

Blüthmann, H. (1992): Absolut tödlich. In: Die Zeit. Heft 15, 03.04.1992, S. 26

Bönig, J. (1989): Fließarbeit und Bandarbeit in der deutschen Rationalisierung der 1920er Jahre. In: Technikgeschichte. 56, 1989, Heft 3, S. 237-263

Borowski, E., Kleinert, A., Sontow, K. (2008): Erfolgsfaktor Data Management: Unternehmensprozesse im Kern optimieren. In: Industrial Engineering. 2008, Heft 4, S. 8-17

Bösenber, D.; Metzen, H. (1992): Lean Management. Landsberg/Lech 1992

Bösenberg, D.; Metzen, H. (1992): Lean Management - Vorsprung durch schlanke Konzepte. Landsberg/Lech 1992

Bösenberg, D.; Metzen, H. (1993): Lean Management. Vorsprung durch schlanke Konzepte. 3., durchgesehene Auflage, Landsberg/Lech 1993

Brockhoff, K. (1988): Produktpolitik. Stuttgart 1988

Brosda, V.; Jaspersen, T. (1995): Lean Information Management. Bergheim 1995

Brunner, F.J. (2008): Japanische Erfolgskonzepte. München, Wien 2008

Bullinger, H.; Thines, M.; Bamberger, R. (1993): Werkstattsteuerung mit Leitständen Teil 1. In: Technica. 1993, Heft 10, S. 14-21

Bush, W. (1983): Relativkostenermittlung von Schraubenverbindungen. Schraubenverbindungen heute, VDI Berichte 478, 1983, S. 137-142

Cardaun, U. (2009): Schlank durch die Krise. In: Automobil-Produktion. 2009, Januar, S. 14-17

Conrad, K.-J. (2005): Grundlagen der Konstruktionslehre. München 2005

Cooper, R.; Slagmulder, R. (1999): Supply chain development for the lean enterprise. Portland 1999

Corsten, H. (2007): Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. 11. Auflage, München, Wien 2007

Corsten, H.; Will, T. (1993): Simultaneität von Kostenführerschaft und Differenzierung durch neuere informationstechnologische und arbeitsorganisatorische Produktionskonzepte. In: Corsten, H.; Will, T. (Hrsg.): Lean Production: Schlanke Produktionsstrukturen als Erfolgsfaktor. Stuttgart 1993, S. 47-86

Cronjäger, L. (Hrsg.) (1994): Bausteine für die Fabrik der Zukunft. Berlin, Heidelberg 1994

De Toni, A.; Tonchia, S. (1998): Manufacturing flexibility: a literature review. In: International Journal of Production Research. 1998, Heft 36, S. 1587-1617

Deiwiks, J.; Faust, P.; Becker, H.-H.; Niemand, S. (2008): Lean im indirekten Bereich. Leitlinien, Methoden und Erfolgsfaktoren. In: zfo – Zeitschrift Führung + Organisation. 2008, Heft 6, S. 402-411

Delbridge, R.; Turnbull, P. (1992): Human Resource Maximization. The Management of Labour under Just-in-Time Manufacturing System. In: Reassessing human resource management. 1992, S. 56-73

Denkena, B.; Ammermann, C.; Charlin, F. (2009): Analyse und Optimierung des Datenmanagements in variantenreicher Werkstattfertigung - Eine neue Methode für die Abbildung und Analyse von Datenflüssen. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 9, S. 787-790

Deuse, J.; Birkmann, S.; Harms, T. (2007): Einsatz der Gruppentechnologie zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserie. In: Industrie Management. 2007, Heft 6, S. 45-48

Deuse, J.; Birkmann, S.; Harms, T. (2007): Einsatz der Gruppentechnologie zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserie. In: Industrie Management. 2007, Heft 6, S. 45-48

Deuse, J.; Buhl, M. (2009): Stufenmodell zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserienfertigung. In: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik. 2009, Heft 2, S. 26-29

Deuse, J.; Wuthnow, A. (2009): Produktionssteuerung bei hoher Variantenvielfalt in der Elektronikfertigung. In: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik. 2009, Heft 2, S. 43-46

Dombrowski, U.; Wesemann, S.; Ebbecke, T. (2009): Kaizen-Events. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 10, S. 841-846

Dombrowski, U.; Zahn, T.; Schmidt, S. (2008): Hindernisse bei der Implementierung von Ganzheitlichen Produktionssystemen. In: Industrial Engineering. 2008, Heft 6, S. 26-31

Dower, C. (2008): Five Steps to a Lean manufacturing line. In: Analysis Management. November 2008, S. 20

Drew, J.; McCallum, B.; Roggenhofer, S. (2004): Journey to Lean. Making Operational Change Stick. New York 2004

Drew, J.; McCallum, B.; Roggenhofer, S. (2005): Unternehmen Lean - Schritte zu einer neuen Organisation. Frankfurt/ Main 2005

Ehrlenspiel, K. (1992): Produktkosten-Controlling und Simultaneous Engineering. In: Horvath, P. (Hrsg.): Effektives und schlankes Controlling. Stuttgart 1992, S. 289-308

Ellegard, K. (1995): Das Beispiel Volvo: Fehlschlag oder Vorläufer bei der Entwicklung eines Konzeptes der europäischen „Lean-Production“? In: Cattero, B.; Hurrle, G.; Lutz, S.; Salm, R. (Hrsg.): Zwischen Schweden und Japan. Münster 1995, S. 89-104

Engel, A. (1990): Beyond CIM: Bionic Manufacturing Systems in Japan. In: IEEE Expert. 1990, August, S. 78-81

Eversheim, W. (1990): Organisation in der Produktionstechnik - Band 1: Grundlagen. 2. Auflage, Düsseldorf 1990

Faust, P. (2009): Zweite Lean-Welle – die sieben Thesen. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, S. 157-163

Franke, E., Sellmann, W. (2008): Manufacturing Execution System fürs Produktionscontrolling. In: QZ – Qualität und Zuverlässigkeit. 2008, Heft 4, S. 142-144

Frenz, G. (1920): Kritik des Taylor-Systems. Berlin 1920

Frenz, G. (1925): Kritik des Taylor-Systems. Berlin 1925

Frese, E. (1987). Grundlagen der Organisation. 3. Auflage. Wiesbaden 1987

Frese, E.; Noetel, W. (1992): Kundenorientierung in der Auftragsabwicklung – Strategie, Organisation und Informationstechnologie. Stuttgart 1992

Fueglistaller, U.; Schrettle, T.; Hafner, M.; Kreisel, B. (2009): Lean Management - und was danach kommt. In: io new management. 2009, Heft 6, S. 46-49

Gaitanides, M. (1994): Produktionsmanagement. München 1994

Gansuage, L.; Riedel, R.; Müller, E. (2007): Prozessstandardisierung in der Einzelfertigung. In: wt - Werkstattstechnik online. 2007, Heft 4, S. 279-283

Geißler, H.; Behrmann, D.; Petersen, J. (Hrsg.) (1995): Lean Management und Personalentwicklung. Frankfurt/ Main 1995

Gendo, F.; Korschak, R. (1999): Das schlanke Management in Japan ist nur ein Mythos. In: Die Welt vom 20.12.1999, S. 17

Gerhard, D.; Scheiner, W.; Engel, S.; Voigt, K.-I. (2009): Lean Technology in German Firms an Research Facilities. In: Voight, K.-I. (Herg.) (2009): Advances in Innovation and Technology Management. 2009 Nürnberg

Gilmore, J.H.; Pine, B.J. II (1997): The four faces of Mass Customization. In: Harvard Business Review, 1997, Heft 1, S. 91-101

Graf, G. (1996): Das Phänomen Lean Management. Eine kritische Analyse. Wiesbaden 1996

Groth, U.; Kammel, A. (1994): Lean Management: Konzept, kritische Analyse, praktische Lösungsansätze. Wiesbaden 1994

Gruß, C.M.F. (2008): Revenue Management in der Automobilindustrie. Wiesbaden 2008

Gupta, Y.P.; Goyal, S. (1989): Flexibility of Manufacturing Systems: Concepts and Measurements. In: European Journal of Operational Research. 1989, Heft 43, S. 119-135

Hammer, M.; Champy, G. (1996): Business Reengineering. Die Radikalkultur für das Unternehmen. Frankfurt/ Main, New York 1996

Hammer, M.; Stanton, S.A. (1996): Die Reengineering Revolution. Frankfurt/ Main, New York 1995

Hansen, O. (2008): Absatzgesteuerte Fertigung und Lean Production. Herausforderungen im internationalen Umfeld. In: Industrial Engineering. 2008, Heft 1, S. 22-25

Hartmann, E.H. (1996): Erfolgreiche Einführung von TPM - in nicht japanischen Unternehmen. 2. Auflage, Landsberg 1996

Hartmann, E.H. (1996): Erfolgreiche Einführung von TPM - in nicht japanischen Unternehmen. 2. Auflage, Landsberg 1996

Haupt, R. (1994): Lean Production - Von der kranken zur schlanken Produktion. Baden-Baden 1994

Heiderich, T.; Schotten, M. (1998): Prozesse. In: Luczak, H. (Hrsg.); Eversheim, W.: Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin, Heidelberg 1998, S. 75-143

Heinen, T.; Hirsch, B.; Nyhuis, P. (2009): Wandlungsfähigkeit durch Mitarbeiterkompetenz. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 10, S. 836-840

Hellmich, K.P. (2003): Kundenorientierte Auftragsabwicklung. Engpassorientierte Planung und Steuerung des Ressourceneinsatzes. Wiesbaden 2003

Hildebrand, V. (1997): Individualisierung als strategische Option der Marktbearbeitung. Wiesbaden 1997

Hinterhuber, H.; Aichner, H.; Lobenwein, W. (1994): Unternehmenswert und Lean Management. Wie ein Unternehmen den Nutzen für alle Stakeholder erhöht. Wien 1994

Hirsch, B.; Kuhlmann, T.; Lischke, C. (1992): Produktionskoordinierung in der Unikatfertigung. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 1992, Heft 12, S. 673-676

Hirsch, B.E. (1992): CIM in der Unikatfertigung und -montage. Berlin, Köln 1992

Hirsch, B.E. (Band-Hrsg.) (1992): CIM in der Unikatfertigung und -montage. In: Bey, I. (Hrsg.): CIM-Fachmann Berlin. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Budapest, Köln 1992

Holweg, M. (2007): The genealogy of lean production. In: Journal of Operations Management. 2007, Heft 25, S. 420-437

Homburg, C.; Weber, J. (1996): Individualisierte Produktion. In: Werner, K. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. 2. Auflage, Stuttgart 1996, Sp. 653-663

Homburg, C.; Weber, J. (1996): Individualisierte Produktion. In: Werner, K. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. 2. Auflage, Stuttgart 1996, Sp. 653-663

Hong, G.; Hu, L.; Xue, D.; Tu, Y.L.; Xiong, Y.L. (2008): Identification of the optimal product configuration and parameters based on individual customer requirements on performance and costs in one-of-a-kind production. In: International Journal of Production Research. 2008, Heft 12, S. 3297-3326

Hossain, N.; Witte, M. (2009): Wie RFID die Luftfrachtindustrie verändert. In: Logistik für Unternehmen. 2009, Heft 10, S. 58-60

Hunold, W. (1993): Lean Production - Rechtsfragen bei der Einführung neuer Arbeitsformen und Techniken. München 1993

Hüttmeir, A.; de Treville, S.; van Ackere, A.; Monnier, L.; Prenninger, J. (2009): Trading off between hejunka and just-in-sequence. In: International Journal of Production Economics. 2009, Heft 118, S. 501-507

Imai, M. (1993): Kaizen - Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 2. Auflage, Berlin, Frankfurt/ Main 1993

Immelet, J.R.; Govindarajan, V.; Trimble, C. (2009): How GE ist disrupting itselfs? In: Harvard Business Review. October 2009, S. 56-65

Jacob, F. (1995): Produktindividualisierung: Ein Ansatz zur innovativen Leistungserstellung im Business-to-Business-Bereich. Wiesbaden 1995

Jäger, W. (1999): Reorganisation der Arbeit - ein Überblick zu aktuellen Entwicklungen. Opladen, Wiesbaden 1999

Jeziorek, O. (1994): Lean Production - Vergleich mit anderen Konzepten zur Produktionsplanung und -steuerung. Braunschweig/Wiesbaden 1994

Jones, D.T. (1992): Lean Production fordert die Fertigungstechnik heraus. In: VDL-Nachrichten vom 14.02.1992

Junge, M. (2002): Individualisierung. Frankfurt/ Main 2002

Jürgens, U. (1994): Lean Production. In: Corsten, H. (Hrsg.): Handbuch Produktionsmanagement. Wiesbaden, 1994, S. 369-379

Kaiser, F.-J. (1993): Just-in-Time in der Automobilindustrie – Produktionsorganisation bei dem Systemlieferanten Naue-Johnson Controls. In: Ridder, H.-G.; Janisch, R.; Bruns, H.-J. (Hrsg.): Arbeitsorganisation und Qualifikation - zur Praxis der Arbeitsgestaltung in der schlanken Produktion. München 1993, S. 29-45

Kaluza, B. (1993): Flexibilität. In: Wittmann, W.; Kern, W.; Köhler, R.; Küpper, H.-U.; von Wysocki, K. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. 1993, Teilband 1, 5. Auflage. Stuttgart, Sp. 1173-1184

Kaluza, B. (1995): Flexibilität der Industrieunternehmen. Diskussionsbeitrag Nr. 208 des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Gerhard-Mercator-Universität GH Duisburg. Duisburg 1995

Kamp, L. (1996): Fraktale Fabrik – Erklärt von Lothar Kamp. In: Mitbestimmung: Magazin der Hans-Böckler-Stiftung. 1996, Heft 6, S. 61-63

Kano, N. (1984): Attractive Quality and Must-be Quality. In: Journal of the Japanese Society for Quality Control. 1984, Heft 4, S. 39-48

Kienzle, F.; Müller, E.; Riedel, R. (2009): Schlanke Fertigungssteuerung in der Werkstattfertigung. In: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik. 2009, Heft 2, S. 13-16

Kieser, A. (1969): Zur Flexibilität verschiedener Organisationsstrukturen. In: Z.f.O.. 1969, Heft 38, S. 273-279

Klemke, T.; Schulze, C.P.; Lübkemann, J.; Nyhuis, P. (2009): Methodik zur Entwicklung der Lean Production in Fabriken. In: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik. 2009, Heft 2, S. 21-25

Kletti, J. (2007): Konzeption und Einführung von MES-Systemen. Berlin Heidelberg 2007

Klocke, F.; Schuh, G.; Zohm, F.; Fricker, I.; Sauer, A.; Wegehaupt, P. (2005): Zukunftsstudie Werkzeug- und Formenbau. Aachen 2005

Klotzbach, C. (2007): Gestaltungsmodell für den industriellen Werkzeugbau. Aachen 2007

Kobayashi, I. (1995): 20 keys to workplace improvement. Portland 1995

Krafcik, J. (1988): Triumph of the Lean Production System. In: Sloan Management Review. 1988, Heft 1, Vol. 30, S. 41-52

Krafcik, J. (1989): A New Diet für U.S. Manufacturing. In: Technology Review. 1989, Heft 1, S. 28-36

Krafcik, J.F.; MacDuffie, J.P. (1989): Explaining High Performance Manufacturing: The International Automotive Assembly Plant Study. International Motor Vehicle Programme, IMVP-Paper. Cambridge 1989

Kralicek, P.; Böhmendorfer, F.; Kralicek, G. (2008): Kennzahlen für Geschäftsführer. 5. Auflage, München 2008

Kreppenhofer, D.; Langer, T. (2009): Effektivitätsermittlung von Produktionssystemen. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 10, S. 871-876

Kuhlmann, T. (1994): Konzeption und Entwicklung eines Systems zur Koordination der Produktion komplexer Unikate. Bremen 1994

Laible, E. (2006): Konzeption eines kennzahlenorientierten Zeitmanagements in Industrieunternehmen. Eine Systematik zur Verringerung der Prozesszeiten. Münster 2006

Lander, E.; Liker, J.K. (2007): The Toyota Production System and art - making highly customized and creative product the Toyota way. In: International Journal of Production Research. 2007, Heft 16, S. 3681-3698

Lass, S. (2009): Das aktuelle Stichwort: Schlanke Produktionssysteme. In: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik. 2009, Heft 2, S. 12

Laursen, R.P.; Orum-Hansen, C.; Trostmann, E.S (1998): The concept of state within one-of-a-kind real-time production control systems. In: Production Planning & Control. 1998, Heft 6, S. 542-552

Lederer, K.G. (1984): Produktionsstrategien in Japan, USA und Deutschland – Versuch eines Vergleiches. In: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering. 1986, Heft 6, S. 327-333

Lehner, F. (2008): Wissensmanagement. München 2008

Leibinger-Kammüller, N. (2009): Prozesse systematisch verbessern – Büro Synchro bei TRUMPF. In: Wildemann, H. (Hrsg.): Der Unternehmer im Unternehmen – Chancen und Risiken neuer Unternehmensorganisationen. München 2009

Leschnikowski, A.; Götze, U.; Schmidt, A. (2006): Mass Customization und Kundenintegration. Chemnitz 2006

Liker, J.K. (2007): Der Toyota Weg - 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 4. Auflage, München 2007

Liker, J.K. (Hrsg.) (1997): Becoming lean - inside stories of U.S. manufacturers. Portland 1997

Likierman, A. (2009): The Five Traps of Performance Measurement. In: Harvard Business Review. 2009, Heft 10, S. 96-101

Lincoln, J.R.; Gerlach, M.L.; Ahmadjian, G.L. (1996): Keiretsu networks and corporate performance in Japan. In: American Sociological Review. 1996, Heft 61, S. 67-88

Lindemann, M.; Gronau, N. (2009): Gestaltung marktorientierter Produktionssysteme. In: Specht, D. (Hrsg.) (2009): Weiterentwicklung der Produktion. Wiesbaden 2009, S. 43-59

Linden, F.A. (1991): Der Durchbruch. In: Manager Magazin. 1991, Heft 10, S. 132-141

Liu, X.; Tu, Y.L. (2008): Capacitated production planning with outsourcing in an one-of-a-kind production company. In: International Journal of Production Research. 2008, Heft 20, S. 5781-5795

Löllmann, P.; Färber, U. (2007): Produzieren im Takt. In: Intelligenter Produzieren. 2007, Heft 3, S. 2-3

Louis, R.S. (2006): Custom Kanban. Designing the System to Meet the Needs of Your Environment. New York 2006

Luczak, H.; Eversheim, W. (Hrsg.); Schotten, M. (1998): Produktionsplanung und -steuerung. Berlin, Heidelberg 1998

Lutz, M. (2008): Steuerung internationaler Forschungs- und Entwicklungnetzwerke. Berlin 2008

MacDuffie, J.P. (1989): Worldwide Trends in Production System Management: Work Systems, Factory Practice and Human Resource Management. IMVP-Paper. Boston 1989

Maggard, B.N. (1995): TPM - Instandhaltung die funktioniert. Landsberg/Lech 1995

Mählick, H.; Pankus, G. (1993): Herausforderung Lean Production. Möglichkeiten zur wettbewerbsgerechten Erneuerung von Unternehmen. Düsseldorf 1993

Mählick, H.; Pankus, G. (1995): Herausforderung lean production: Möglichkeiten zur wettbewerbsgerechten Erneuerung von Unternehmen. 2. Auflage, Düsseldorf 1995

Marczinski, G. (2008): Lean Production 2.0 - Statt entweder ERP oder Lean Manufacturing gilt sowohl als auch!. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2008, Heft 11, S. 804-808

Mayer, R. (1993): Strategien erfolgreicher Produktgestaltung: Individualisierung und Standardisierung. Wiesbaden 1993

McCarthy, I.P. (2004): Special issue editorial: the what, why and how of mass customization. In: Production Planning & Control. 2004, No. 4, S. 347-351

McClellan, M. (1997): Applying Manufacturing Execution Systems. Boca Raton, Falls Church 1997

Meffert, H. (1985): Größere Flexibilität als Unternehmenskonzept. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 1985, Heft 55, S. 121-137

Meffert, H. (1998): Marketing. 8. Auflage, Wiesbaden 1998

Mertin, H. (2006): Transport- und Lagerlogistik. 6. Auflage, Wiesbaden 2006

Metzen, H. (1993): Die Literaten des Wandels. In: Manager Magazin. 1993, Heft 2, S. 142-151

Mieke, C. (2006): Kooperative Technologiefrühaufklärung mittels szenariobasiertem Technologie-Roadmapping. Wiesbaden 2006

Mieke, C. (2007): Beitrag von Servicebereichen zum Innovationsmanagement. In: Specht, D. (Hrsg.): Strategische Bedeutung der Produktion - Tagungsband der Herbsttagung 2006 der Wissenschaftlichen Kommission Produktionswirtschaft im VHB. Wiesbaden 2007, S.111-127

Mintzberg, H. (2009): Führung neu definieren. In: Harvard Business manager. 2009, Heft 10, S. 96-102

Moll, C.F.; Seiter, M. (2007): Prozesscontrolling für die Kleinserienfertigung mit wechselnden Losgrößen am Beispiel eines Zulieferunternehmens in der Wäscheindustrie. In: Controlling. 2007, Heft 1, S. 39-45

Monden, Y. (1994): Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-In-Time. 2. Auflage, London 1994

Mönig, O. (2005): Ermittlung von Tätigkeitszeiten mit unscharfen Informationen am Beispiel der manuellen Demontage. Aachen 2005

Müffelmann, J. (1998): Change Management im internationalen Vergleich. Komparative Intensitäts- und Erfolgsevaluierung der auf die Prozessoptimierung ausgerichteten organisatorischen Transformationsprozesse in deutschen und US-amerikanischen Unternehmen. Köln 1998

Müller, E.; Riedel, R.; Kienzle, F. (2009): Schlanke Fertigungssteuerung in der Werkstattfertigung. In: PPS Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik. 2009, Heft 2, S. 13-16

Müller, K. (1987): Kostenzielorientierter Konstruktionsprozess. VDI 1987, S. 65-73

Müller, R.; Rupper, P. (Hrsg.) (1993): Lean Management in der Praxis - Beiträge zur Gestaltung einer schlanken Produktion. München/St.Gallen 1993

Münzberg, B.; Busse, T.D.; van Bebber, A. (2009): Kennlinien im Produktionscontrolling - Implementierung der Produktionskennlinien in das laufende Produktionscontrolling eines Elektronikwerks. In: Industrie Management. 2009, Heft 5, S. 43-46

Nachtwey, A.; Schwarz, S.; Riedel, R.; Schopp, M. (2009): Entwicklung einer Methode zur Ableitung von Flexibilitätsklassen in der Produktion. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 4, S. 224-228

Nakajima, S. (1995): Management der Produktionseinrichtungen (Total Productive Maintenance). Frankfurt/ Main 1995

o.V. (1993): Lopez hat die kontinuierlichen Verbesserungen potenziert. In: FAZ vom 26.10.1993, S. 22

Oeltjenbruns, H (2000): Organisation der Produktion nach dem Vorbild Toyotas. Aachen 2000

Ohno, T. (1993): Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt/ Main, New York 1993

Olivella, J.; Cuatrecasas, L.; Gavilan, N. (2008): Work organisation practices for lean production. In: Journal of Manufacturing Technology Management. 2008, Heft 7, S. 798-811

Park, S.-J. (1992): Was können wir von den Japanern lernen? In: QZ 37. 1992, Heft 7, S. 380-381

Pastega, N. (1999): Das schlanke Management in Japan ist nur ein Mythos. In: Die Welt vom 20.12.1999, S. 17

Peßl, E. (2008): ERP- und MES-Systeme – Einsatz in der Produktionsplanung und –steuerung. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2008, Heft 4, S. 271-275

Pfeffer, M.; Gottmann, J. (2009): Chancen nutzen in Krisenzeiten durch Produktionsoptimierung. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 5, S. 358-361

Pfeiffer, W.; Weiß, E. (1993): Philosophie und Elemente des Lean Management. In: Corsten, H.; Will, T. (Hrsg.): Lean Production. Schlanke Produktionsstrukturen als Erfolgsfaktor. Stuttgart, Berlin, Köln 1993, S. 14-46

Pfeiffer, W.; Weiß, E. (1994): Lean Management. Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen. 2. Auflage, Berlin 1994

Picot, A. (1982): Transaktionskostenansatz in der Organisationstheorie. In: Die Betriebswirtschaft. 1982, Heft 2, S. 267-284

Pil, F.K.; Fujimoto, T. (2007): Lean and reflective production - the dynamic nature of production models. In: International Journal of Production Research. 2007, Heft 15, S. 3741-3761

Piller, F.T. (2006): Mass Customization. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden 2006

Piller, F.T.; Stotko, C.M. (Hrsg.) (2003): Mass Customization und Kundenintegration. Düsseldorf 2003

Piller, F.T. (1998): Kundenindividuelle Massenproduktion. Die Wettbewerbsstrategie der Zukunft. Wien 1998

Pine, B.J. II (1998): Mass Customization – Die Wettbewerbsstrategie der Zukunft. In: Piller, F.T. (1998): Kundenindividuelle Massenproduktion. München 1998, S. 1-17

Raman, A.P. (2009): Die neuen Spieler im globalen Wettbewerb. In: Harvard Business manager. 2009, Heft 10, S. 43-55

Reese, J. (1991): Unternehmensflexibilität. In: Kistner, K.-P.; Schmidt, R. (Hrsg.): Unternehmensdynamik. Wiesbaden 1991, S. 361-387

Reichwald, R.; Behrbohm, P. (1983): Flexibilität als Eigenschaft produktionswirtschaftlicher Systeme. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 1983, Heft 53, S. 831-853

Reinhard, K. Sprenger (1993): Mythos Motivation. Frankfurt/ Main 1993

Roth, S.: Gruppenarbeit in Zeiten der Lean Production (1993): . In: Howaldt, J.; Minssen, H. (Hrsg.): Lean, leaner...? - Die Veränderung des Arbeitsmanagements zwischen Humanisierung und Rationalisierung. Dortmund 1993, S.11-30

Rother, S.; Shook, J. (2006): Sehen lernen. Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Aachen 2006

Rudolph, H. (1996): Das Toyota-Produktionssystem und Konzeptlosigkeit der Lean-Ansätze. In: io Management Zeitschrift 65, 1996, Heft 1/2, S.41-44

Rusek, S.; Stacho, B. (2008): Application of reliability centred maintenance of distribution network elements into practice. In: Przegląd Elektrotechniczny. 2008, Heft 9, S. 68-69

Sames, G.; Büdenbender, W. (1990): Aachener PPS-Modell – Das morphologische Merkmalsschema. 6. Auflage, Aachen 1990

Sanchez, R.; Mahoney, J.T. (1996): Modularity, Flexibility and Knowledge Management in Product and Organization Design. In: Strategic Management Journal. Heft 17, S. 63-76

Shaeffer, L.; Reinertsen, D. (2005): The Logic of Lean. In: Research-Technology Management. 2005, Heft 4, S. 52

Scharf, P.; Kissing, A. (2007): One-Piece-Flow. Ein vielseitiges Konzept für die industrielle Montage. In: Industrie Management. 2007, Heft 3, S. 35-38

Shewchuk, J.P. (2008): Worker allocation in lean U-shaped production lines. In: International Journal of Production Research. 2008, Heft 13, S. 3485-3502

Schmidt, G. (1994): Einige „kritelende“ Anmerkungen zur Diskussion um Lean Production. In: Weber, H. (Hrsg.) 1994: Lean Management – Wege aus der Krise. Organisatorische und gesellschaftliche Strategien. Wiesbaden 1994

Schmidt, G. (1996): Lean production – eine konzeptionelle Überlegung zu einer Zauberformel. In: Braczyk, H.-J.; Schienstock, G. (Hrsg.): Kurswechsel in der Industrie - Lean Production in Baden-Württemberg. Stuttgart 1996, S. 123-139

Schneeweiß, C.; Kühn, M. (1990): Zur Definition und gegenseitigen Abgrenzung der Begriffe Flexibilität, Elastizität und Robustheit. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 1990, Heft 42, S. 378-395

Scholl, K.; Niemand, S., Bätz, P. (1994): Die fraktale Fabrik in der Praxis. In: io Management 1994, S. 42-46

Schonberger, R.E. (1982): Japanes Manufacturing Techniques. New York 1982

Schreyögg, G. (2009): Future of Organziation – drei Meinungen. In: zfo – Zeitschrift Führung + Organisation. 2009, Heft 5, S. 213-216

Schubert, L.; Grube, M. (2009): Fertigungsprozessplanung für die lernende Fabrik. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 4, S. 258-262

Schuch, G.; Gottschalk, S; Gulden, A; Koch, S. (2007): Effiziente Gestaltung der Montage im Maschinen- und Anlagenbau. Lean Production als Gestaltungsansatz. In: Wt Werkstatttechnik online. 2007, Heft 9, S. 633-637

Schuh, G.; Fricker, I.; Schleyer, C. (2003): Einzigartigkeit im internationalen Vergleich – Die Königsmuster im Werkzeug- und Formenbau gelten auch im internationalen Vergleich. In: wt Werkstatttechnik online. 2003, Heft 11/12, S. 749-753

Schuh, G.; Gottschalk, S.; Schöning, S; Gulden, A.; Rauhut, M.; Zancul, E. (2007): Effizient, schnell und erfolgreich. Strategien im Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt/ Main, 2007

Schuh, G.; Haefke, B; Hofmann, G.; Klotzbach, C.; Saiko, T.; Walzl, H.; Giehler, F.; Ziskoven, H. (2008): Strategien im Werkzeugbau – Handwerk oder getaktete Fließfertigung? In: Brecher, C.; Klocke, F.; Schmitt, R.; Schuh, G. (2008): Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik. Aachen 2008

Schuh, G.; Lenders, M.; Jung, M. (2009): Lean Innovation - Anleitung zum Innovationsvorsprung. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 9, S. 780-786

Schultheiss, W. (1995): LEAN-Management - Strukturwandel im Industriebetrieb durch Umsetzung des Management-Ansatzes. Renningen-Malmsheim 1995

Schultz, H. (1993): „Schlankes Mitdenken“ vor Ort. In: Nürnberger Nachrichten. 1993, vom 28.07.1993, S. 8

Schürfeld, H. (2002): Kanban in der Kleinserie. In: Logistik für Unternehmen. 2002, Heft 7/8, S. 67-70

Seel, C. (1995): Gruppenarbeit in der Produktion: Rationalisierungspaket oder kultureller Umbruch? In: Sokianos, N. (Hrsg.): Produktion im Wandel - Weichenstellung für das Management der Zukunft. Frankfurt/ Main 1995, S. 153-181

Seemann, A. (2009): RFID-basiertes Kanban-System hält Produktion im Fluss. In: Logistik für Unternehmen. 2009, Heft 7/8, S. 28-29

Seidenschwarz, W. (Hrsg.) (2008): Marktorientiertes Prozessmanagement. Wie Process Mass Customization Kundenorientierung und Prozessstandardisierung integriert. München 2008

Siegert, H.C. (2009): Schlank ohne JoJo-Effekt - Wie Unternehmen ihre Bestände nachhaltig reduzieren können. In: Logistik für Unternehmen. 2009, Heft 6, S. 48-50

Shah, R.; Ward, P.T. (2007): Defining and developing measures of lean production. In: Journal of Operations Management. Heft 4, S. 785-805

Shimbun, N.K. (1988): Poka-yoke. Improving Product Quality by Preventing Defects. Tokyo 1988

Shingo, S. (1991): Poka-Yoke. Prinzip und Technik für eine Null-Fehler-Produktion. St. Gallen 1991

Shingo, S. (1993): Das Erfolgsgeheimnis der Toyota Produktion. 2. Auflage, Landsberg/Lech 1993

Simon, W. (1996): Die neue Qualität der Qualität – Grundlagen für den TQM- und Kaizen-Erfolg. Offenbach 1996

Simons, B. (1987): Das Multimoment-Zeitmeßverfahren. Grundlagen und Anwendung. Köln 1987

Sohn, K.-H. (1993): Lean Management. Die Antwort der Unternehmen auf gesellschaftliche Herausforderungen. Düsseldorf, Wien, New York, Moskau 1993

Specht, D. (1996): Dynamische Produktionsstrukturen. In: Wildemann, H. (Hrsg.): Produktions- und Zulieferernetzwerke. München 1996, S. 147-158

Specht, D.; Gruß, C.M.F.; Stefanska, R. (2007): Erweiterte Zeiterfassungsmethodik zur Schwachstellenidentifikation im Prozessablauf. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2007, Heft 12, S. 835-838

Specht, D.; Stefanska, R. (2009): Lean Production als Produktionskonzept für die Unikat- und Einzelfertigung. In: Specht, D. (Hrsg.) (2009): Weiterentwicklung der Produktion. Wiesbaden 2009, S. 31-42

Specht, D.; Stefanska, R.; Groß C.M.F. (2008): Objektorientierter Ansatz zur Kostenbeeinflussung in den Frühphasen der Produktentstehung. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2008, Heft 5, S. 311-315

Spur, G.; Specht, D. (1988): Wo werden wir morgen arbeiten? In: Stadtbauwelt. 1988, Heft 99, S. 1514-1517

Spur, G.; Stöferle, T. (1986): Handbuch der Fertigungstechnik. Band 5, München, Wien 1986

Stausberg, J.R.; Deuse, J.; Baudzus, B. (2009): Didaktische Hilfsmittel zur Umsetzung schlanker Produktionssysteme. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, Heft 10, S. 847-852

Straube, F.; Bensel, P.; Fürstenberg, F. (2009): Partnerintegration als Erfolgsfaktor der RFID-Einführung. In: Industrie Management. 2009, Heft 5, S. 18-22

Strohmeyer, S. (2006): Management der Einzel- und Kleinserienfertigung. MES-System optimiert die Produktion bei Galvanoform. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2006, Heft 1-2, S. 53-57

Takeda, H. (1996): Das System der Mixed Production: flexibel, rationell, kundenorientiert. Landsberg 1996

Taylor, F.W. (1919): Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung. München, Berlin 1919

Tomasko, R. (1987): Running Lean, Staying Lean. In: Management Review. 1987, S. 32-38

Traeger, D.H. (1994): Grundgedanken der lean production. Stuttgart 1994

Tu, Y. (1997): Real-time scheduling and control of one-of-a-kind production. In: Production Planning & Control. 1997, Heft 7, S. 701-710

Vavra, B. (2008): Which way do you lean?. In: Plant Engineering. 2008, Heft 3, S. 31-36

Warnecke, H.-J. (1995): Die Fraktale Fabrik. Zukunftsgerichtete Fertigungsstrukturen. In: Corsten, H. (Hrsg.): Produktion als Wettbewerbsfaktor. Beiträge zur Wettbewerbs- und Produktionsstrategie. Wiesbaden 1995, S. 211-222

Weigand, J.; Lehmann, E. (1997): Produktdifferenzierung. In: WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium. 1997, Heft 9, S. 477-480

Wiegand, B.; Franck, P. (2008): Lean Administration I – so werden Geschäftsprozesse transparent. Mannheim 2008

Wiegand, B.; Nutz, K. (2007): Lean Administration II. Die Optimierung. Mannheim 2007

Wiendahl, H.-P. (1996): Produktionsplanung und –steuerung. In: Eversheim, W.; Schuh, G.: Hütte: Produktion und Management; Betriebshütte. 7. Auflage, Berlin 1996. S. 14-1 bis 14-130

Wildemann, H. (1987): Investitionsplanung und Wirtschaftlichkeitsrechnung für flexible Fertigungssysteme. Stuttgart 1987

Wildeman, H. (1997): Fertigungsstrategien. 2. Auflage, München 1997

Wildemann, H. (1992): Die modulare Fabrik - Kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung. 3. Auflage, St. Gallen 1992

Wildemann, H. (1993): Lean Management. Strategien zur Erreichung wettbewerbsfähiger Unternehmen. 1. Auflage, Frankfurt/ Main 1993

Wildemann, H. (1994): Fertigungsstrategien - Reorganisationskonzepte für eine schlanke Produktion und Zulieferung. 2. Auflage, München 1994

Wildemann, H. (2008): Total Productive Maintenance. 12. Auflage, München 2008

Womack, J.P. (2006): A measure of lean. In: IET Manufacturing Engineer. 2006, Heft 4, S. 6-7

Womack, J.P.; Jones, D.T. (1994): From Lean Production to the Lean Enterprise. In: Harvard Business Review. 1994, Heft 2, S. 93-103

Womack, J.P.; Jones, D.T. (1997): Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen (Lean Thinking). Frankfurt/ Main, New York 1997

Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D. (1991): The machine that changed the world - the story of lean production. New York 1991

Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D. (1992): Die zweite Revolution in der Autoindustrie - Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institut of Technology. 7. Auflage, Frankfurt/ Main, New York 1992

Wöhe, G. (2005): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München 2005

Wuthnow, A.; Deuse, J. (2009): Systematische Nivellierung von Wertströmen. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2009, S. 229-234

Zäh, M.; Rimpau, C.; Wiesbeck, M. (2005): Produktion im globalen Umfeld: Auslandsaktivitäten – Erfolgsaussichten oder Risiken. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2005, Heft 5, S. 246-249

Zahn, E.; Dillerup, R. (1994): Fabrikstrategien und –strukturen im Wandel. In: Zülch, G. (Hrsg.): Vereinfachen und Verkleinern – die neuen Strategien in der Produktion. Stuttgart 1994, S. 15-51

Zahn, E.; Schmid, U. (1991): Wettbewerbsvorteile durch umweltschutzorientiertes Management. In: Zahn, E. (Hrsg.); Gassert, H.: Umweltschutzorientiertes Management – Die unternehmerische Herausforderung von morgen. Stuttgart 1991, S. 39-93

Zander, E. (1992): Veränderungen bei Jugend und Gesellschaft. In: Personal. 1992, Heft 9, S. 388-392

Zeyer, U. (1996): Implementierungsmanagement - Ein konzeptioneller Ansatz am Beispiel der Implementierung von Lean Management. München 1996