

Lean Six Sigma – Methodenbaukasten während des Serienanlaufs in der Automobilindustrie

Andree Jäschke

HFH · Hamburger Fern-Hochschule Schriftenreihe

Impressum

Autor:

Andree Jäschke

Herausgeber der Schriftenreihe

Prof. Dr. Lars Binckebanck
HFH · Hamburger Fern-Hochschule

ISSN 2942-6537

Satz/Repro

Haussatz

Publikation 2024/02

1. Auflage 2024

© HFH · Hamburger Fern-Hochschule, Alter Teichweg 19, 22081 Hamburg

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und der Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung der Hamburger Fern-Hochschule reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Hamburger Fern-Hochschule

WORKING PAPER

basierend auf einer Bachelorarbeit im Studiengang

Wirtschaftsingenieurwesen

Lean Six Sigma – Methodenbaukasten während des Serienanlaufs in der Automobilindustrie

Autor: Andree Jäschke

Geleitworte

Das vorliegende Diskussionspapier basiert auf der Bachelorarbeit „Lean Six Sigma - Methodenbaukasten während des Serienanlaufs in der Automobilindustrie“ von Herrn Andree Jäschke, welche ich im Zeitraum vom 01.12.2022 bis 03.06.2023 mit großer Freude in der Rolle des Erstprüfers begleitet habe.

Als zentrales Ziel seiner Untersuchungen definiert Herr Jäschke in der Einleitung die Entwicklung innovativer Ansätze zur Integration der Lean Six Sigma-Methode in die Optimierung des Serienanlaufs in der Automobilindustrie. Hierbei handelt es sich um einen aktuellen und hochgradig anspruchsvollen Themenkomplex, dessen Methoden sich, neben der Automobilindustrie, auch auf Anlaufprozesse weiterer Bereiche der industriellen Praxis übertragen lassen.

Im Rahmen von Kapitel 2 legt Herr Jäschke die Grundlage für seine erfolgreiche Bearbeitung der gewählten Zielsetzung durch eine umfassende Aufarbeitung der relevanten theoretischen Grundlagen, wie der technischen und ökonomischen Aspekte der Produktion, der gängigen Methoden des Anlaufmanagements und der Grundlagen von Lean Six Sigma. Besonders hervorzuheben ist hierbei die gründliche Analyse der verschiedenen Phasen des Serienanlaufs, von der Vorserie bis zum Produktionshochlauf, sowie der Kernkonzepte der Lean Six Sigma-Methode. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auch der DMAIC-Zyklus erläutert, welcher in der Six Sigma-Anwendung von zentraler Bedeutung ist.

In den Kapiteln 3 und 4 finden die entscheidenden Vorarbeiten für die erfolgreiche Entwicklung der in der Zielsetzung genannten neuartigen Ansätze zur Integration der Lean Six Sigma-Methode für die Optimierung von Serienanlaufprozessen statt. In Kapitel 3 erläutert Herr Jäschke zunächst die strategischen Ziele und Herausforderungen von industriellen Serienanlaufprozessen. Hierbei werden die Auswirkungen der Lean Six Sigma-Methode auf die nachhaltige Optimierung von Anlaufprozessen ausführlich und strukturiert behandelt.

Ein wichtiger Schritt besteht in der detaillierten Untersuchung der Potenziale von Zeit, Qualität und Kosten in industriellen Anlaufprozessen. Die

gewonnenen Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Ableitung von Anlaufstrategien, die im „Strategischen Gestaltungsrahmen“ festgehalten werden.

In Kapitel 4 stellt Herr Jäschke das „Konzept eines modularen Methodenbaukastens“ vor. Dieser Baukasten enthält Lean Six Sigma-Module, die in den verschiedenen Phasen des Serienanlaufs (Vorserie, Nullserie, Hochlauf) sowie in einem kontinuierlichen Parallelprozess zur beständigen Verbesserung (KVP) zum Einsatz kommen können. Die gezielte Zuordnung dieser Werkzeuge zu den jeweiligen Anlaufphasen ist entscheidend.

In Kapitel 5 zeigt Herr Jäschke das zentrale Ergebnis seiner Bachelorarbeit. Durch eine Verknüpfung der in Kapitel 3 behandelten Zieldimensionen Zeit, Qualität und Kosten mit dem modularen Methodenbaukasten, welchen er in Kapitel 4 vorgestellt hat, gelingt nun die Erstellung eines ganzheitlichen Betrachtungsmodells. Dieser innovative Ansatz ermöglicht nun eine methodische Herangehensweise an die Herausforderungen des Serienanlaufs. Besonders erwähnenswert ist die Beschreibung der Funktionsweise der Prozessanlaufmodule, die sich iterativer Prozessregelkreise bedienen, um schrittweise auf die Ziele der jeweiligen Anlaufphase zuzuarbeiten und Mängel zu reduzieren. Hierdurch wird eine Selbstoptimierung des Produktionssystems ermöglicht.

Insgesamt hat Herr Jäschke zu einem Thema mit hohem Anspruch eine Bachelorarbeit von hervorragender Qualität erstellt, deren Ergebnisse nicht nur einen wertvollen Beitrag zur Optimierung von Anlaufprozessen in der Automobilindustrie leisten können, sondern potenziell auch auf ähnlich gelagerte Prozesse in anderen Industriezweigen übertragen werden können.

Ich wünsche Herrn Jäschke weiterhin viel Erfolg für seine akademische und berufliche Laufbahn.

*PD Dr.-Ing. Markus Kästner
Erstprüfer der Bachelorarbeit
Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover
Hannover, November 2023*

Dr.-Ing. Christoph Ohrt

In einer Zeit, die durch intensiven globalen Wettbewerb und technologischen Wandel geprägt ist, bietet die Bachelorarbeit von Herrn Jäschke eine essenzielle Lektüre für alle, die sich mit der Optimierung von Produktionsprozessen nicht nur in der Automobilindustrie beschäftigen. Die Arbeit konzentriert sich auf die Anpassung und Integration des Lean Six Sigma-Ansatzes in den Serienanlauf - ein Bereich, der für die Wettbewerbsfähigkeit und operative Exzellenz von zentraler Bedeutung ist.

Der Leser wird in die Welt des Lean Six Sigma eingeführt, und es werden neue Perspektiven auf die Verbesserung von Effizienz und Effektivität im Serienanlauf offenbart. Die Arbeit stellt nicht nur eine theoretische Betrachtung dar, sondern liefert auch eine Reihe von praktischen Strategien und Toolübersichten. Dieser Katalog kann für Fachleute und Studierende, die sich mit der ständigen Herausforderung der Prozessoptimierung und Mitarbeiterqualifizierung auseinandersetzen gleichermaßen als wertvolle Ressource dienen.

Als Zweitprüfer dieser Arbeit war ich beeindruckt von der Tiefe der Analyse und der Klarheit, mit der komplexe Konzepte vermittelt werden. Die Arbeit illustriert, wie kritische Fehlerpotenziale frühzeitig erkannt und effektive Maßnahmen zur Prozessverbesserung implementiert werden können, um Zeit- und Kostenziele zu erreichen.

Abschließend bewerte ich diese Arbeit als ein hervorragendes Beispiel dafür, wie studentische Arbeit praktische Problemlösungen für die Industrie hervorbringen kann. Der Leser wird zweifellos von den detaillierten Untersuchungen und den daraus resultierenden Erkenntnissen profitieren. Insbesondere die Erklärung der Tools des Six Sigma Baukastens und die zielgerichtete und gut erklärte Anwendung auf bekannte Problemstellungen laden den Leser ein, die gewonnenen Erkenntnisse persönlich nachzuvollziehen und einfach in der Praxis auszuprobieren. Ich bin überzeugt, dass diese Arbeit jedem Six Sigma Interessierten eine bedeutende Grundlage für seine zukünftige Arbeit liefern kann.

Dr.-Ing. Christoph Ohrt

Inhaltsverzeichnis

Geleitworte	5
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	13
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Einleitung	17
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung.....	19
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	21
1.3 Struktur der Arbeit.....	23
2 Theoretische Grundlagen	25
2.1 Produktion	26
2.1.1 Produktionssystem	27
2.1.2 Produktionselemente	29
2.2 Grundlagen des Anlaufmanagements.....	31
2.2.1 Einordnung und Abgrenzung.....	31
2.2.2 Phasen des Serienanlaufs.....	33
2.2.3 Analyse der Phasenprozesse	37
2.3 Lean Six Sigma.....	39
2.3.1 Klassifizierung und Beschreibung der Methode	39
2.3.2 Kernelemente.....	40
2.3.3 DMAIC-Zyklus	41
3 Entwurf des strategischen Gestaltungsrahmens	45
3.1 Strategisches Anlaufmanagement.....	46
3.1.1 Ziele des strategischen Anlaufmanagements.....	46
3.1.2 Herausforderungen des Anlaufprozesses	49
3.1.3 Auswirkungen von Lean Six Sigma	51
3.2 Strategisches Hohlrad des Anlaufzielsystems	54
3.2.1 Zeit.....	56
3.2.2 Qualität.....	58
3.2.3 Kosten	60

4	Konzeption des modularen Methodenbaukastens	63
4.1	Aufbau des Methodenbaukastens	64
4.2	Lean Six Sigma-Werkzeuge	65
4.3	Lean Six Sigma-Module	69
4.3.1	VoS-Modul	70
4.3.2	NuS-Modul	73
4.3.3	HoL-Modul	75
4.3.4	KVP-Modul	77
5	Modellierung	83
5.1	Einordnung des Modells	85
5.2	Planungs- und Steuerungskonzept	87
5.3	Kritische Betrachtung	91
6	Zusammenfassung und Ausblick	95
	Literaturverzeichnis	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Darstellung der Ausgangssituation 18

Abbildung 1-2: Untersuchung des Anlauferfolgs..... 19

Abbildung 1-3: Aufbau und Struktur der Arbeit 23

Abbildung 2-1: Produktion als Regelkreis 27

Abbildung 2-2: Toyota Produktionssystem (TPS)..... 28

Abbildung 2-3: Produktion als Transformationsprozess 29

Abbildung 2-4: Anlaufphase im Produktentstehungsprozess (PEP)..... 32

Abbildung 2-5: Phasen des Serienanlaufs 34

Abbildung 2-6: Idealtypische Anlaufkurve 37

Abbildung 2-7: DMAIC-Zyklus 42

Abbildung 3-1: Zielgrößen des Anlaufs 47

Abbildung 3-2: Intransparenz im Anlaufprozess 51

Abbildung 3-3: Lean Six Sigma-Zieldreieck 52

Abbildung 3-4: Strategisches Hohlrads des Anlaufzielsystems
(eigene Darstellung)..... 55

Abbildung 4-1: Zusammensetzung des Methodenbaukastens
(eigene Darstellung)..... 64

Abbildung 4-2: Lean Six Sigma-Komplettmodul (eigene Darstellung) 70

Abbildung 5-1: Ganzheitliches Betrachtungsmodell
(eigene Darstellung)..... 84

Abbildung 5-2: Überwachungsplan Meilenstein-Trendanalyse..... 90

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Kernelemente von Lean Six Sigma	41
Tabelle 3-1:	Einflussgrößen des Anlaufs	50
Tabelle 3-2:	Nachhaltige Prozessoptimierung	54
Tabelle 3-3:	Zeitpotenziale im Anlauf	57
Tabelle 3-4:	Anlaufszenario als produktpolitische Strategie	59
Tabelle 3-5:	Kostenansatzpunkte für Anlaufstrategien	60
Tabelle 4-1:	Six Sigma-Werkzeuge (eigene Darstellung).....	66
Tabelle 4-2:	Lean Management-Werkzeuge (eigene Darstellung).....	66
Tabelle 4-3:	Design for Six Sigma-Werkzeuge (eigene Darstellung)	68
Tabelle 4-4:	VoS-Modul (eigene Darstellung).....	71
Tabelle 4-5:	NuS-Modul (eigene Darstellung).....	73
Tabelle 4-6:	HoL-Modul (eigene Darstellung)	75
Tabelle 4-7:	KVP-Modul (eigene Darstellung)	77
Tabelle 5-1:	Vorserie als iterativer Prozessregelkreis (eigene Darstellung)	86
Tabelle 5-2:	Prozessorientierte Kennzahlen.....	88
Tabelle 5-3:	Planungs- und Steuerungsinstrumente des Anlaufs.....	90

Abkürzungsverzeichnis

BET	Break-even-Time-Analyse
CTQ	Critical to Quality
DMADV	Define, Measure, Analyze, Design, Verify
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly
DFSS	Design for Six Sigma
DIN	Deutsches Institut für Normung
DOE	Design of Experiments
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
F&E	Forschung und Entwicklung
ISO	International Organization for Standardization
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LPI	Lean Performance Index
LSS	Lean Six Sigma
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PEP	Produktentstehungsprozess
PWG	Prozesswirkungsgrad
QFD	Quality Function Deployment
SMED	Single Minute Exchange of Die
SPC	Statistical Process Control
SOP	Start of Production
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Produktionssystem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Voice of the Customer
VSM	Value Stream Mapping

1 Einleitung

Die fortschreitende Globalisierung hat zu einer Verschärfung der Wettbewerbssituation für Unternehmen geführt. In der Automobilindustrie hat sich, aufgrund der turbulenten Marktsituation, ein Konkurrenzkampf um die bedeutenden Marktanteile entwickelt.¹ Die wachsenden Anforderungen des Marktes haben in der Vergangenheit zunehmend an Bedeutung gewonnen, da der Markt verstärkt nach individuellen, innovativen, kostengünstigen und stets aktuellen Produkten verlangt.² Eine Erhöhung der Modell- und Variantenvielfalt sowie eine Abnahme der Modellzyklen und Entwicklungszeiten charakterisieren das gegenwärtige Umfeld für produzierende Unternehmen.³

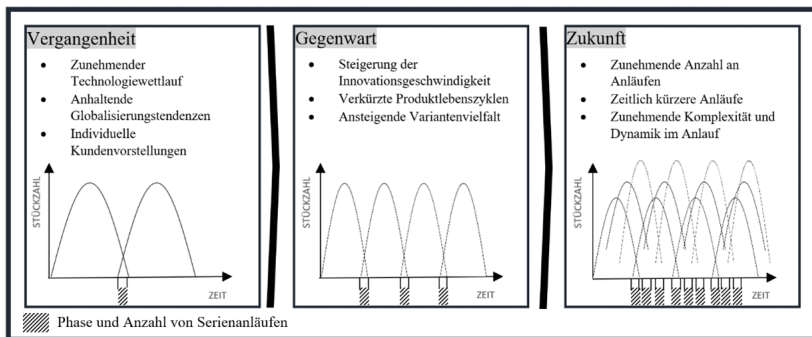


Abbildung 1-1: Darstellung der Ausgangssituation⁴

Abbildung 1-1 beschreibt den Anstieg der Innovationsgeschwindigkeit durch die Verkürzung der Produktlebenszyklen und die Zunahme der Variantenvielfalt, welche als Folgen des Technologiewettlaufs eingeordnet werden können.⁵ Dieser Umstand sorgt für einen Anstieg der Produktions- und Serienanläufe,⁶ in welchem, in immer kürzer werdenden Zeitabständen, Produkte von der Automobilindustrie auf dem Markt angeboten werden. Demzufolge steigt die Anzahl an Produktionsanläufen, bei einer immer kürzer werdenden Anlaufdauer, vehement an.⁷

1 Vgl. Wack, K. (2019): 1.

2 Vgl. Kuhn, A. (2002): 3.

3 Vgl. Schuh et al. (2002): 656.

4 Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Tücks, G. (2010): 1.

5 Vgl. Schmitt, S. (2012): 1.

6 Vgl. Nagel, J. (2011): 1.

7 Vgl. Tücks, G. (2010): 2.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Bewältigung der Anlaufphase bildet ein Grundfundament für eine erfolgreiche Markteinführung⁸, jedoch erweist sich der Produktionsanlauf, aufgrund einer Vielzahl von Schnittstellen, anfälligen Prozessen und Abläufen sowie des erheblichen Zeitdrucks, als äußerst komplex und kritisch.⁹ Verzögerungen in der Anlaufphase beeinflussen unmittelbar die Wettbewerbsfähigkeit sowie die finanzielle Lage des Unternehmens.¹⁰ Des Weiteren lassen sich Versäumnisse bzgl. der Produktkosten und -qualität, nach Abschluss der Produktentstehungsphase, nicht oder nur unter großen Kraftanstrengungen bereinigen.¹¹

In der CoRuS-Studie (*Coordination für Ramp-up Success*), durchgeführt im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs Anlaufmanagement 1491-1 an der RWTH Aachen, wurde die defizitäre Kontrolle über den Produktionsanlauf veranschaulicht. In dieser fragebogenorientierten Studie wurden 184 produzierende Unternehmen aus 16 Branchen, die im deutschsprachigen Wirtschaftssektor ansässig sind, mithilfe eines Strukturgleichungsmodells analysiert.¹²

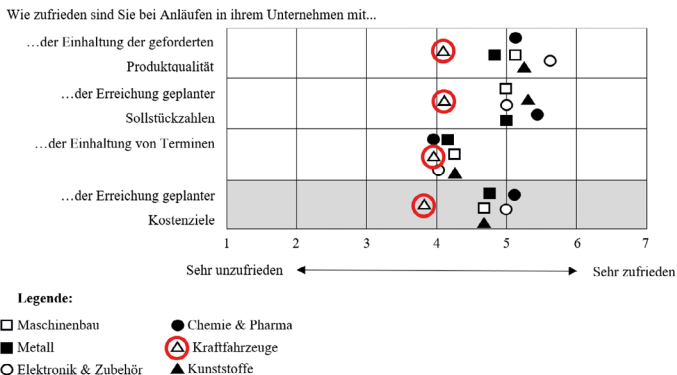


Abbildung 1-2: Untersuchung des Anlauserfolgs¹³

8 Vgl. Nagel, J. (2011): 1.

9 Vgl. Schuh et al. (2007): 71.

10 Vgl. Wildemann, H. (2007): 53.

11 Vgl. Heins, M. (2010): 1ff.

12 Vgl. CoRuS-Studie - Renner und Gross (2011): 20ff; Gartzen, T. (2012): 3.

13 Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Maue, A. (2016): 2.

Abbildung 1-2 verdeutlicht diese branchenübergreifenden Defizite. Die Zufriedenheit der Automobilindustrie, hinsichtlich der Produktqualität, Erreichung der geplanten Sollstückzahlen, Einhaltung von Terminen sowie Erreichung der geplanten Kostenziele, weist eine deutliche Abweichung von den anderen Branchen auf.

Laut einer internationalen Studie verfehlen in der europäischen Automobilindustrie zwei Drittel der Anläufe das Ziel, die Diskrepanz zwischen den tatsächlichen Ist-Stückzahlen und den hohen Modellrenditen zu minimieren. 47% der Fahrzeuganläufe wiesen weder einen wirtschaftlichen noch einen technischen Erfolg auf. Weiteren 20% gelang zwar ein technischer, aber kein wirtschaftlicher Erfolg. Nur ein Drittel aller untersuchten Anläufe waren wirtschaftlich sowie technisch erfolgreich.¹⁴ Letztlich kann die Anlaufphase als eine zeitlich sowie wirtschaftlich kritische Phase des Produktlebenszyklus angesehen werden¹⁵, wobei der Umgang mit den Turbulenzen in dieser instabilen Phase als die größte Herausforderung des Managements angesehen wird.¹⁶ Das Umfeld im Produktionsanlauf unterliegt einer hohen Dynamik, interdisziplinärer Zusammenarbeit, limitierten Ressourcen¹⁷ und Störungen, welche nicht dem geplanten Soll-Zustand entsprechen.¹⁸ Ferner ist das Merkmal des ‚fehlenden Reifegrads‘ während dieser Zeitperiode das Resultat einer erstmaligen ganzheitlichen Vernetzung und Verknüpfung der Gestaltungsobjekte (bspw. Prozesse, Personal) und Disziplinen (bspw. Produktion, Logistik).¹⁹ Ein Alleinstellungsmerkmal der deutschen Serienhersteller bezieht sich auf die beispiellose globale Orientierung am Kunden, wobei dieses individualisierte Angebot schlussendlich durch eine reichhaltige Variantenvielfalt erworben wird.²⁰

14 Vgl. Roland Berger Strategy Consultants (2003): „Zu hohe Kosten bei Fahrzeuganläufen“, in Automobilwoche Nr.25 (2003): 21.

15 Vgl. Kuhn, A. (2002): 11.

16 Vgl. Tücks, G. (2010): 2.

17 Vgl. Heins, M. (2010): 12.

18 Vgl. Tücks, G. (2010): 69.

19 Vgl. Tücks, G. (2010): 2.

20 Vgl. Heins, M. (2010): 11.

Die Darbietung eines höherwertigen Produkts bei einer gleichzeitigen Verringerung der Kosten²¹ ist das Resultat einer Verbindung von produktionsfördernden und qualitätsorientierten Maßnahmen, die den Lean Six Sigma-Ansatz abbilden.²²

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Bezugnehmend auf die beschriebene Ausgangssituation ist das *übergeordnete* Ziel der vorliegenden Arbeit, einen Beitrag zur Verbesserung der Effektivität und Effizienz im Serienanlauf in der Automobilindustrie zu leisten. Als *spezielles* Ziel wird eine Modifikation der Lean Six Sigma-Methode verfolgt, welche die Produkt- sowie Prozessqualität im Rahmen der Anlaufphase optimiert.

Ferner hat die modifizierte Lean Six Sigma-Methode den Anspruch, als strategische Komponente, den Serienanlauf systematisch zu unterstützen. Die Bereitstellung jener Modifikation wird am Beispiel der Automobilindustrie aufgezeigt, wobei der Fokus auf der Endmontage liegt. Zu diesem Zweck werden die Zielstellungen des Anlaufprozesses mit den Werkzeugen der Lean Six Sigma-Methode abgeglichen und an die verschiedenen Phasen des Serienanlaufs angepasst. Zusammenfassend kann das Ziel der Arbeit wie folgt definiert werden:

Ziel dieser Arbeit ist die Modifikation sowie Einbindung der Lean Six Sigma-Methode im Rahmen des Serienanlaufs in der Automobilindustrie, um eine nachhaltige Optimierung des Anlaufprozesses zu bewirken.

Es gilt daher, für die Erreichung der dargelegten Zielsetzung, die beteiligten Objektbereiche und den Bezugsrahmen zu identifizieren, um eine Einbettung der modifizierten Methode in diese Umgebung zu ermöglichen.

Die Arbeit fokussiert sich auf die Analyse und Modifikation der Lean Six Sigma-Methode, wobei eine modulare, qualitätsorientierte Anpassung angestrebt wird.

21 Vgl. Koch, T. R. (2012): 28.

22 Vgl. Niemann et al. (2021): 11.

Die modifizierte Methode soll die Gestaltung und Planung von Produktionsanläufen begünstigen und auftretende Abweichungen transparenter für alle involvierten Personenkreise gestalten.

Eine gezielte Beeinflussung des Anlaufprozesses soll ermöglicht werden. Die übergeordnete Frage dieser Arbeit konkretisiert das definierte Ziel:

„Kann ein modularer Baukasten auf Basis der Lean Six Sigma-Methode die Anlaufstrategie in der Automobilindustrie proaktiv und reaktiv justieren, um eine Verbesserung in qualitativer sowie quantitativer Hinsicht sicherzustellen?“

Die Beantwortung dieser Frage ist eng mit der Entwicklung eines Gestaltungsrahmens verbunden, der auf den Zielsetzungen des strategischen Anlaufmanagements aufbaut. Dieser Gestaltungsrahmen erlaubt die Konzeption sowie eine weitere Detaillierung der Lean Six Sigma-Methode, womit Rückschlüsse auf die endgültige Wirksamkeit des Lean Six Sigma-Baukastens gezogen werden können.

1.3 Struktur der Arbeit

Die vorliegende Arbeit (*Abbildung 1-3*) gliedert sich in sechs Kapitel, wobei sich die Struktur an der übergeordneten Frage orientiert.

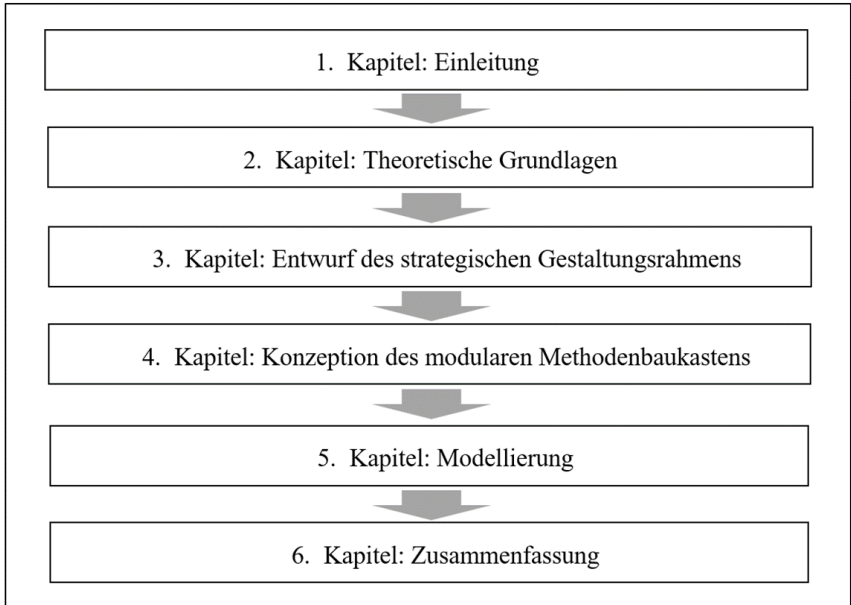


Abbildung 1-3: Aufbau und Struktur der Arbeit

2 Theoretische Grundlagen

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht der Serienanlauf in der Automobilindustrie. Die Thematisierung und Klärung von relevanten Begrifflichkeiten bilden die Grundlage für die Entwicklung des modularen Methodenbaukastens. Die Definition und Auslegung von verwendeten Begriffen stellen eine Grundvoraussetzung dar, um eine weitergehende wissenschaftliche Auseinandersetzung sicherzustellen. Hierzu wird *Abschnitt 2.1* auf die ‚Produktion‘ im Allgemeinen und die ‚Montage‘ im Spezifischen eingehen. Im Anschluss daran werden die ‚Grundlagen des Anlaufmanagements‘ näher erörtert und die ‚Lean Six Sigma-Methode‘ thematisch introduziert.

2.1 Produktion

Die Definition von KISTNER UND STEVEN folgt einer differenzierten Perspektive, welche die Produktion aus einer *ingenieurwissenschaftlichen* und *ökonomischen* Sichtweise betrachtet. Aus der Sicht eines Ingenieurs stehen hauptsächlich die technischen Gesetzmäßigkeiten, die eingesetzten Produktionsverfahren sowie die naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten im Vordergrund. Die ökonomische Sichtweise beschränkt sich auf die Beziehung zwischen der Faktoreinsatzmenge und der erzielbaren Ausbringung. Die Produktion wird in diesem Zusammenhang als ‚Black Box‘ angesehen, in welcher letztlich nur das mengenmäßige Verhältnis von Input und Output als relevant betrachtet wird.²³

KLETTI UND SCHUMACHER interpretieren die moderne Produktion, angesichts ihrer Mehrdimensionalität und Komplexität, als ein System, für das der sogenannte Schmetterlingseffekt²⁴ als relevant gelten kann. Ursachen bzw. Abweichungen vom geplanten Produktionsablauf müssen zeitnah erkannt werden, damit durch die Einleitung von sofortigen Maßnahmen die ‚Schmetterlingseffekte‘ abgemildert werden.²⁵

23 Vgl. Kistner und Steven (1996): 51.

24 Vgl. Kletti und Schumacher (2011): 9; Kleinste Ursachen können in diesen Systemen Störungen oder Probleme nach sich ziehen, welche auf den geplanten und strukturierten Produktionsablauf erhebliche Auswirkungen haben.

25 Vgl. Schumacher, J. (2006): 25.

Weiterhin repräsentiert die Produktion nach KLETTI UND SCHUMACHER, aufgrund ihrer unterschiedlichen Eingangs- und Ausgangssignale, ein dynamisches System, in welchem Signale verarbeitet, übertragen und zueinander in Relation gebracht werden. Zur Regelung dieses dynamischen Systems wird ein Regelkreis eingeführt, der aus einer Regelstrecke (*Produktion*), einem Messglied und einem Regler besteht (*Abbildung 2-1*). Die Regelabweichung $e(t)$ verkörpert die Differenz zwischen dem Sollwert $w(t)$ und dem vom Messglied erfassten Istwert $y(t)$. Dem Regler unterliegt die Aufgabe Maßnahmen einzuleiten, um die Regelabweichung möglichst gering zu halten.²⁶

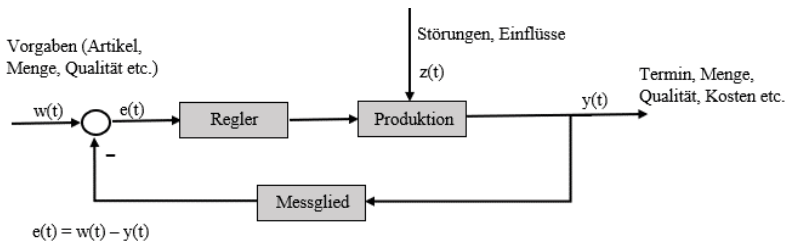


Abbildung 2-1: Produktion als Regelkreis²⁷

2.1.1 Produktionssystem

Produktionssysteme unterliegen, in Literatur und Praxis, einer grundsätzlichen Unterscheidung in unternehmensspezifische und unternehmensübergreifende Produktionssysteme. Beide Systeme stellen einen Ordnungsrahmen für Methoden, Standards, Werkzeuge und Prinzipien für die Institution und die kontinuierliche Verbesserung der Produktion zur Verfügung. Das vorliegende Kapitel beschränkt sich auf das unternehmensspezifische Produktionssystem, welches sich auf eine konkrete Organisation bezieht.²⁸ EVERSHEIM beschreibt das Produktionssystem als eine „technisch, organisatorisch (und kostenrechnerisch) selbständige Allokation von Potential- und Mittelfaktoren zu Produktionszwecken. Diese Systeme setzen sich aus Subsystemen zusammen und sind ihrerseits Elemente übergeordneter Systeme.“²⁹

²⁶ Vgl. Kletti und Schumacher (2011): 10 ff.

²⁷ Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Kletti und Schumacher (2011): 11 (Abb. 2.3).

²⁸ Vgl. Sihn et al. (2016): 170 ff.

²⁹ Nach einer Definition von Eversheim, W. im ‚Handwörterbuch der Organisation‘ von Frese, E. (1992): 2059.

Das Toyota-Produktionssystem (TPS), auch als Kanban oder Just-in-Time-System bekannt, wurde aufgrund spezifischer Marktrestriktionen entwickelt, die die Produktion von geringen Stückzahlen verschiedener Modelle bei niedriger Nachfrage erforderten. Das Hauptziel dieses Systems war die Steigerung der Produktionswirtschaftlichkeit durch systematische und gründliche Beseitigung sämtlicher Verschwendungsformen.³⁰

Das TPS wird symbolisch als Haus (*Abbildung 2-2*) dargestellt, welches aus drei modularen Bausteinen besteht. Ziele, Methoden und Grundprinzipien werden als Dach, Säulen und Fundament abgebildet.³¹

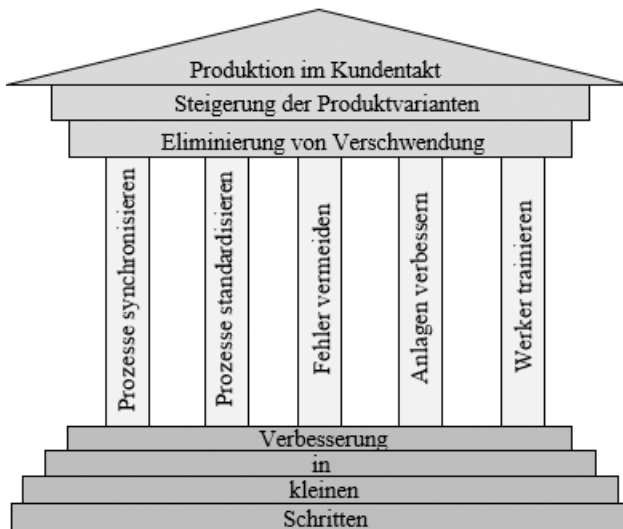


Abbildung 2-2: Toyota Produktionssystem (TPS)³²

In der Anlaufphase befinden sich Produktionssysteme in einem störungsanfälligen und unübersichtlichen Ordnungszustand. Wissenschaftler stufen deshalb den Produktionsanlauf als einen der anspruchsvollsten und kritischsten Unternehmensprozesse überhaupt ein.³³

30 Vgl. Ohno, T. (1978): 19.

31 Vgl. Sihh et al. (2016): 171.

32 Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Sihh et al. (2016): 172; Pötters, P. (2020): 23.

33 Vgl. Schuh et al. (2007): 71.

2.1.2 Produktionselemente

Bei der Herstellung eines Produkts stehen die Gestaltungselemente, *Prozess*, *Organisation* und *Produkt* in Wechselwirkung zueinander. Das Produkt hat Auswirkungen auf die Prozesse innerhalb des Unternehmens. Die Struktur der Prozesse beeinflusst die Bereiche der Organisation, die wiederum den Verlauf der Prozesse beeinflussen, welche einen entscheidenden Einfluss auf das Produkt haben.³⁴ Hinsichtlich der thematischen Abgrenzung bildet das Gestaltungselement ‚Organisation‘ hier die ‚Montageorganisation‘ ab.

- **Prozess**

Der Terminus ‚Prozess‘ wird in der ISO 9000:2015-Norm „als Satz zusammenhängender und sich gegenseitig beeinflussender Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“³⁵, definiert. Der Produktionsprozess, der auch als technischer Prozess beschrieben werden kann, umfasst die Transformation von Rohmaterialien und Komponenten mittels verschiedener Verarbeitungstechniken, die schlussendlich zu einer Wertschöpfungssteigerung der hergestellten Erzeugnisse führen (Abbildung 2-3).³⁶

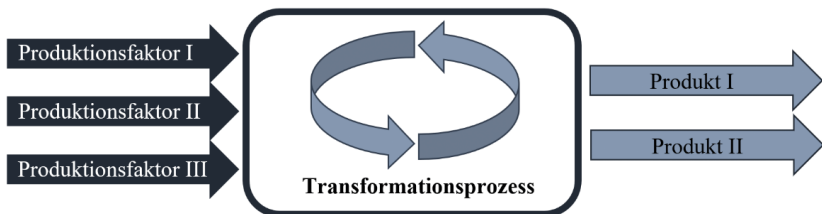


Abbildung 2-3: Produktion als Transformationsprozess³⁷

Je nach ihrer spezifischen Verwendung werden die Produktionsfaktoren in Werkstoffe, Betriebsmittel und menschliche Arbeitsleistung gegliedert.³⁸ Für ein reibungsloses Zusammenspiel der einzelnen Produktionsfaktoren im Rahmen des Produktionsprozesses bedarf es der Bildung von Arbeits-

34 Vgl. Laick, T. (2003): 7f.

35 DIN ISO 9000:2015: 7.

36 Vgl. Erlach, K. (2010): 58.

37 Eigene Abbildung in Anlehnung an Kistner und Steven (1996): 51.

38 Vgl. Kistner und Steven (1996): 51.

systemen, die aus einer Vielzahl komplexer Determinanten bestehen.³⁹

- **Montageorganisation**

LAICK charakterisiert ‚Organisation‘ als ein technisches System, das aus einer Vielzahl von Subsystemen besteht, welche sowohl technische Elemente als auch menschliche Arbeitskräfte mitumfassen und die in einer dynamischen Wechselbeziehung miteinander stehen.⁴⁰ In der Automobilfertigung stellt die Endmontage eines Fahrzeugs eine der aufwändigsten und am wenigsten automatisierten Phasen dar.⁴¹

Das Ziel der Montage ist es, die Vielzahl von Einzelkomponenten zusammenzubauen, um ein Erzeugnis von höherer Güte zu erhalten. LOTTER betrachtet die Montage als einen separaten Produktionsabschnitt. In der VDI-Richtlinie 2860 (VDI 1990) wird das Montieren als die Summe aller Vorgänge beschrieben, die den Zusammenbau von geometrischen bestimmten Körpern zum Inhalt haben. Der Vorgang des Fügens stellt als Fertigungsverfahren laut DIN 8593 (1996) das Herzstück der Montage dar.⁴²

Die Arbeitsgänge der Fließfertigung sind zeitlich und räumlich streng taktgebunden und anhand einer genauen Leistungsabstimmung definiert.⁴³ Die Anwendung dieses Prinzips in der Automobilindustrie ist zurückzuführen auf die Erreichung von hohen Stückzahlen bei gleichzeitig kurzen Durchlaufzeiten und der Möglichkeit einer frühzeitigen Fehlererkennung.⁴⁴

Die Betriebsmittel, Maschinen und Arbeitsplätze werden, entsprechend dem Produktionsablaufprogramm, entlang der Montagelinie angeordnet.⁴⁵

39 Vgl. Bokranz und Landau (2012): 19 f.

40 Vgl. Laick, T. (2003): 7.

41 Vgl. Risse, J. (2003): 174.

42 Vgl. Lotter et al. (2012): 1 f.

43 Vgl. Sihm et al. (2016): 40 f.

44 Vgl. Maue, A. (2016): 21; Kletti und Schumacher (2011): 88.

45 Vgl. Kletti und Schumacher (2011): 86 f.

- **Produkt**

Ein ‚Produkt‘ repräsentiert das Ergebnis eines Erstellungsprozesses, das auf die Befriedigung der Wünsche der Konsumenten ausgerichtet ist und als finaler Produktionsoutput definiert wird. In der Automobilindustrie wird die Bedeutung des Produkts hauptsächlich durch Leistungsmerkmale und -fähigkeiten definiert.⁴⁶ Der Produktbegriff bezieht sich in dieser vorliegenden Arbeit ausschließlich auf die Erstellung materieller Produkte.

2.2 Grundlagen des Anlaufmanagements

Dieser Abschnitt ist in drei Unterabschnitte eingeteilt, in denen die relevanten Grundlagen zum Anlaufmanagement beschrieben werden. Dazu erfolgt zu Beginn eine Einordnung sowie Abgrenzung der Begriffe ‚Anlaufmanagement‘ bzw. ‚Anlauf‘. Im weiteren Verlauf werden die verschiedenen ‚Phasen des Serienanlaufs‘ erläutert und gegenübergestellt.

2.2.1 Einordnung und Abgrenzung

Im Produktionsanlauf werden neu entwickelte Produkte, die zuvor entweder gar nicht oder nicht auf diese Weise hergestellt wurden, von der Entwicklungsphase bis zur Erreichung der geplanten Stückzahlen kontinuierlich überwacht und verfolgt.⁴⁷

Der Produktentstehungsprozess (PEP) (*Abbildung 2-4*) ist ein Teil des umfassenden Produktlebenszyklus und beinhaltet alle Schritte von der Planung und Entwicklung des Produkts über die Bereitstellung von Betriebsmitteln und Ressourcen bis hin zu Montageprozessen, Herstellung, Nutzung, Betrieb und Recycling. Bevor ein neues Fahrzeugmodell auf dem Markt eingeführt wird, muss es zuvor den PEP durchlaufen.⁴⁸ Der Produktionsanlauf ist ein Zeitpunkt im Produktlebenszyklus, der zwischen der Entwicklung des vorherigen Produkts und dessen möglichem Auslauf sowie der Serienproduktion liegt.⁴⁹

46 Vgl. Laick, T. (2003): 5f.

47 Vgl. Schuh et al. (2007): 71.

48 Vgl. Eigner und Stelzer (2009): 9 f.

49 Vgl. Wagenheim, S. (1998): 19.

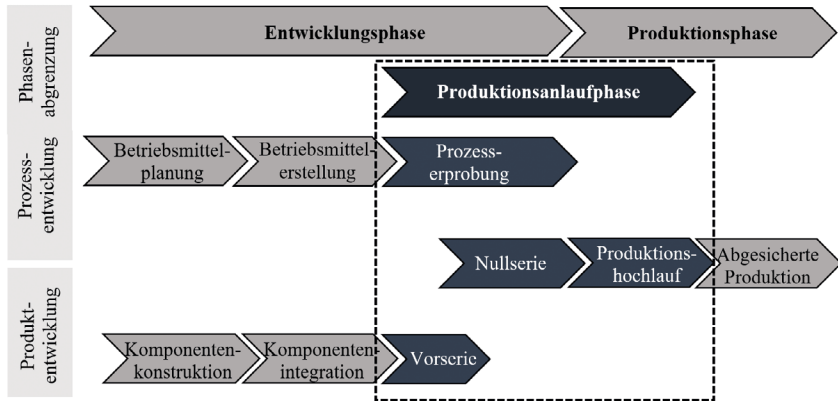


Abbildung 2-4: Anlaufphase im Produktentstehungsprozess (PEP)⁵⁰

Das Anlaufmanagement bezieht sich auf die Verknüpfung von Produktentwicklung und Produktionsmanagement. Es vereint Aufgaben und Inhalte aus beiden Bereichen und befasst sich damit, wie das Produkt entwickelt und in der Fertigung umgesetzt wird.⁵¹ Der Terminus ‚Anlauf‘ stammt aus der technischen Fachterminologie und bezieht sich auf den Zeitraum der Inbetriebnahme von technischen Apparaturen und Einrichtungen.⁵² Heutzutage wird der Ausdruck ‚Anlauf‘ verwendet, um den Übergangszeitraum von der Entwicklung eines Produkts bis hin zu dessen Produktion zu beschreiben.⁵³ In der akademischen Forschung sowie in der praktischen Anwendung gibt es jedoch keine vereinheitlichte Definition des Begriffs ‚Anlauf‘.⁵⁴ Die Begriffe Anlaufphase, Serienanlauf, Produkt- oder Produktionsanlauf sind oft synonym gebrauchte Ausdrücke.⁵⁵

Im Verlauf dieser Arbeit wird der Begriff ‚Anlaufmanagement‘ in Anlehnung an KUH verwendet. „Das Anlaufmanagement eines Serienproduktes umfasst alle Tätigkeiten und Maßnahmen zur Planung, Steuerung und Durchführung des Anlaufes mit den dazugehörigen Produktionssystemen, ab der

⁵⁰ Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Wagenheim, S. (1998): 19 (Abbildung 2-3).

⁵¹ Vgl. Nagel, J. (2011): 14.

⁵² Vgl. Nagel, J. (2011): 4.

⁵³ Vgl. Wildemann, H. (2004a): 457.

⁵⁴ Vgl. Laick, T. (2003): 8.

⁵⁵ Vgl. Hüntelmann, J. (2010): 7.

Freigabe der Vorserie bis zum Erreichen einer geplanten Produktionsmenge, unter Einbeziehung vorgelagerter Prozesse und der nachgelagerten Prozesse im Sinne einer messbaren Eignung der Produkt- und Prozessreife.“⁵⁶ Das Anlaufmanagement umfasst die Koordination aller Aktivitäten zur Planung, Steuerung und Durchführung des Anlaufs und stellt somit einen interdisziplinären Geschäftsprozess entlang der gesamten Lieferkette dar.⁵⁷ Im Anfangsstadium des Anlaufes werden hauptsächlich produktbezogene Aufgaben und die Optimierung der Erzeugnisse priorisiert. Im späteren Stadium verschiebt sich, während des laufenden Produktionsbetriebs, der Schwerpunkt des Managements auf das Produktionssystem und die Verbesserung von Prozessabläufen. Prozessorientierte Aufgaben sind charakteristisch für das Anlaufmanagement in den letzten Phasen.⁵⁸

2.2.2 Phasen des Serienanlaufs

Der Serienanlauf bezieht sich auf den Zeitraum, in dem ein Prototyp, der sich bisher im Entwicklungsstadium befand, in die Serienproduktion überführt wird. Dieser Prozess findet zwischen dem Abschluss der Produktentwicklung und dem Erreichen der vollen Produktionskapazität statt.⁵⁹ In der Vergangenheit wurden die Phasen der Produktentwicklung und Serienproduktion kontinuierlich durch Optimierungsmaßnahmen verbessert. Der Serienanlauf als Schnittstelle zwischen den beiden Phasen wurde jedoch bislang in geringem Umfang in die Optimierungsmaßnahmen einbezogen.⁶⁰ Manche Unternehmen bezeichnen die Vor- und Nullserie als Teil des Serienanlaufs, während andere den Produktionsanlauf und den Produktionshochlauf getrennt betrachten. Trotzdem gliedern die meisten Unternehmen den Serienanlauf in drei Hauptphasen (*Abbildung 2-5*).⁶¹ Bei LAICK findet sich ein Modell für den Serienanlauf, das in die drei erwähnten Hauptphasen unterteilt ist: Pilot, Hochlauf und Serie. Hinsichtlich der Pilotphase werden zwei Unterphasen unterschieden: die Vorserie und die Nullserie.⁶² Diese beiden Unterphasen

56 Kuhn, A. (2002): 8.

57 Vgl. Bischoff, R. (2007): 5.

58 Vgl. Nagel, J. (2011): 15.

59 Vgl. Wiesinger und Housein (2002): 505f.

60 Vgl. Schuh et al. (2008): 3.

61 Vgl. Gentner, A. (1994): 63 (Abb. 3-9); Wangenheim, S. (1998): 25.

62 Vgl. Laick, T. (2003): 8.

dienen der Integration und Harmonisierung von Produkt- und Prozessentwicklung, bevor die Serienproduktion eines Produktes beginnen kann.

RISSE und WANGENHEIM betrachten die Serienphase jedoch nicht als Teil des Serienanlaufs.⁶³ Im Verlauf der vorliegenden Arbeit wird der Ansatz von RISSE und WANGENHEIM weiterverfolgt.

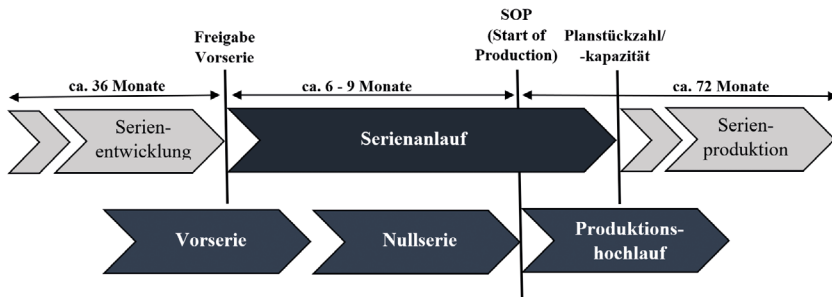


Abbildung 2-5: Phasen des Serienanlaufs⁶⁴

Im Rahmen der *Vorserie* (engl. nach YAMANOUCHI: Engineering model stage) werden Prototypen in größeren Stückzahlen unter Bedingungen produziert, die denen der Serienfertigung ähneln.⁶⁵ Die Vorserienphase hat das Ziel, die Implementierung der Produktionsprozesse in die Organisation zu initiieren. Die Durchführung dieses Prozessstadiums ist ausschlaggebend, um potenzielle Fehlerquellen frühzeitig zu identifizieren.⁶⁶ In der Automobilindustrie findet diese Phase häufig auf getrennten Pilotlinien oder aber auf der späteren Fertigungsstraße statt. Sie wird insbesondere zur Erkennung von Problemen, zur Verbesserung von Prozessen und zur Qualifikation von Mitarbeitern genutzt.⁶⁷ Bei notwendigen Änderungsmaßnahmen findet eine Abwägung zwischen den anfallenden Mehrkosten und den erzielbaren Kosteneinsparungen durch die frühzeitige Problemerkennung statt.⁶⁸ Bezeichnend für die Vorserie ist, dass zwar nicht alle Elemente mittels Serienfertigungswerkzeugen

63 Vgl. Risse, J. (2002): 80-81 u. 141.

64 Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Schuh et al. (2008): Abb.1.

65 Vgl. Yamanouchi, T. (1989): 15.

66 Vgl. Laick, T. (2003): 9f.

67 Vgl. Gentner, A. (1994): 61; Schuh et al. (2008): 2; Wangenheim, S. (1998): 26.

68 Vgl. Stich, C. (2007): 7.

gen produziert werden,⁶⁹ jedoch bereits aus dem Material der Serienproduktion bestehen, um die Montageabläufe und die Prüfmethode zu testen.⁷⁰

Infolgedessen werden bei den Prototypen noch Teile verwendet, die in geringen Stückzahlen als Sonderanfertigungen hergestellt werden.⁷¹ Um die Akzeptanz des neuen Produkts zu sichern und wichtige Einblicke in die Gestaltung des Produktionssystems zu erlangen, werden Mitarbeiter der späteren Serienproduktion bereits in die Produktion miteinbezogen.⁷² Die Durchführung von Tests an Produkt und Prozess unterstützt einen sich wiederholenden Lernprozess bei den involvierten Mitarbeitern.⁷³ Der Übergang von der Vorserie zur Nullserie markiert einen wichtigen Meilenstein im Serienanlaufprozess.

Die *Phase der Nullserie* repräsentiert die letzte Instanz vor der Serienproduktion, in der die abschließende Integration von Produkt- und Prozessentwicklung stattfindet. Die Nullserie findet unter realen Produktionsbedingungen statt, wobei neben eigens hergestellten Komponenten auch von Zulieferern bezogene Teile, mithilfe von Serienwerkzeugen, hergestellt werden. Die Verwendung von Serienwerkzeugen vor dem offiziellen Produktionsstart ist notwendig, da sowohl Einzelteile als auch Baugruppen durch den Wechsel von Vorproduktions- zu Serienwerkzeugen möglicherweise ihre Eigenschaften ändern können.⁷⁴ Um den beträchtlichen Aufwand für beide Seiten in der Automobilindustrie zu minimieren, wird es oft als sinnvoll angesehen, die Phasen der Vor- und der Nullserienproduktion in Form einer Pilotserienproduktion zusammenzufassen.⁷⁵ Die Automobilbranche ist bestrebt darin, den Produktionsübergang mit vollständigem Serienwerkzeug so frühzeitig wie möglich zu realisieren, da erst hierdurch eine präzise Bewertung sowohl des Produkts als auch der Produktionsmittel ermöglicht wird.⁷⁶ Die Durchführung von Testproduktionen über mehrere Tage unter simulierten Serienbedingungen hat das Ziel, das Zusammenspiel der Prozesse zu untersuchen

69 Vgl. Schuh et al. (2008): 2.

70 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 25.

71 Vgl. Tücks, G. (2010): 27.

72 Vgl. Laick, T. (2003): 10.

73 Vgl. Nagel, J. (2011): 17.

74 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 26f.

75 Vgl. Schuh et al. (2008): 2.

76 Vgl. Gentner, A. (1994): 61.

und mögliche Fehler vor Beginn der Serienproduktion zu identifizieren.⁷⁷ Es ist jedoch bekannt, dass in dieser Phase signifikante Defizite auftreten können, was zur Folge hat, dass unvorhergesehene Änderungen notwendig werden können.⁷⁸ Ausgewählte Mitarbeiter haben die Möglichkeit, im Rahmen von Schulungen, zu Prozesseignern für das neue Produkt ausgebildet zu werden. Diese Qualifikation befähigt sie, im Anschluss an den Produktionshochlauf, eine Funktion als Trainer oder Multiplikator zu übernehmen.⁷⁹

An die Vor- und Nullserie schließt sich die *Hochlaufphase* an. Die Hochlaufphase bezeichnet den Beginn der Serienproduktion. In diesem Stadium wird das erste marktfähige Produkt gefertigt und für den Kunden bereitgestellt.⁸⁰ Der Zeitpunkt des Produktionshochlaufs wird in der Automobilindustrie als ‚Start of Production‘ (SOP) bezeichnet. Alternativ finden auch die Begriffe ‚Start of Regular Production‘ oder ‚Job Number One‘ Verwendung, um diesen Zeitpunkt zu kennzeichnen.⁸¹ Das Ziel der Hochlaufphase ist die Leistungssteigerung der Produktionsprozesse.⁸² Die Anzahl der hergestellten Fahrzeuge wird schrittweise erhöht, bis die vorgegebene Produktionsstückzahl erreicht ist. Dabei werden die Fertigungskapazitäten entsprechend angepasst.⁸³ Der Produktionshochlauf wird in der Praxis vor dem Verkaufsstart des neuen Produktes durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Distributionskanäle auf ein angemessenes Niveau aufgestockt werden können.⁸⁴ Der Bestimmungszeitpunkt, der den Abschluss der Produktionsphase markiert, variiert in der Praxis. Als Indikatoren für den Zeitpunkt des Erreichens können das Erfüllen einer vorher festgelegten Produktionsmenge, die Erlangung einer spezifischen Produktqualität, eine bestimmte Dauer des Produktionsdurchlaufprozesses oder eine Kombination dieser Kriterien sein.⁸⁵ Nach WANGENHEIM gilt die Produktionshochlaufphase als beendet, wenn ein stabiler Produktionsprozess vorliegt und die Kammlinie erreicht

77 Vgl. Risse, J. (2002): 144 f.

78 Vgl. Lanza, G. (2005): 13.

79 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 65; Laick, T. (2003): 11.

80 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 28; Laick, T. (2003): 11.

81 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 28; Tücks, G. (2010): 28.

82 Vgl. Laick, T. (2003): 11.

83 Vgl. Risse, J. (2003): 99.

84 Vgl. Clark und Fujimoto (1991): 175.

85 Vgl. Stich, C. (2007): 8.

ist.⁸⁶ Die Anlaufkurve veranschaulicht die Leistungsfähigkeit des Produktionssystem, eine bestimmte Anzahl von Produkten pro Zeiteinheit mit den erforderlichen Qualitätsmerkmalen herzustellen.⁸⁷ Es wird angestrebt, eine Anlaufkurve mit steilem Verlauf zu realisieren, um in möglichst kurzer Zeit die Kammlinienstückzahl mit der geforderten Produktqualität zu erreichen.⁸⁸ Die Manifestation der Produktionssteigerung lässt sich anhand der idealtypischen Anlaufkurve (Abbildung 2-6) feststellen.⁸⁹

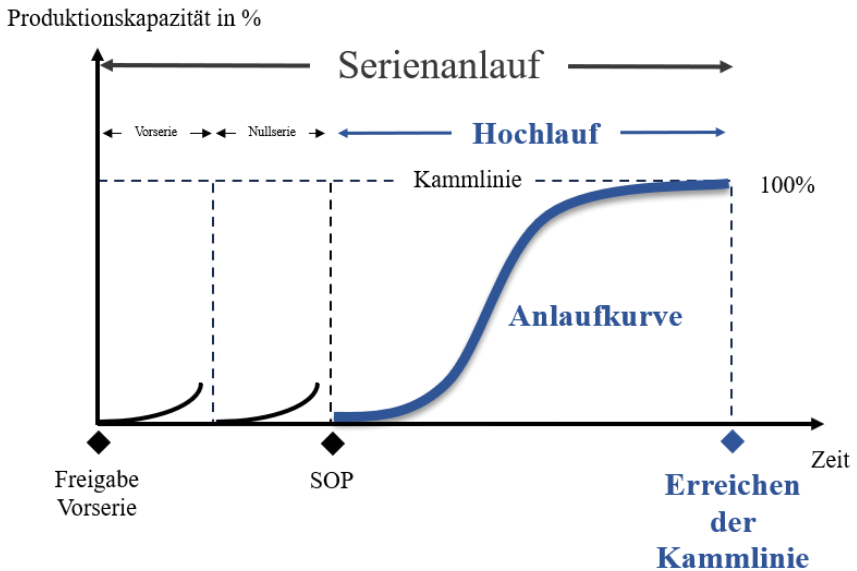


Abbildung 2-6: Idealtypische Anlaufkurve ⁹⁰

2.2.3 Analyse der Phasenprozesse

Die Betrachtung der verschiedenen Anlaufphasen offenbart eine Zunahme der Komplexität beim Übergang der anfänglichen Laborzustände zu den Serienbedingungen. Ein wesentlicher Faktor, der diese Komplexität verdeutlicht, ist

86 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 30; Laick, T. (2003): 11.

87 Vgl. Fleischer et al. (2003): 151.

88 Vgl. Risse, J. (2003): 188.

89 Vgl. Schuh et al. (2008): 2.

90 Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Quick, J. (2010): 34 (Bild 1).

die Sicherstellung einer ausreichenden Qualifikation der Mitarbeiter. Diese gezielte Wissensübertragung, die von einer überschaubaren Gruppe in der Vorserie über Multiplikatoren in der Nullserie bis hin zur vollständigen Qualifizierung der Beschäftigten unter Serienbedingungen reicht, stellt einen signifikanten Indikator dar, um das Ziel der Hochlaufphase zu erfüllen und die gewünschte Produkt*qualität* sicherzustellen. Eine kontinuierliche Erhöhung der Produktionsstückzahl, die sich am Kundentakt orientiert, unterstützt darüber hinaus den wiederholenden Qualifizierungsprozess in der Vorserie und trägt somit zur Entstehung einer Arbeitsroutine bei.

Mit zunehmender Produktionsmenge steigt das Schadenspotenzial von Störfaktoren, da die Komplexität der Produktionsabläufe wächst und damit die Wahrscheinlichkeit für Fehler und Ausfälle zunehmen kann. Ein höheres Produktionsvolumen im Anlauf bedeutet eine erhöhte Anfälligkeit für Störungen, was die reibungslose Durchführung des Serienanlaufs beeinträchtigen kann.

Störfaktoren lassen sich als dynamische Einflüsse charakterisieren, die aus zwei konträren Perspektiven betrachtet werden können: Einerseits nimmt der Einfluss externer Störfaktoren während des Serienanlaufs kontinuierlich zu. Andererseits reduzieren sich die Spielräume für Veränderungen sowie die Möglichkeit, den Prozess durch Anpassungen oder Modifikationen zu beeinflussen.

Dies kann wiederum negative Auswirkungen auf die Einhaltung von *Zeit-* und *Kostenzielen* haben. Es ist daher entscheidend, die Prozesse innerhalb jeder Anlaufphase sorgfältig zu analysieren, um mögliche Fehlerpotenziale zeitnah zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zur Behebung der Abweichungen zu initiieren. Dies erfordert eine gründliche Prozessüberwachung und -dokumentation mittels geeigneter Methoden, die sich insbesondere im Lean Six Sigma-Ansatz wiederfinden.

2.3 Lean Six Sigma

Der nachfolgende Abschnitt befasst sich mit der Lean Six Sigma-Methode. Um ein fundiertes Verständnis über diese Methode zu erlangen, wird zunächst auf den historischen Hintergrund und die Elementzusammensetzung eingegangen. Im weiteren Verlauf werden die Kernelemente dieser Methode betrachtet, welche sich aus Six Sigma und Lean Management-Bausteinen zusammensetzen.

2.3.1 Klassifizierung und Beschreibung der Methode

Die Lean Six Sigma-Methode repräsentiert eine kooperative Vorgehensweise, welche die Elemente des Lean Managements und des Six Sigma-Ansatzes kombiniert, um sowohl die Produktivität als auch die Qualität zu verbessern. Durch die Vernetzung dieser beiden Ansätze wird eine ganzheitliche Methode abgebildet, deren Ziel es ist, durch eine gemeinsame Planung und Steigerung beider Aspekte eine höhere Leistung zu erzielen.⁹¹ Durch die gemeinsame Anwendung beider Konzepte soll eine Beeinflussung der Denkweise und Unternehmenskultur erreicht werden, die das Bewusstsein für Qualität fördert.⁹²

Nach WOMACK UND JONES bietet die Lean Management-Methode einen Ansatz, immer mehr mit weniger zu erreichen – weniger menschlicher Aufwand, weniger Materialien bzw. Betriebsmittel, weniger Zeit und weniger Platz bei gleichzeitiger Annäherung an die Bedürfnisse des Kunden.⁹³ Das Lean Management konzentriert sich damit hauptsächlich auf die Prozesse innerhalb von Unternehmen.

Die Kernidee des Lean-Ansatzes besteht darin, die Verantwortung für die Qualität auf die operativen Ebenen bzw. die Ausführenden zu übertragen. Dies führt zu einer Minimierung der Einbindung von hierarchischen Management- und Funktionsebenen.⁹⁴

91 Vgl. Niemann et al. (2021): 11.

92 Vgl. Waurick, T. (2014): 10 f.

93 Vgl. Womack und Jones (2003): 15.

94 Vgl. Sihh et al. (2016): 163 f.

Das Six Sigma-Management, welches auch als Null-Fehler-Management bezeichnet wird, stellt ein methodisches Konzept dar, welches auf die Steigerung der Effektivität und Produktivität abzielt. Die Mitarbeiter richten ihre Aktivitäten auf die erfolgreiche Beseitigung von identifizierten Fehlern aus, mit der Absicht, aus diesen Fehlern zu lernen und zukünftige Fehler zu vermeiden.⁹⁵ Dieser Ansatz beschreibt in erster Linie ein qualitätsverbesserndes Konzept, das sich auf die externen Erfolgsfaktoren wie bspw. die kundenorientierte Qualität ausrichtet. Innerhalb von Unternehmen wird dieser Erfolgsfaktor durch die Standardisierung von Prozessen und die Minimierung von Variationen erreicht, wodurch eine Null-Fehler-Qualität erzielbar wird.⁹⁶ Lean Management zielt somit darauf ab, Prozesse zu optimieren und zu vereinfachen, während Six Sigma sich auf die Erreichung von Prozessen und Produkten ohne Fehler konzentriert.⁹⁷

2.3.2 Kernelemente

Das Lean Six Sigma-Konzept hat eine Leistungsverbesserung durch die Einführung einer kundenorientierten Prozessgestaltung zum Ziel. Dies umfasst Maßnahmen zur Minimierung von Verschwendung, Verkürzung von Durchlaufzeiten und Erreichung einer Null-Fehler-Qualität. Der Nutzen für den Kunden liegt in der Bereitstellung von individuellen und *qualitativ* hochwertigen Produkten, die fehlerfrei und zu einem wettbewerbsfähigen *Preis* sowie innerhalb der vereinbarten *Lieferfrist* geliefert werden.⁹⁸

Die erfolgsversprechende Implementierung der Methode erfordert die Berücksichtigung der nachfolgenden Elemente (*Tabelle 2-1*) des Lean Six Sigma-Konzepts, die übereinstimmend als Kernelemente klassifiziert werden.

95 Vgl. Sihn et al. (2016): 275.

96 Vgl. Töpfer, A. (2009): 5.

97 Vgl. Töpfer, A. (2009): 3.

98 Vgl. Töpfer, A. (2009): 3.

Tabelle 2-1: Kernelemente von Lean Six Sigma⁹⁹

Kernelemente von Lean Six Sigma	
Lean Management	Maximierung in der Prozesswertschöpfung
	Kundenauswirkungen als Grundlage für gezielte Entscheidungsfindung
	Kontinuierliche Überprüfung und Optimierung der Handlung
Six Sigma	Integration von Six-Sigma und Lean Management-Werkzeugen mittels DMAIC-Zyklus
	Werkzeugschulung zur Methodenstärkung unter der Six Sigma-Struktur
	Projektauswahl und Zielsetzung basierend auf der Unternehmensstrategie

2.3.3 DMAIC-Zyklus

Der DMAIC-Zyklus (*Abbildung 2-7*) stellt ein unentbehrliches Werkzeug im Rahmen von Six Sigma-Projekten dar. Durch die Anwendung dieses Instruments wird sichergestellt, dass der zu verbessernde Prozess umfassend *definiert, analysiert, gemessen, optimiert* und *überwacht* wird.¹⁰⁰ Das Ziel des Zyklus besteht darin, das Gesamtproblem in kompaktere und transparentere Segmente zu zerlegen, um die Komplexität zu minimieren und Meilensteine zu definieren¹⁰¹, die erfüllt sein müssen, um den Start der nächsten Phase zu ermöglichen.¹⁰²

Die Anwendung erfolgt durch die Phasen *Define* (D), *Measure* (M), *Analyze* (A), *Improve* (I) und *Control* (C). Der Aufbau dieser Phasen gleicht einem zyklischen Prozess, welcher eine kontinuierliche Verbesserung gewährleistet.¹⁰³

⁹⁹ Eigene Darstellung vgl. Waurick, T. (2014): 11.

¹⁰⁰ Vgl. Dahm und Haindl (2011): 89.

¹⁰¹ Vgl. Waurick, T. (2014): 12.

¹⁰² Vgl. Dahm und Haindl (2011): 89.

¹⁰³ Vgl. Niemann et al. (2021): 11.

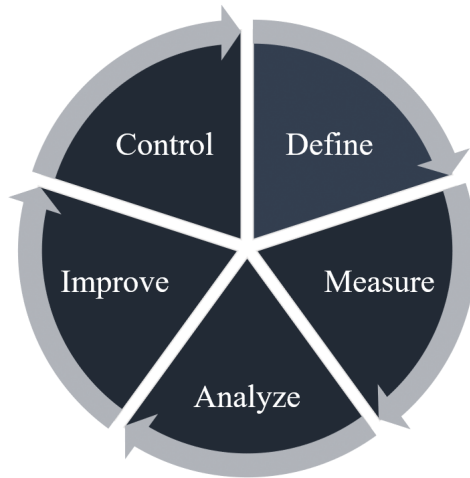


Abbildung 2-7: DMAIC-Zyklus¹⁰⁴

Das Ziel der *Define-Phase* besteht in der Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses hinsichtlich des Lean Six Sigma-Projekts und der Erstellung eines detaillierten Kundenprofils. Dazu werden die Ist-Situation analysiert und die Ziele des Projekts sowie das zu lösende Problem präzise definiert,¹⁰⁵ wobei sich die Zieldefinitionen insgesamt an den Unternehmenszielen orientieren müssen.

Die *Measure-Phase* beschreibt die zweite Phase, in welcher die Grundlage für die eigentliche Prozessoptimierung gelegt wird. Im Anschluss an die Problemdefinitionen werden kritische Messkriterien identifiziert und relevante Daten erhoben, um ein umfassendes Verständnis gegenüber dem Prozess zu erlangen.¹⁰⁶ Das Hauptziel dieser Phase markiert die Feststellung des Ist-Zustandes.¹⁰⁷

In der *Analyze-Phase* finden die Aufbereitung und Strukturierung der gesam-

104 Eigene Abbildung in Anlehnung an Dahm und Haindl (2011): 89; William B. Smith und Mikel J. Harry entwickelten 1986 Six Sigma bei Motorola [Vgl. Hutwelker, R. (2019): 9].

105 Vgl. Niemann et al. (2021): 12 f.

106 Vgl. Dahm und Haindl (2011): 90 f.

107 Vgl. Niemann et al. (2021): 13.

melten Measure-Daten statt. Dies erfolgt unter der Verwendung verschiedener mathematisch-statistischer Methoden, wobei eine exakte Unterscheidung zwischen Ursache- und Wirkungsgrößen unerlässlich ist.

In der *Improve-Phase* werden die gewonnenen Daten genutzt, um Ansätze zur Behebung der definierten Probleme zu entwickeln. Es ist von großer Bedeutung, dass alle Lösungsmöglichkeiten in Betracht gezogen werden. Die Ergebnisse dieser Phase beinhalten die Identifizierung von Lösungsansätzen für die Prozessdefizite und die detaillierte Beschreibung und Dokumentation der einzelnen Prozessschritte.

Ziel der letzten Phase, der *Control-Phase*, ist die Verifizierung der eingeführten Verbesserungen. In modifizierten Prozessen wird eine Überprüfung durchgeführt, um zu bestimmen, ob die eingeführten Verbesserungen die erwarteten Auswirkungen hervorgerufen haben.¹⁰⁸ Der Einsatz eines Prozessregelkreises (*Abbildung 2-1*) stellt eine erforderliche Maßnahme dar, um eine Überwachung der Prozessergebnisse zu gewährleisten. Auf diesem Wege werden Unstimmigkeiten $e(t)$ direkt erkannt und es können geeignete Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden, um die Regelabweichungen zu minimieren.

108 Vgl. Dahm und Haindl (2011): 92f.

3 Entwurf des strategischen Gestaltungsrahmens

Zu Beginn wird eine Einordnung der Anlaufstrategie im Anlaufmanagement vorgenommen. Anschließend werden die Herausforderungen und Ziele identifiziert, die charakteristisch für den Serienanlauf sind. Im Rahmen von Abschnitt 3.1.3 werden die Auswirkungen der Lean Six Sigma-Methode vorgestellt, die dazu dienen, die Herausforderungen des Anlaufs zu bewältigen. Der Abschnitt schließt mit der Präsentation des ‚Strategischen Hohlrads des Anlaufzielsystems‘, welches die drei Zieldimensionen mitsamt ihren Potenzialen verkörpert.

3.1 Strategisches Anlaufmanagement

Im Projektmanagement ist das ‚Magische Dreieck‘ essenziell, wobei *Kosten*, *Zeit* und *Qualität* die Eckpfeiler bilden.¹⁰⁹ Durch die Interpretation des Anlaufs als Projekt können die Ziele im Zieldreieck des Projektmanagements verkörpert werden.¹¹⁰ Nach DIN 69901-5 wird ein Projekt als ein Vorhaben beschrieben, das sich durch seine *Einmaligkeit, klare Zielvorgaben, zeitliche, finanzielle und personelle Begrenzungen, Abgrenzung von anderen Vorhaben sowie eine projektspezifische Organisationsstruktur* auszeichnet.¹¹¹

Gemäß WEINZIERL umfasst das *strategische Anlaufmanagement* sämtliche Aktivitäten im Produktentstehungsprozess (PEP), die notwendig sind, um frühzeitig Defizite in Bezug auf die *Produktreife* zu identifizieren. Eine gezielte Überwachung zur Gewährleistung der Meilensteine stelle dabei eine unerlässliche Voraussetzung dar.¹¹²

3.1.1 Ziele des strategischen Anlaufmanagements

Laut RISSE liegt das Hauptziel des Produktionsanlaufs darin, die Produktivität rasch auf das geplante Niveau zu steigern und dabei die geforderte Qualität

109 Vgl. Diethelm, G. (2000): 60.

110 Vgl. Winkler et al. (2007): 104.

111 Vgl. Hab und Wagner (2004): 23; DIN (2009b): 11.

112 Vgl. Weinzierl, J. (2006): 18 [Der Produktreifegrad umschreibt die Bewertung der Produktmerkmale anhand festgelegter Kriterien sowie die Ausgestaltung gemäß den vorgegebenen Anforderungen bis zur Serienreife vgl. Weinzierl, J. (2006): 21].

zu gewährleisten.¹¹³ Nach KUHN lässt sich die Gestaltung der Anlaufphase in zwei zentrale Ziele untergliedern: die 'Beherrschung des Anlaufs' und den Faktor 'Zeit'. Die 'Beherrschung des Anlaufs' wird als Stabilitätsfaktor und als Gewährleistung der Planungssicherheit definiert. Dieses Ziel setzt sich aus der ‚Reduzierung der Anlaufkosten‘ und der ‚Sicherstellung der Qualität des Endprodukts‘ zusammen.¹¹⁴ *Abbildung 3-1* gibt diese Zielgrößen wieder.

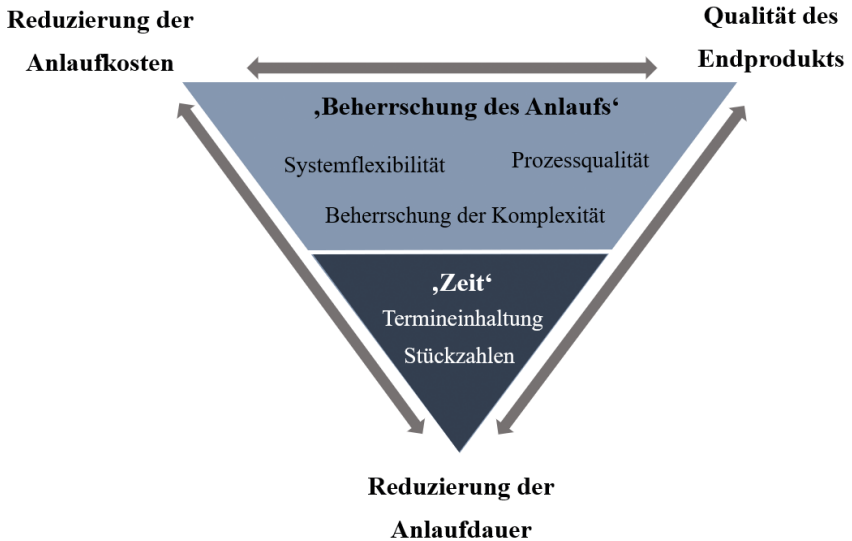


Abbildung 3-1: Zielgrößen des Anlaufs¹¹⁵

Die aufgezeigten Kernbereiche, die in die Dimensionen *Zeit*, *Qualität* und *Kosten* unterteilt werden können, stellen die treibenden Faktoren im Anlaufprozess dar. Es ist unabdingbar, diese Bereiche präzise zu spezifizieren, um durch die Anwendung der Lean Six Sigma-Methode komplementäre Ziele zu erreichen und damit eine Optimierung dieser Zielfaktoren zu ermöglichen.

Die Anlaufzeit wird als Zeitraum definiert, der sich vom Beginn der Vorselektion bis zum Ende der Hochlaufphase erstreckt. Die *Reduzierung der Anlauf-*

¹¹³ Vgl. Risse, J. (2003): 54.

¹¹⁴ Vgl. Kuhn (2002): 3f.

¹¹⁵ Eigene Abbildung in Anlehnung an Kuhn (2002): 4 (Abbildung 1).

zeit bezieht sich auf die strategische Relevanz eines richtigen Markteintritts sowie die Notwendigkeit eines marktspezifischen Angebots für den Produkt-erfolg.

Eine Verkürzung der Anlaufzeit ermöglicht auf diesem Wege eine frühzeitige Einführung des Produkts in den Markt, sodass Umsatzerlöse zu einem früheren Zeitpunkt entstehen und somit die Erreichung des Break-Even-Punkts beschleunigt wird.¹¹⁶ Die Erreichung dieses Zieles ist abhängig von ergebnis-bezogenen Zielen, wie der Sicherstellung der Produktqualität und der Erreichung der gewünschten Produktionsmengenleistung. Die Grundlage dieser Ziele wird durch die Qualität des Produktionssystems geschaffen, welche sich aus prozessbezogenen Zielen zusammensetzt.¹¹⁷

Der zweite Kernbereich umfasst die *Beherrschung des Anlaufs*. Wie erwähnt, können hierbei zwei Bereiche unterschieden werden: die *Reduzierung der Anlaufkosten* und die *Sicherstellung der Qualität des Endprodukts*.

Anlaufkosten entstehen im Zusammenhang mit anlaufbedingten Anforderungen in den Bereichen: Beschaffung, Produktion und Administration. Diese entstehenden Aufwendungen umfassen unter anderem die Herstellung der Vorserie, die Qualifikation von Personal im Hinblick auf den Anlauf sowie erhöhte Personal- und Materialkosten. Eine Minimierung der Anlaufkosten hat eine Steigerung der Investitionsrentabilität zum Ziel.¹¹⁸ *Qualität* ist in der heutigen Industriegesellschaft und in einer Marktwirtschaft ein Konzept, das keiner eindeutigen Definition unterliegt. Es wird in verschiedenen Zusammenhängen verwendet, wobei die beabsichtigte Bedeutung stark variieren kann. Qualität ist das vom Unternehmen festgelegte Leistungs-niveau, das es erbringen muss, um die Wünsche und Bedürfnisse seiner Kunden zu erfüllen.¹¹⁹

Gemäß DIN EN ISO 9000 wird Qualität als „Grad, in dem ein Satz inhären-ter Merkmale Anforderungen erfüllt“, bezeichnet.¹²⁰ Anforderungen werden

116 Vgl. Nagel, J. (2011): 32 f.

117 Vgl. Lanza, G. (2005): 58.

118 Vgl. Nagel, J. (2011): 32 f.

119 Vgl. Sihn et al. (2016): 232 f.

120 Vgl. Jung et al (2021): 5; Ngo, Q.H. (2021): 21; DIN EN ISO 9000: 39.

im Sinne dieser Bezeichnung als „eine vorausgesetzte bzw. verpflichtende Erwartung“ verstanden.¹²¹

Um die geforderte Produktqualität zu gewährleisten, sind sowohl eine hochwertige Prozessqualität als auch eine effiziente Organisationsqualität erforderlich. Durch stabile und leistungsfähige Prozesse kann die Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte sichergestellt werden. Produkte, die fehlerhaft sind oder nicht die gesetzten Anforderungen erfüllen, führen zu erhöhten Kosten wie bspw. Nacharbeitskosten und Kosten für Ausschuss-erzeugnisse. Darüber hinaus hat die Produktion von fehlerhaften Produkten eine negative Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit und kann zu einem Rückgang der Auftragslage führen.¹²²

3.1.2 Herausforderungen des Anlaufprozesses

Die Gestaltung des Anlaufprozesses ist mit Herausforderungen verbunden. Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht dabei der Umgang mit der Komplexität sowie der Intransparenz. Die Komplexität im Anlaufprozess wird durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren, (*Tabelle 3-1*) *Produktionselementen* sowie deren Wechselbeziehungen bestimmt.¹²³

121 Vgl. Ngo, Q. H. (2021): 21.

122 Vgl. Nagel, J. (2011): 35.

123 Vgl. Nagel, J. (2011): 36.

Tabelle 3-1: Einflussgrößen des Anlaufs¹²⁴

Einflussgrößen	Auswirkungen auf den Anlaufprozess
Innovationsgrad	<ul style="list-style-type: none"> • Neuentwicklungen mit veränderter Fertigungsstruktur • Neuentwicklungen mit ähnlicher Fertigungsstruktur • Weiterentwicklungen von Baugruppen und Bauteilen
Grad der Prozess- und Produktkomplexität	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und Vielfalt der Bauteile • Konstruktive Zusammensetzung • Schwierigkeitsgrad der Montageprozesse • Kompliziertheit der technischen Anlagen • Überschaubarkeit des konstruktiven Aufbaus • Informations- und kommunikationstechnisches Niveau
Produktionsvorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeitermotivation • Technologische Reife des Produkts und der Prozesse • Qualität und Verfügbarkeit der konstruktivtechnologischen Produktdokumentation
Qualitatives Arbeitsvermögen	<ul style="list-style-type: none"> • Qualifikation und Arbeitsreife der Mitarbeiter • Erfahrungen mit Anlaufsituationen
Ablaufbeherrschung	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau- und ablauforganisatorische Regelungen • Niveau der Instandhaltung

In der Phase des Anlaufs ist die Komplexität der Organisation von besonderer Relevanz. Die Vielzahl von Schnittstellen, beteiligten Akteuren und Organisationseinheiten bilden eine anspruchsvolle Struktur, welche erfolgreich bewältigt werden muss. Die Komplexität ist eng mit der Intransparenz des Anlaufprozesses verknüpft, was die Nachvollziehbarkeit für die Prozessabläufe beeinträchtigt. Diese Intransparenz resultiert aus einer Vielzahl von Faktoren (Abbildung 3-2).

¹²⁴ Eigene Darstellung in Anlehnung an Risse, J. (2002): 155; Nagel, J. (2011): 37.

Intransparenz
im Anlaufprozess

- Unbestimmtheit in Planungs- und Entscheidungssituation durch unzureichende Berücksichtigung aller Faktoren
- Unvollständige Kenntnisse über die Systemstruktur sowie Ablauf und Aufbauorganisation
- Zunahme der Einflussfaktoren und somit der Komplexität
- Fehlende Informationen aufgrund eines unvollständigen Datenbestands

Abbildung 3-2: Intransparenz im Anlaufprozess ¹²⁵

Es kann zusammengefasst werden, dass die Auswirkungen einer nicht bewältigten Komplexität und Intransparenz im Anlaufprozess eine verlängerte Anlaufzeit sowie eine mangelnde Produktqualität zur Folge haben können. Die Komplexität wird durch vielfältige Faktoren bestimmt und erfordert eine detaillierte Analyse, um das organisatorische Geschehen möglichst weitestgehend verstehen sowie gestalten und steuern zu können. Intransparenz lässt sich aufgrund der diversen beschriebenen Faktoren als eine undurchsichtige Gesamtsituation erklären, in der das Treffen von gezielten Entscheidungen von zahlreichen Wirkbeziehungen abhängig ist.

3.1.3 Auswirkungen von Lean Six Sigma

Die Ziele, die durch die Anwendung der Lean Six Sigma-Methodenkombination angestrebt werden, sind generell klar definiert (s. *Abschnitt 2.3.2*). Trotzdem gibt es unterschiedliche Ansätze für die Anwendung dieser Methode und bisher fehlt ein allgemein geltendes Standardvorgehen. Es ist in der Fachliteratur jedoch weithin anerkannt, dass eine umfassende Integration von Lean Management und Six Sigma, einschließlich ihrer Werkzeug- und Kernelementkombinationen, die größten Vorteile ermöglicht. ¹²⁶

Die Methoden von Lean Six Sigma konzentrieren sich auf die Optimierung der Zieldimensionen *Kosten*, *Zeit* und *Qualität*. Diese Wirkung kann durch ein Zieldreieck (*Abbildung 3-3*) visualisiert werden, wobei die markanten Ziel-

¹²⁵ Eigene Darstellung vgl. Nagel, J. (2011): 37 f

¹²⁶ Vgl. Waurick, T. (2014): 8.

überschneidungen zum Anlaufprozess deutlich werden. Die Ziele beinhalten die *Reduzierung von Verschwendung* und die *Verkürzung von Durchlaufzeiten* bei gleichzeitiger *Erreichung einer minimalen Streuung* der Produktion.¹²⁷

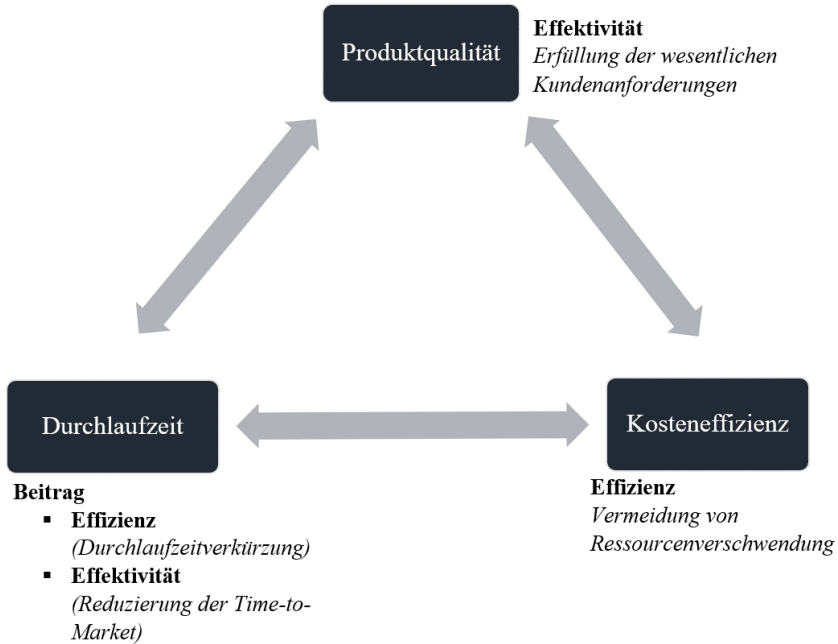


Abbildung 3-3: Lean Six Sigma-Zieldreieck¹²⁸

Die *Qualität* repräsentiert einen zentralen internen Werttreiber und einen externen Faktor hinsichtlich des Erfolgs im Rahmen der *Six Sigma*-Methode, wobei der Fokus auf der Befriedigung der relevanten Kundenanforderungen liegt.

127 Vgl. Waurick, T. (2014): 7; Streuung beschreibt die Abweichung vom Toleranzmittelwert und des Kundenwunsches.

128 Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Töpfer, A. (2009): 4 (Abb.1); Niemann et al. (2021): 12 (Abb.3.1).

Das *Zeitkriterium* ist ein wichtiger Werttreiber und Erfolgsfaktor im *Lean Management*. Dies wird durch den Anstieg an Produktivität und Wirtschaftlichkeit deutlich, welcher auf die Einführung von ressourcenschonenden Prozessen zurückzuführen ist. Neben der eigentlichen Zeiteinsparung werden darüber hinaus auch Sachmittel und Personalressourcen geschont. Im Rahmen des Lean Managements wird somit der Schwerpunkt auf die internen Prozesse gelegt.

Die *Beseitigung von Verschwendung* führt zu einer verbesserten *Durchlaufzeit*, welche den externen Erfolgsfaktor ‚*Lieferzeit für den Kunden*‘ positiv beeinflusst. Darüber hinaus resultieren die Auswirkungen von Qualitätsverbesserungen und Zeitoptimierungen in *Kosteneinsparungen*, da hierdurch die Minimierung unnötiger Ressourcenverschwendung erreicht wird.

Das Ziel der Lean Six Sigma-Methode ist folglich: Defizite in der Prozessgestaltung aus Kundensicht so frühzeitig und umfassend wie möglich zu erkennen, um durch nachhaltige Verbesserungsmaßnahmen sowohl die Kundenzufriedenheit als auch die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens zu steigern. Lean Six Sigma verbindet in diesem Zusammenhang die Perspektive des Kunden mit jener des Unternehmens.¹²⁹ Zur Optimierung des Anlaufprozesses im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist die Etablierung einer nachhaltigen Prozessoptimierung (*Tabelle 3-2*) notwendig. Diese Verbesserungen werden auf Basis von Lean Six Sigma-Werkzeugen umgesetzt und bilden einen Teil des Gesamtkonzepts, welches den Anlaufprozess begleitet und standardisiert.

129 Vgl. Töpfer, A. (2009): 3 ff.

Tabelle 3-2: Nachhaltige Prozessoptimierung¹³⁰

Nachhaltige Prozessoptimierung	
Lean Management	<p>Ziel: Messung von Komplexität und Verschwendung in Prozessen, → Wertverlust identifizieren und reduzieren</p> <p>Resultat: Verkürzung der Durchlaufzeit, Kosteneinsparung durch standardisierte und schlanke Prozesse</p>
Six Sigma	<p>Ziel: Messung von Abweichungen der wesentlichen Kundenanforderungen → Differenz nachvollziehen, reduzieren und kontrollieren</p> <p>Resultat: Steigerung der Qualität, Verkürzung der Durchlaufzeit, Kosteneinsparungen durch standardisierte fehlerfreie Prozesse und Produkte</p>

3.2 Strategisches Hohlrاد des Anlaufzielsystems

Die Dimensionen Zeit, Qualität und Kosten repräsentieren die strategischen Ziele, die die fortwährende Wettbewerbsfähigkeit in der Automobilindustrie sicherstellen. Im Rahmen des Serienanlaufs definieren diese Zielgrößen den festen Handlungsrahmen (*Abbildung 3-4*), den das Anlaufmanagement bei Entscheidungen beachten muss, um nachhaltige Ergebnisse zu erzielen. Die getroffenen Zielmaßnahmen können allerdings sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die anderen Ziele haben. Alle Ziele stehen somit in einer interdependenten Beziehung, die verstärkende wie auch abschwächende Effekte aufweisen kann.¹³¹

Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich mit den Zielgrößen und deren Bestandteilen im Rahmen des strategischen Anlaufmanagements. Sie stellen die Grundlage für die Skizzierung einer Anlaufstrategie dar, welche

¹³⁰ Eigene Abbildung in enger Anlehnung an Töpfer, A. (2009): 8 (Abb.4).

¹³¹ Vgl. Nagel J. (2011): 81.

als Rahmenkonstrukt für die vorliegende Arbeit fungiert. Die Strategiebildung erfolgt aus der Sicht der drei Zielgrößen und umfasst Maßnahmen und Entscheidungen, die die Gestaltung der Anlaufstrategie bestimmen.

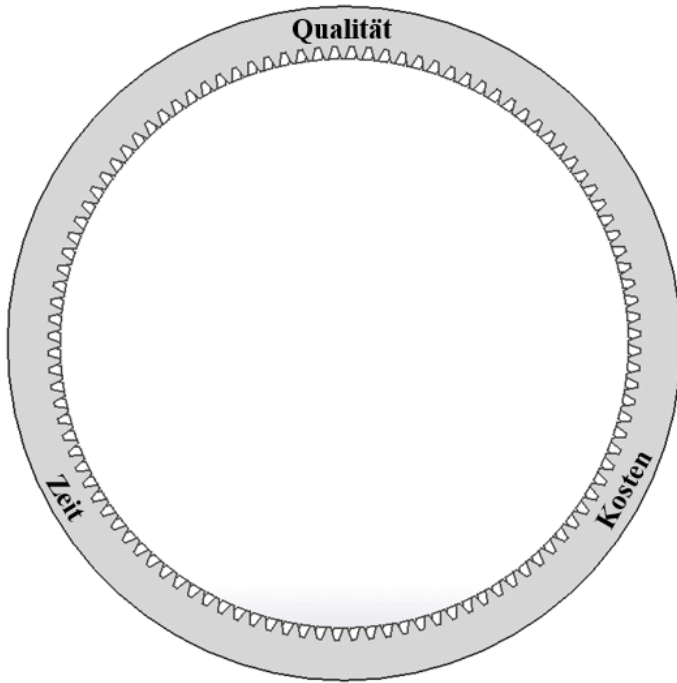


Abbildung 3-4: Strategisches Hohlradsystem des Anlaufzielsystems (eigene Darstellung)

3.2.1 Zeit

Eine auf den Zeitwettbewerb ausgerichtete Strategie verfolgt das Ziel, langfristige Wettbewerbsvorteile gegenüber Mitbewerbern zu schaffen und zu sichern. Dies soll durch die gezielte Steigerung von Effizienz und Effektivität der Unternehmensprozesse mittels einer Fokussierung auf den Zeitfaktor erreicht werden.¹³² Der Produktentstehungsprozess kann durch die zwei prägnanten Zeitpunkte, den Produktionsentwicklungsbeginn und den Zeitpunkt der Markteinführung, zeitlich abgebildet werden. Diese beiden Ereignisse markieren den Zeitrahmen für die Produktentstehung, welcher auch als Time-to-Market bezeichnet wird.¹³³ In der Automobilindustrie kann durch eine bewusste Nutzung dieses Zeitfaktors eine strategische Flexibilität erreicht werden, die neue Wettbewerbsvorteile ermöglicht.¹³⁴ Die nachfolgende Tabelle (*Tabelle 3-3*) visualisiert die Potenziale, die durch eine strategische Verwendung des Zeitfaktors in der Automobilindustrie erreicht werden können.

132 Vgl. Risse, J. (2002): 38.

133 Vgl. Risse, J. (2002): 18.

134 Vgl. Risse, J. (2002): 60.

Tabelle 3-3: Zeitpotenziale im Anlauf¹³⁵

Potenziale	Beschreibung	Anlaufeffekt
Erhöhung der Produktqualität	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung temporärer, interdisziplinärer Entwicklungsteams für effizientere und effektivere Zusammenarbeit • die Qualität zu erhöhen und Time-to-Market zu beschleunigen 	Einbeziehung von interdisziplinären Teams ab Vorserie
Timing-Strategien	<ul style="list-style-type: none"> • Temporäre Monopolposition aufgrund der Einführung eines neuen Produkts • Schaffung einer Markteintrittsbarriere für Mitbewerber durch die Senkung des Angebotspreises auf ein unrentables Niveau 	Sicherstellung eines stabilen Produktionsprozesses sowie einer schnellen Erreichung der Kammlinie
Steigerung des Umsatzes	<ul style="list-style-type: none"> • Position als Marktpionier erlaubt ein längeres Anbieten des Produkts auf dem Markt • Zeit- und Absatzvorteil ist umso wichtiger, je kürzer die Produktlebenszyklen werden 	Schnelle Erreichung der Kammlinie, um höhere Preise durchzusetzen
Reduzierung der Herstellkosten	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierte Zusammenarbeit kann zu einer Senkung der Herstellungskosten führen • Qualitätskontrolle von Anfang an zur Fehlerminimierung und Ausschussreduktion 	Schnellere Lernprozesse in der Anlaufphase durch Integration von Fertigungsmitarbeitern

¹³⁵ Eigene Darstellung vgl. Risse, J. (2002): 60-66; Nagel J. (2011): 86.

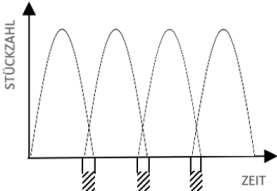
3.2.2 Qualität

Aus der Perspektive des *Produktionsprozesses* bezieht sich ‚Qualität‘ auf die Erfüllung definierter *Produktspezifikationen*.¹³⁶ Bei der Markteinführung neuer Produkte ist es erforderlich, produktpolitische Entscheidungen zu treffen, welche den Anlaufprozess beeinflussen.¹³⁷ Im Verlauf dieses Abschnitts wird eine produktpolitische Strategie aufgegriffen, welche verschiedene Gestaltungsfelder der Produktpolitik einbezieht und zu einem ganzheitlichen AnlaufszENARIO zusammenfügt. Das AnlaufszENARIO beinhaltet folgende Komponenten (*Tabelle 3-4*):

136 Vgl. Jung et al. (2021): 6.

137 Vgl. Nagel, J. (2011): 91.

Tabelle 3-4: Anlaufszenario als produktpolitische Strategie¹³⁸

Komponenten	Erläuterung	Vorteile
Gestaffelte Markteinführung		<ul style="list-style-type: none"> • Vergangene Anlaufferfahrungen sind besser nutzbar • Zeitliche Staffelung erlaubt Übertragung von Lerneffekten • Ablaufstandardisierung möglich
Modularisierung	<ul style="list-style-type: none"> • Ansatzpunkt für den Umgang mit der Variantenvielfalt • Baugruppen und Bauteile werden zu Modulen zusammengefasst 	<ul style="list-style-type: none"> • Erleichtertes Teilehandling durch Reduzierung der Teilemenge • Komplexitätsabbau ohne Reduzierung der Variantenvielfalt
Standardisierung	<ul style="list-style-type: none"> • Innerbetriebliche Normung von Bauteilen • Bildung von Teilefamilien 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimierung der Produktkomplexität • Erhöhung der Kompatibilität von Baugruppen und Einzelteilen
Integration der Produkt- und Prozessentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Enge Zusammenarbeit aller Entwicklungsprozessbeteiligten • Ziel ist die positive Beeinflussung der drei Zieldimensionen • Frühzeitige Abstimmung von Produkt- und Produktionsprozessen 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung von Kundenwünschen • Örtliche Zusammenlegung unterschiedlicher Abteilungen ermöglicht eine kostengünstige und effiziente Kommunikation

138 Eigene Darstellung vgl. Nagel, J. (2011): 92-107.

3.2.3 Kosten

Die Zielgröße ‚Kosten‘ bezieht sich auf alle relevanten Größen, die in der Kalkulation berücksichtigt werden.¹³⁹ Das oberste Ziel des produktbezogenen Kostenmanagements besteht darin, die Kosten während des gesamten Produktlebenszyklus zu minimieren. Eine optimale Zuweisung der Anlaufkosten auf die Gesamtlebenszykluskosten stellt jedoch eine Herausforderung dar, da eine alleinige Betrachtung der internen Kosten, die während der verschiedenen Phasen des Anlaufs anfallen, ineffizient ist. Dies erfolgt unter der Tatsache, dass auch Verzögerungen und qualitative Abweichungen, die aus der Anlaufphase resultieren, direkte und indirekte Auswirkungen auf die Kosten des Serienanlaufs haben können.¹⁴⁰ Aus der vorliegenden Ausgangssituation können nach PETERS und HOFSTETTER drei Ansatzpunkte (*Tabelle 3-5*) für Anlaufstrategien abgeleitet werden:

Tabelle 3-5: Kostenansatzpunkte für Anlaufstrategien¹⁴¹

Ansatzpunkt	Inhalte
Integration der Anlaufkosten in die Produktlebenszykluskostenrechnung <i>(Product-Life-Cycle-Costing)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenmanagement beginnt in einer frühen Phase der Produktentwicklung • Substitutionsmöglichkeiten zwischen Vorlaufkosten sowie Herstell- und Nachlaufkosten
Einsatz von ‚Frontloading‘-Konzepten	<ul style="list-style-type: none"> • Methode für die effektive Steuerung der Anlaufkosten • frühzeitige Identifikation und Behebung von Problemen im Entwicklungsprozess, um Folgekosten zu reduzieren
Aufbau von Vertrauen mit Supply-Chain-Partnern	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel ist eine gemeinschaftliche Entwicklung und Einführung einer Anlaufprozesskostenrechnung • Prozesskostenrechnung verfolgt eine verbesserte Kostentransparenz im Serienanlauf • Systematische Erfassung betroffener Prozesse und Identifikation von Kostentreibern

¹³⁹ Vgl. Kletti und Schumacher (2011): 126.

¹⁴⁰ Vgl. Schuh et al. (2008): 18.

¹⁴¹ Eigene Darstellung vgl. Peters und Hofstetter (2008): 18 f.

4 Konzeption des modularen Methodenbaukastens

Mit dem Blick auf die Zielsetzung der Arbeit beschäftigt sich dieses Kapitel mit der Erstellung des modularen Methodenbaukastens auf Basis der Lean Six Sigma-Methode. Die dargelegten Grundlagen aus **Kapitel 2** begründen die inhaltlichen Anforderungen an die verschiedenen Methodenbausteine, die als notwendige Voraussetzung für die Entwicklung der Module dienen. Die nachfolgende Thematisierung der Module erfolgt in *Abschnitt 4.3*.

4.1 Aufbau des Methodenbaukastens

Die Struktur des Baukastens orientiert sich an vier Bausteinen. Das *übergeordnete Ziel* des Baukastens ist eine proaktive sowie reaktive Beeinflussung des Serienanlaufs in der Automobilindustrie, indem durch die Integration der drei Produktionselemente (*Prozess, Montageorganisation und Produkt*), des Zeitmoments und der adäquaten Auswahl von Lean Six Sigma-Werkzeugen ein ganzheitlicher Effekt abgebildet wird (*Abbildung 4-1*).

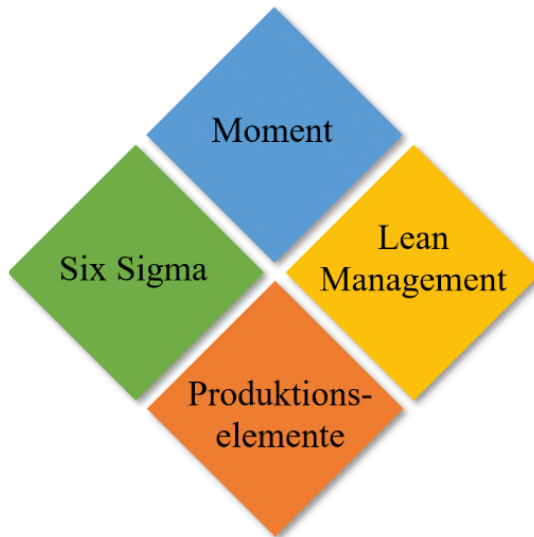


Abbildung 4-1: Zusammensetzung des Methodenbaukastens (eigene Darstellung)

Der ‚*Moment*-Baustein‘ markiert den expliziten Zeitabschnitt im Serienanlaufprozess. Der Anlauf wird durch seine drei charakteristischen Phasen geprägt, die jeweils spezifische Herausforderungen und Ziele aufweisen. Diese Rahmenbedingungen definieren die notwendigen Voraussetzungen, um eine erfolgreiche Anwendung der Lean Six Sigma-Werkzeuge zu gewährleisten. Die Aufgabe des ‚*Six Sigma*-Bausteins‘ beschreibt die Identifizierung und Reduzierung von Fehlerquellen im Anlauf mittels ausgewählter Werkzeuge. Der ‚*Lean Management*-Baustein‘ repräsentiert Methoden aus dem Lean Management, die die Produktionselemente im Serienanlauf positiv beeinflussen und auf eine Steigerung der Wertschöpfung abzielen. Der ‚*Produktionselemente*-Baustein‘ setzt sich aus den drei Gestaltungselementen *Prozess*, *Organisation* und *Produkt* zusammen, die den Einflüssen der Lean Six Sigma-Werkzeugen (Tabelle 4-1, 4-2 und 4-3) unterliegen.

4.2 Lean Six Sigma-Werkzeuge

Die Integration der Lean Six Sigma-Werkzeuge, die auf Six Sigma, Lean Management und Design for Six Sigma (DFSS) basieren, erfolgt durch die Anwendung der Methodenkombination. Zur Vereinfachung und für eine präzisere Darstellung werden Design for Six Sigma und Six Sigma im Baustein ‚*Six Sigma*‘ zusammengefasst (Abbildung 4-1). Die Tabellen 4-1, 4-2 und 4-3 erläutern die spezifischen Werkzeuge und ordnen sie den einzelnen Phasen des DMAIC-Zyklus zu.

Tabelle 4-1: Six Sigma-Werkzeuge (eigene Darstellung)

Six Sigma - Werkzeuge
<p>VOC (<i>Voice of the Customer</i>), Define-Phase</p> <p>Die ‚Stimme des Kunden‘ stellt einen wichtigen Aspekt der Kundenorientierung dar und ist ein fundamentaler Bestandteil der Six Sigma-Methode.¹⁴² Die Erhebung der internen und externen Kundeninteressen erfolgt bspw. durch Marktanalysen.¹⁴³</p>
<p>CTQ (<i>Critical to Quality</i>), Measure-Phase</p> <p>CTQ-Faktoren werden aus VOC abgeleitet und zeigen auf, welche Produkteigenschaften die Kaufentscheidung entscheidend beeinflussen, um ausschließlich kundenrelevante Produktmerkmale anzubieten.¹⁴⁴</p>
<p>SPC (<i>Static Process Control</i>), Control-Phase</p> <p>Für kritische CTQs werden adäquate Messgrößen definiert und nachfolgend mittels SPC überwacht. Reaktionspläne legen dar, wie bei Prozessabweichungen zu handeln ist. Durch Regelkarten wird eine kontinuierliche Überwachung der CTQs im laufenden Prozess gewährleistet.¹⁴⁵</p>

Tabelle 4-2: Lean Management-Werkzeuge (eigene Darstellung)

Lean Management - Werkzeuge
<p>TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>), Improve-Phase</p> <p>Die Rüstzeitenminimierung wird durch die Implementierung einer präventiven Anlagen- und Maschinenwartung erreicht.¹⁴⁶ Mittels des Einsatzes autonomer Wartung wird das Ausfallrisiko von Maschinen reduziert und die Geschwindigkeit der Instandhaltung gesteigert.¹⁴⁷</p>
<p>VSM (<i>Value Stream Mapping</i>), Measure-Phase</p> <p>Die Wertstromanalyse hat eine transparente Abbildung der Prozesse zum Ziel, damit Verschwendung reduziert und die Produktionsreaktionsfähigkeit gesteigert werden kann. Dabei steht die Optimierung der Durchlaufzeiten bei einem gleichzeitigen Anheben der Flexibilität im Vordergrund.¹⁴⁸</p>

142 Vgl. Dahm und Haindl (2011): 85.

143 Vgl. Waurick, T. (2014): 14.

144 Vgl. Dahm und Haindl (2011): 86.

145 Vgl. Töpfer, A. (2009): 85 f u. 124.

146 Vgl. Töpfer, A. (2009): 37.

147 Vgl. Niemann et al. (2021): 74.

148 Vgl. Niemann et al. (2021): 131.

SMED (*Single Minute Exchange of Dies*), **Improve-Phase**

Eine schlanke und effizient gestaltete Produktion definiert sich über kurze Umrüstzeiten der Maschinen. Die Rüstzeit beschreibt die Zeitspanne zwischen zwei Produktionsaufträgen. Um die Produktionsausfallzeit zu minimieren, wird ein Werkzeugwechsel in einer einstelligen Minutenzahl angestrebt.¹⁴⁹

5W-Methode, **Improve-Phase**

Die 5W-Methode stellt eine unkomplizierte Methode zur vertieften Problemanalyse dar. Dazu wird ein Problem fünfmal hintereinander mit der Frage ‚Warum?‘ untersucht, um auf die Kernursache eines Problems vorzudringen.¹⁵⁰

5S-Methode, **Improve-Phase**

Systematische Vorgehensweise zur Strukturierung, Aufräumung und Sauberhaltung von Arbeitsplätzen. Diese Vorgehensweise trägt zur Standardisierung und Visualisierung bei und besitzt einen positiven Einfluss auf die Mitarbeitermotivation und Produktqualität.¹⁵¹

Poka-Yoke (dt. ‚Irrtum ausgeschlossen‘), **Improve-Phase**

Anhand eines geeigneten Prozessdesigns werden, insbesondere in der Montage, Fehler vermieden. Die Vermeidung von Fehlerquellen ist ausschlaggebend, da ohne Fehlerquellen keine Fehler entstehen können. Aufgrund von obsoleter Nacharbeit können Durchlaufzeiten verringert werden.¹⁵²

Kaizen (*Wandel zum Besseren*), **Improve-Phase**

Das ‚Streben nach Perfektion mit KVP‘ beschreibt das Ziel langfristig alle Formen von Verschwendungen zu beseitigen und zu vermeiden. Dazu werden alle Mitarbeiter einbezogen, wobei auf viele kleine Prozessverbesserungen abgezielt wird.¹⁵³

149 Vgl. Töpfer, A. (2009): 36 f.

150 Vgl. Jung et al. (2021): 55.

151 Vgl. Töpfer, A. (2009): 37.

152 Vgl. Niemann et al. (2021): 63; Töpfer, A. (2009): 38.

153 Vgl. Niemann et al. (2021): 2; Töpfer, A. (2009): 114.

Tabelle 4-3: Design for Six Sigma-Werkzeuge (eigene Darstellung)

DFSS (Design for Six Sigma) - Werkzeuge

DMFA (Design for Manufacturing and Assembly), Design-Phase

Durch eine weitsichtige Produktentwicklung können Bauteile vereinfacht und montagefreundlich gestaltet werden, um eine fehlerfreie Montage im Serienprozess sicherzustellen. Diese Methode findet ihre Anwendung in der Design-Phase des DMADV-Zyklus, welcher speziell für die Anforderungen im F&E-Bereich ausgelegt ist.¹⁵⁴

QFD (Quality Function Deployment), Define-Phase

Übersetzung der ‚Stimme des Kunden‘ in die ‚Sprache des Ingenieurs‘. Innerhalb eines begrenzten Zeitrahmens wird eine integrierte Produktentwicklung für kundenspezifische und qualitativ hochwertige Produkte durchgeführt. Mittels QFD wird die ‚Stimme des Kunden‘ in die technische Produkt- und Prozessgestaltung übertragen.¹⁵⁵

DOE (Design of Experiments), Analyze-Phase

Mittels gezielter Versuche werden Wirkbeziehungen und Einflüsse auf die Qualität ermittelt,¹⁵⁶ um sicherzustellen, dass die gestellten Anforderungen auf einem möglichst fehlerfreien Niveau erreicht werden.¹⁵⁷

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), Analyze-Phase

Ein systematisches präventives Verfahren zur Identifikation und Behebung von potenziellen Fehlern und deren Ursachen in der Produkt- und Prozessentwicklung. Die Durchführung erfolgt in der Anfangsphase der Entwicklung sowie in der Serienproduktion.¹⁵⁸ Mögliche Fehler und deren Folgen werden im frühen Stadium erkannt.¹⁵⁹

154 Vgl. Töpfer, A. (2009): 70 u. 83.

155 Vgl. Töpfer, A. (2009): 80 u. 83.

156 Vgl. Waurick, T. (2014): 48.

157 Vgl. Töpfer, A. (2009): 175.

158 Vgl. Jung et al. (2021): 111.

159 Vgl. Töpfer, A. (2009): 83.

4.3 Lean Six Sigma-Module

Ein Projekt lässt sich eindeutig in die verschiedenen Phasen des DMAIC-Zyklus unterteilen, wobei die Ziele der einzelnen Phasen standardisiert festgelegt sind. In der Fachliteratur besteht jedoch Unklarheit hinsichtlich der Werkzeuge, die in den einzelnen Phasen zum Einsatz kommen sollten, da die Anwendung der Lean Six Sigma-Werkzeuge problemabhängig ist.¹⁶⁰ Diese Problematik soll in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen und es soll ein Lösungspfad mittels vier Lean Six Sigma-Module (*LSS-Module*) aufgezeigt werden. Die LSS-Module (*Abbildung 4-2*) repräsentieren die zusammengesetzten Methodenbaukästen, die sich auf die drei Phasen des Anlaufs beziehen: Vorserie (*VoS-Modul*), Nullserie (*NuS-Modul*) und Hochlauf (*HoL-Modul*). Das vierte Modul (*KVP-Modul*) stellt einen kontinuierlichen Parallelprozess dar. Das ‚Projekt‘ der vorliegenden Arbeit orientiert sich an der Zieldefinition, eine Optimierung des Anlaufprozesses in qualitativer und quantitativer Hinsicht zu erzielen. Die einzelnen LSS-Module verkörpern eine zielgerichtete Anordnung von LSS-Werkzeugen, die proaktiv sowie reaktiv auf die *Endmontage* in der Automobilindustrie einwirken. Das VoS-Modul (*Tabelle 4-2*), das NuS-Modul (*Tabelle 4-3*) sowie das HoL-Modul (*Tabelle 4-4*) verkörpern in dieser Anordnung ‚*Planetenräder*‘. Das KVP-Modul (*Tabelle 4-5*) wird als ‚*Sonnenrad*‘ symbolisiert und stellt einen eigenständigen Phasenprozess im gesamten Serienanlauf dar, der die drei umliegenden *Planetenräder* durch beständige Verbesserungen ‚*am Laufen*‘ hält.

¹⁶⁰ Vgl. Waurick, T. (2014): 12f.

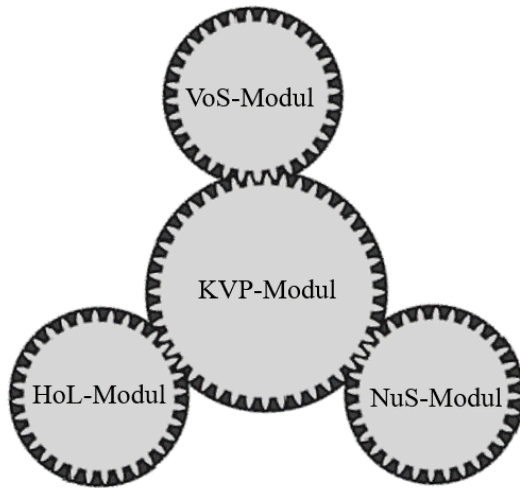


Abbildung 4-2: *Lean Six Sigma-Kompletzmodul (eigene Darstellung)*

4.3.1 VoS-Modul

Das VoS-Modul fokussiert die Vorserienphase, in der eine frühzeitige Integration der operativen Produktionsmitarbeiter, das Testen von Montageabläufen und Prüfmitteln sowie die Überprüfung der Montage und der Prozesse zur Früherkennung von Problemen erfolgt. Mithilfe ausgewählter LSS-Werkzeuge wird der Einfluss auf die Produktionselemente analysiert, um effektive Optimierungsansätze zu identifizieren.

Tabelle 4-4: VoS-Modul (eigene Darstellung)

Bausteine	Erklärung
<p>„Moment“ Vorserie</p>	<p>Frühzeitige Einbindung der Mitarbeiter aus der operativen Produktionsebene¹⁶¹</p> <p>Testen von Montageabläufen und Prüfmitteln zur Informationsgewinnung über Werkzeug-, Material- und Werkzeugverhalten¹⁶²</p> <p>Prüfung der Montage sowie der Prozesse zur Problemfrüherkennung¹⁶³</p>
<p>Six Sigma</p>	<p>DMFA, VOC-CTQ¹⁶⁴, QFD, FMEA</p>
<p>Lean Management</p>	<p>TPM</p>
<p>Begründung/ Auswirkungen auf die Produktionselemente</p>	<p style="text-align: center;">Prozess</p> <p>DMFA; das Einwirken sowie die Rücksprache der Produktentwicklung, hinsichtlich der erworbenen Kenntnisse über das Bauteilverhalten in der Montage, begünstigt den Änderungsprozess von montagefreundlichen Bauteilen. Ein besseres Bauteilhandling begünstigt eine Optimierung des Montageprozesses.</p> <p>VOC-CTQ; unterstützt die Identifizierung von internen und externen Kundenbedürfnissen und -problemen hinsichtlich der Montageprozesse.</p> <p>FMEA; der Produktionsprozess wird in der Vorserie mit den definierten Zielgrößen (<i>Zeit, Qualität und Kosten</i>) abgeglichen, um mittels eines frühzeitigen Fehlerbilds zeitnah intervenieren zu können.</p>

161 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 26.

162 Vgl. Lanza, G (2005): 13; Wangenheim, S. (1998): 25.

163 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 25; Laick, T. (2003): 10.

164 Im Kontext dieser Arbeit bezieht sich der Begriff ‚Kunde‘ nicht nur auf den Endverbraucher. Stattdessen fungieren auch innerhalb des Produktionsprozesses nachgelagerte Bereiche sowie Subsysteme als ‚Kunden‘ der vorgelagerten Segmente.

**Begründung/
Auswirkungen
auf die
Produktionselemente**

Organisation

DMFA; die Reduzierung von Bauteilen ermöglicht eine effizientere Taktung der Montagelinie.

VOC-CTQ; Integration und Einflussnahme der fachlichen operativen Kompetenzebene auf die Montageorganisation. Erhobene CTQs beschreiben somit auch die Bedürfnisse der operativen Ebene. Vor- und nachgelagerte Montagebereiche werden hierdurch in den Entwicklungsprozess miteingeschlossen.

QFD; das Produktionsprogramm, die Produktionsprozesse sowie die Produktzusammenstellung orientieren sich an den erhobenen Kundenbedürfnissen, womit Montageabläufe praxisnah simuliert werden können.

FMEA; die interdisziplinäre Zusammenarbeit unterschiedlicher Organisationsbereiche hat einen positiven Einfluss auf Handlungsempfehlungen, die aus gesammelten Informationen resultieren.

TPM; Mitarbeiter der Montage werden in den Instandhaltungsprozess aktiv miteinbezogen und reduzieren auf diese Weise Stillstandsverluste.

Produkt

DMFA; leichtere bzw. materialreduzierte und kostengünstigere Bauteilkomponenten ermöglichen Materialkosteneinsparungen.

VOC-CTQ; die Produktentwicklung erfolgt auf der Grundlage relevanter Kundenbedürfnisse mit dem Ziel, kundengerechte und qualitativ-hochwertige Produkte zu konzipieren.

QFD; die Einbeziehung von Kundenbedürfnissen in die Produktentwicklung, erlaubt eine vorzeitige Problemerkennung, was die Möglichkeit von Qualitätsverbesserungen begünstigt.

FMEA; die kundenspezifischen Funktionen, die das Produkt erfüllen muss, werden durch vorbeugende Entwicklungsmaßnahmen gewährleistet.

4.3.2 NuS-Modul

Das NuS-Modul beschäftigt sich mit dem Zeitpunkt der Nullserie, der maßgeblich vom Wechsel der Modell- zu Serienwerkzeugen geprägt ist. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der Schulung und Qualifikation der Prozesseigner für den anschließenden Produktionshochlauf sowie auf der Bewältigung potenzieller Ursachen von Mängeln.

Tabelle 4-5: NuS-Modul (eigene Darstellung)

Bausteine	Erklärung
<p>„Moment“ Nullserie</p>	<p>Sicherstellung und Abstimmung des Übergangs von Modell- auf Serienwerkzeuge aufgrund möglicher Merkmalsänderungen¹⁶⁵</p> <p>Schulung und Qualifikation von Prozesseignern für den nachfolgenden Produktionshochlauf¹⁶⁶</p> <p>Überwindung möglicher Mängelursachen hinsichtlich unklarer Definitionen, nicht harmonisierter Schnittstellen sowie ungenauer Bauteile und Prozesse¹⁶⁷</p>
<p>Six Sigma</p>	<p>FMEA, DOE, SPC</p>
<p>Lean Management</p>	<p>SMED, VSM</p>
<p>Begründung/ Auswirkungen auf die Produktionselemente</p>	<p style="text-align: center;">Prozess</p> <p>SMED; die Minimierung des Wartungsaufwandes stellt einen essenziellen Baustein zur Steigerung der Produktivität dar. Während der beschriebenen Übergangszeit ist eine reibungslose Anlagenverfügbarkeit unabdinglich.</p> <p>VSM; die grafische Veranschaulichung der einzelnen komplexen Wertschöpfungsprozesse ermöglicht eine schnelle Identifikation von Defiziten. Mittels der Potenzialanalyse lassen sich verschiedene Verschwendungen offenlegen, welche nicht zur Werterhöhung des Produkts beitragen. Verschwendungen, die durch den allgemeinen Produktionsprozess sowie Fehler verursacht werden, dienen der Informationsgewinnung.¹⁶⁸</p>

165 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 26 f.

166 Vgl. Laick, T. (2003): 11.

167 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 27.

168 Vgl. Niemann et al. (2021): 135.

**Begründung/
Auswirkungen
auf die
Produktionselemente**

FMEA; Merkmalsänderungen bergen das Risiko potenzieller Fehler im Produktionsprozess. Diese Mängelursachen müssen beseitigt/ minimiert werden, damit die betroffenen Bauteile den Anforderungen entsprechen.

DOE; Optimierung des Montageprozesses, anhand ausgereifter Bauteil- und Baugruppenpassungen, auf Basis von ausreichenden Stichprobenexperimenten.

SPC; zeitnahes und standardisiertes Eingreifen in den Montageprozess bei Regelabweichungen. Durch die Echtzeitüberwachung des Produktionsprozesses können Abweichungen von den Prozesseignern zeitnah erkannt und behoben werden.

Organisation

SMED; Einbindung der Montageorganisation in den Umwandlungsprozess von internen zu externen Rüstvorgängen. Externe Rüstvorgänge besitzen die Eigenschaft, dass der Leistungserstellungsprozess nicht unterbrochen wird.¹⁶⁹

Produkt

FMEA; Identifizierung von unbekanntem Fehlern und deren Auswirkungen auf das Produkt.

DOE; Experimente und statistische Tests geben Rückschlüsse auf tiefsitzende Fehlerquellen, welche die Produktqualität über den gesamten Produktlebenszyklus negativ beeinflussen können.

SPC; die kontinuierliche Überwachung der Produktion ermöglicht einen Beitrag zur Optimierung der Produktqualität.

¹⁶⁹ Vgl. Niemann et al. (2021): 74.

4.3.3 HoL-Modul

Das HoL-Modul begleitet die Hochlaufphase, die durch Anpassungen in der Produktion im Zuge des Generationswechsels und der Optimierung der Produktionsprozessleistung geprägt ist. Die FMEA-Methode spielt in dieser Phase eine entscheidende Bedeutung, da sie Einfluss auf alle drei Produktionselemente ausübt.

Tabelle 4-6: HoL-Modul (eigene Darstellung)

Bausteine	Erklärung
<p>„Moment“ Hochlauf</p>	<p>Produktionsumstellung für den Generationswechsel in der Endmontage¹⁷⁰ Realisierung der Leistungssteigerung des Produktionsprozesses¹⁷¹ Durchführung von Audits zur Identifikation von Schwachstellen und Sicherung der Qualität¹⁷²</p>
<p>Six Sigma</p>	<p>FMEA, SPC</p>
<p>Lean Management</p>	<p>VSM</p>
<p>Begründung/ Auswirkungen auf die Produktionselemente</p>	<p style="text-align: center;">Prozess</p> <p>VSM; die Produktion des marktfähigen Produkts orientiert sich am Kundenbedarf bzw. der Produktionsrhythmus wird mit dem Verkaufsrhythmus abgestimmt. Die Kundenbedarfsanalyse und der daraus resultierende ‚Kundentakt‘ bestimmt die Flexibilität der Produktion und gestaltet einen transparenten Produktionsprozess, in welchem der Kunde die Taktzeit vorgibt.¹⁷³</p> <p>FMEA; Prüfung von ausgewählten Produktionsprozessen hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit und Effektivität. Als Grundlage für die Begutachtung und Einschätzung der ausgewählten Prozesse dienen Prozessregelkarten, Arbeitspläne und Arbeitsplatzbeschreibungen sowie eine örtliche Praxisüberprüfung.¹⁷⁴</p>

170 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 29.

171 Vgl. Laick, T. (2003): 11.

172 Vgl. Laick, T. (2003): 12.

173 Vgl. Niemann et al. (2021): 133.

174 Vgl. Jung et al. (2021): 120f.

**Begründung/
Auswirkungen
auf die
Produktionselemente**

SPC; um die Leistungssteigerung zu gewährleisten, muss der beherrschte und fähige Montageprozess unter den Bedingungen einer Serienproduktion stabil gehalten werden. In kontinuierlichen Abständen werden die Prozessmerkmale aufgenommen, um auf Veränderungen oder Probleme im Montageprozess frühzeitig reagieren zu können, bevor irreversible Toleranzüberschreitungen auftreten.¹⁷⁵

Organisation

FMEA; Prüfung der konsequenten Umsetzung von Qualitätssichernden Maßnahmen auf Grundlage von Lean Management-Methoden (z. B. Werker-Selbstprüfung) in der Praxis. Durch Mitarbeitergespräche werden die strikte Einhaltung der Prozessvorgaben kommuniziert sowie mögliche Defizite bei der Mitarbeiterqualifikation offengelegt.

SPC; die Montage erhält einen regelmäßigen und vollumfänglichen Überblick über die geprüften Stichproben, die in den Regelkarten eingetragen werden. Die kontinuierliche Unterrichtung über die Stichprobenergebnisse inkludiert die Montageorganisation in die statistische Prozessregelung, damit Prozessveränderungen offen kommuniziert werden.¹⁷⁶

Produkt

FMEA; Prüfung, ob die Produktmerkmale der vorgegebenen Beschreibung entsprechen. Systematische Folgefehler und Fehlerschwerpunkte, welche bspw. aus der Produktionsumstellung resultieren, können identifiziert und Korrekturmaßnahmen können zeitnah ausgewiesen werden.

175 Vgl. Jung et al. (2021): 25f.

176 Vgl. Jung et al. (2021): 29.

4.3.4 KVP-Modul

Das KVP-Modul nutzt Lean Management-Instrumente, um den Serienanlauf durch kontinuierliche Verbesserungen zu lenken und gleichzeitig Verschwendungen zu minimieren.

Tabelle 4-7: KVP-Modul (eigene Darstellung)

KVP-Ziele	<ul style="list-style-type: none"> • Dauerhaftes und organisatorisch verinnerlichtes Bestreben, den Verbesserungsfortschritt voranzutreiben • IDENTIFIZIERUNG und nachhaltige Eliminierung von Verschwendung • Anwendung spezifischer Methoden für die Beseitigung spezieller Problematiken¹⁷⁷
Lean Management	<ul style="list-style-type: none"> • 5W, 5S, Kaizen, Poka-Yoke
Begründung/ Auswirkungen auf die Produktionselemente	<p style="text-align: center;">Prozess</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5W; um ‚Schleppfehler‘ von einer Anlaufphase in die nächste zu vermeiden, bildet das Infragestellen von fehlerbehafteten Prozessstrukturen einen validen Lösungsansatz. Das Ziel liegt in der Behebung der eigentlichen Fehlerursache. • 5S; Seiketsu beschreibt die Standardisierung von Arbeitsabläufen zu gesonderten Arbeitsabläufen. Standardisierte Arbeitsgänge erleichtern die Eingewöhnung in die veränderte Fertigungsstruktur und begünstigen die Mitarbeiterqualifikation auf Basis von Routinetätigkeiten. Im Fokus von Seiketsu steht die Realisierung der bestmöglichen Arbeitsqualität und die Erhöhung der Mitarbeitermotivation. Shitsuke (dt. ‚stets anwenden und verbessern‘) zielt auf die Festigung und den Ausbau der erreichten Standards ab.¹⁷⁸

¹⁷⁷ Vgl. Jung et al. (2021): 80ff.

¹⁷⁸ Vgl. Niemann et al. (2021): 6f.

**Begründung/
Auswirkungen
auf die
Produktionselemente**

Kaizen; die Beseitigung von wiederkehrenden Verschwendungen konzentriert sich auf vier zentrale Punkte:

Verschwendung durch:

- (1) fehlende Fokussierung; die richtigen Ressourcen müssen die wesentlichen Ziele und Problematiken des Serienanlaufs anvisieren,
- (2) fehlende Struktur; die Organisationsstruktur muss auf eine zielgerichtete und transparente Kommunikation sowie Leistungserfassung ausgerichtet sein,
- (3) fehlende Disziplin; ist das Resultat fehlender Anerkennung und Wertschätzung
- (4) fehlender Verantwortungsbereich; es erfolgt eine Anwendung des Kaizen-Prinzips, aber den Mitarbeitern steht es nicht zu, ihr Arbeitsumfeld nach individuellen Vorstellungen zu prägen.¹⁷⁹

- **Poka-Yoke;** begleitet den gesamten Serienanlauf und orientiert sich an einer Null-Fehler-Produktion. Mittels einer präventiven Prozessüberprüfung wird der Prozess auf potenzielle Fehlhandlungen untersucht. Die Anwendung dieses Vorgehens stellt, insbesondere in der Vor- und Nullserienphase, eine Schlüsselfunktion dar. Die Implementierung der 100%-Prüfung zur Offenlegung und Beseitigung von möglichen Fehlhandlungen sowie die Einführung von unmittelbaren Korrekturmaßnahmen leisten einen entscheidenden Beitrag zur Prozessstabilität.¹⁸⁰

Organisation

- **5W;** die phasenübergreifende Integration aller Mitarbeiter bildet das Fundament für ein beständiges Mitarbeitertraining. Selbstständiges Handeln und die Verantwortungsübernahme für Fehler und deren Beseitigung stellen eine wichtige Säule des Lean Managements dar. Zur Gewährleistung eines nachhaltigen Anlaufs wird die Identifikation und Behebung von Fehlerursachen zunächst höher priorisiert als die Korrektur von einzelnen Fehlern.¹⁸¹

179 Vgl. Töpfer, A. (2009): 157.

180 Vgl. Niemann et al. (2021): 64.

181 Vgl. Jung et al. (2021): 55.

**Begründung/
Auswirkungen
auf die
Produktionselemente**

- **5S**; Seiri (dt. ‚Aussortieren‘) konzentriert sich auf die Separierung von arbeitsnotwendigen und abkömmlichen Gegenständen am Arbeitsplatz. Das Ziel dieser Maßnahme beschreibt einen geordneten und ordentlichen Arbeitsplatz, an welchem Werkzeuge ohne Zeitaufwand aufgefunden werden.
- **Seiton** (dt. ‚Aufräumen‘) beschreibt einen Ordnungszustand, der den Prozess in aktiver Weise entlastet. Dies erfolgt auf der Basis von standardisierten Arbeitsplätzen, in denen Werkzeuge einen zugeschriebenen Ablageort erhalten. Seiso (dt. ‚Arbeitsplatz sauber halten‘) beschäftigt sich mit der Sauberkeit des Arbeitsplatzes. Demzufolge werden Fehler schneller wahrgenommen und Qualitätsmängel durch Verschmutzungen minimiert. Ein strukturierter Arbeitsplatz steigert das Wohlbefinden der Mitarbeiter.¹⁸²
- **Kaizen**; um komplexe Übergaben und übermäßigen Lagerbestand zu vermeiden, wird jedem Arbeitsmittel und Werkzeug ein fester Platz zugewiesen. Alle Behälter und Montagewagen sind beschriftet und alle notwendigen Arbeitsmittel, die für die vollständige Durchführung eines Arbeitsprozesses benötigt werden, befinden sich an ausgewiesenen Standorten.¹⁸³
- **Poka-Yoke**; im Rahmen der Werker-Selbstprüfung verschafft sich der zuständige Mitarbeiter einen eigenen Eindruck von der Qualität des zu verbauenden Bauteils. Mögliche qualitative Mängel werden damit aktiv vom Mitarbeiter erkannt und Korrekturmaßnahmen können umgehend eingeleitet werden. Die Implementierung dieses Bewusstseins in die Montageorganisation kann die Denkweise der Mitarbeiter sachdienlich verändern.

182 Vgl. Niemann et al. (2021): 5f.

183 Vgl. Dahm und Haindl (2011): 133.

**Begründung/
Auswirkungen/
auf die
Produktionselemente**

Produkt

- **5W**; bei der Behebung der Kernursache eines Problems findet eine Begutachtung des gesamten Leistungsprozesses statt. Diese tiefgreifende Analyse legt die tatsächliche Ursache des Problems dar und beschränkt sich nicht auf die Behebung von Symptomen. Es findet eine entscheidende Verbesserung des Produkts statt, da mittels konkreter Maßnahmen eine Fehlerwiederholung ausgeschlossen wird.
- **5S**; durch die Verwendung ungeeigneter Werkzeuge können potenzielle Schäden am Produkt verursacht werden. Ein strukturierter Arbeitsplatz stellt jedem Werkzeug einen ausgewiesenen Platz zur Verfügung. Dadurch wird vermieden, dass falsche Werkzeuge zum Einsatz kommen.¹⁸⁴
- **Kaizen**; die Anwendung des Kaizen-Prinzips geht mit der stetigen Verbesserung aller Bereiche einher und verfolgt auf diesem Wege auch die kontinuierliche Steigerung der Produktqualität.
- **Poka-Yoke**; die proaktive Erkennung und Unterbindung von möglichen Fehlhandlungen haben einen positiven Einfluss auf die Nacharbeits- und Ausschussquote. Positive Begleitumstände sind Kosteneinsparungen aufgrund der Minimierung von Ressourcenverschwendung und eine verkürzte Kundenlieferzeit auf Basis der verbesserten Direktläuferquote.

184 Vgl. Niemann et al. (2021): 5.

5 Modellierung

Die ‚Verzahnung‘ des *strategischen Gestaltungsrahmens* und des *Lean Six Sigma-Komplettmoduls* vereint die *Zieldimensionen des Anlaufs* mit dem modifizierten *Lean Six Sigma-Methodenbaukasten*, welcher auf die konkreten Anforderungen und Herausforderungen des Serienanlaufs ausgerichtet ist (Abbildung 5-1).

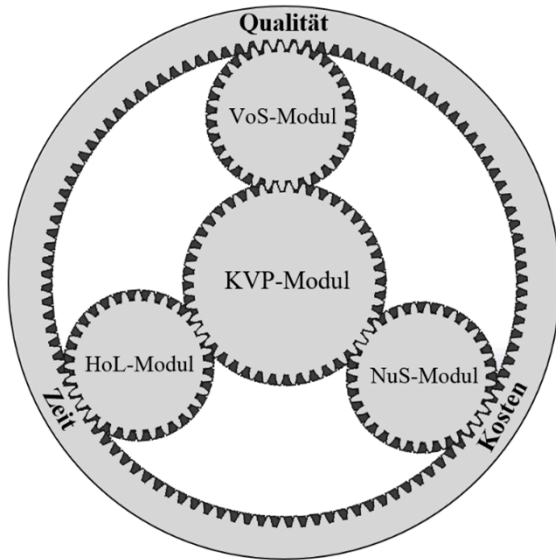


Abbildung 5-1: Ganzheitliches Betrachtungsmodell (eigene Darstellung)

5.1 Einordnung des Modells

Das entwickelte Modell beschreibt den methodischen Umgang mit Herausforderungen im Serienanlauf, in welchem die Auswirkungen von adaptierten LSS-Werkzeugen von bei den strategischen Zielen des Anlaufmanagements kombiniert werden. Der strategische Charakter des Modells beschreibt die proaktive sowie reaktive Vorgehensweise mit Herausforderungen im Anlaufprozess auf Basis der verwendeten Werkzeuge. Im Verlauf des Kapitels wird die übergeordnete Frage dieser Arbeit beantwortet:

„Kann ein modularer Baukasten auf Basis der Lean Six Sigma-Methode die Anlaufstrategie in der Automobilindustrie proaktiv und reaktiv justieren, um eine Verbesserung in qualitativer sowie quantitativer Hinsicht sicherzustellen?“

Ein essenzieller Gestaltungsaspekt von Prozessstrukturen ist deren Beschreibung und Visualisierung.

Die Anlaufmodule agieren im Sinne eines iterativen Prozessregelkreises, der sich den zugeschriebenen LSS-Werkzeugen bedient, um die festgelegten Meilensteine jeder Anlaufphase $w(t)$ $y(t)$ zu erreichen. Die Implementierung von proaktiven LSS-Werkzeugeinflüssen $z(t)$ in die entsprechende Anlaufphase, dient der Optimierung des Istwerts $y(t)$ bzw. der Hemmung des Differenzwerts $e(t)$.

Tabelle 5-1 zeigt beispielhaft die Vorserienphase als iterativen Prozessregelkreis mit allen relevanten Bestandteilen.

Tabelle 5-1: Vorserie als iterativer Prozessregelkreis (eigene Darstellung)

Vorserie	
Beschreibung	Prozessregelkreis
<ul style="list-style-type: none"> • Istwert $y(t)$ • Meilensteine der Vorserie: <ul style="list-style-type: none"> – Werkzeuge sind nachweislich serienreif, – ‚ordnungsgemäß‘ hergestellte Produkte¹⁸⁵ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Proaktive Einflüsse $z(t)$ FMEA, Poka-Yoke, 5S-Methode, Kaizen, 5W-Methode • Regelstrecke Produktion 	
<ul style="list-style-type: none"> • Messglied $y(t)$ VOC-CTQ, FMEA • Stellglied $u(t)$ Ausgewählte LSS-Werkzeuge 	
<ul style="list-style-type: none"> • Regler $u_R(t)$ <div style="text-align: center; border: 1px dashed gray; border-radius: 50%; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> VOS-Modul </div>	
<ul style="list-style-type: none"> • Sollwert $w(t)$ • Regelabweichung $e(t)$ 	

Der Sollwert $w(t)$ beschreibt die Meilensteine der Vorserie. Sie werden als übergeordnete Ziele angesehen, um einen erfolgreichen Abschluss der Vorserienphase zu gewährleisten.

¹⁸⁵ Vgl. Nagel, J. (2011): 17.

Das Messglied repräsentiert die LSS-Werkzeuge: VOC-CTQ und FMEA. Sie dienen zur Messung und Analyse des Istwerts $y(t)$. Die daraus resultierende Regelabweichung $e(t)$ wird vom Regler aufgenommen und verarbeitet. Der Regler (*VoS-Modul*) berechnet, welches LSS-Werkzeug die eingetretene Regelabweichung möglichst schnell beseitigt bzw. reduziert, und leitet diese Entscheidung $u_R(t)$ an das Stellglied (bspw. Operative Führungsebene) weiter. Die ausführende Ebene implementiert die entsprechenden LSS-Werkzeuge in die Vorserienphase (*Produktion*), mit dem Ziel, auf die gemessenen qualitativen bzw. quantitativen Defizite in der Vorserienproduktion reaktiv einzuwirken. Das *KVP-Modul* wird durch den *proaktiven Einfluss* $z(t)$ symbolisiert, welcher die Produktion in der Vorserienphase mittels der benannten KVP-Werkzeuge prägt. Dieser Vorgang bildet eine zyklische Wiederholung, die fortlaufend Abweichungen misst und analysiert. Die Ziele, in der Form von Meilensteinen, bilden die Ausgangspunkte jeder Anlaufphase ab. Durch die iterative Vorgehensweise des Prozesses erfolgt eine schrittweise Annäherung an den definierten Soll-Zustand. Damit wird sichergestellt, dass das *Produktionssystem* korrekt ausgerichtet ist und alle gestellten Anforderungen an die *Produktionselemente* erfüllt sind. Zusammenfassend trägt der iterative Prozessregelkreis dazu bei, quantitative und qualitative Mängel in der jeweiligen Phase im Serienanlauf zu reduzieren, indem durch kontinuierliche Anpassungen eine Selbstoptimierung des Produktionssystems erreicht wird.

5.2 Planungs- und Steuerungskonzept

Zur Planung, Steuerung und Kontrolle von Anlaufkosten ist eine Messung erforderlich, die mittels Kennzahlen durchgeführt werden kann. Diese Kennzahlen werden im Rahmen von Instrumenten und Methoden eingesetzt und sollten relevante Zusammenhänge in komprimierter Form widerspiegeln. Anhand von Kennzahlen können Informations- und Steuerungsaufgaben wahrgenommen werden, wodurch sie ein wichtiges Hilfsmittel für die Planung und Kontrolle darstellen.¹⁸⁶ Mithilfe kontinuierlicher Überwachung der Kennzahlen können Abweichungen und Änderungen zeitnah erfasst werden.¹⁸⁷ In der Produktion fungieren diese Kennzahlen als bedeutender

¹⁸⁶ Vgl. Schuh et al. (2008): 249.

¹⁸⁷ Vgl. Sihn et al. (2016): 388.

Bestandteil der Analyse hinsichtlich des Produktionsprozesses. Kennzahlen fördern den Optimierungsprozess und decken Potenziale der Produktion auf.¹⁸⁸ *Tabelle 5-2* orientiert sich an relevanten Kennzahlen, die im Rahmen des ‚Anlauf-Benchmarkings‘ genutzt werden können, um eine Planung der verschiedenen Anlaufphasen zu gewährleisten.

Tabelle 5-2: Prozessorientierte Kennzahlen¹⁸⁹

Prozessorientierte Kennzahlen	
Kennzahl	Beschreibung
Durchlaufzeit	Die Durchlaufzeit beschreibt die Zeitspanne zwischen dem Auftragsstart und -ende und beinhaltet Warte- und Liegezeiten.
Prozess-wirkungsgrad (PWG)	Der PWG gibt Auskunft über den ‚Lean-Zustand‘ des Prozesses. Ein niedriger PWG steht für erhebliche nicht wertschöpfende Zeitelemente im Prozess. $PWG = \frac{\sum \text{Bearbeitungszeitraum}}{\text{Durchlaufzeit}}$
OEE-Index (Overall Equipment Effectiveness)	Der OEE-Index stellt ein Maß für den Wirkungsgrad und die Prozesssicherheit von Maschinen, Anlagen und Montageplätzen dar und ist somit ein Zielwert zur Erhöhung der Anlagen- und Maschinenproduktivität. $OEE = \text{Verfügbarkeit} \cdot \text{Leistungsgrad} \cdot \text{Qualitätsgrad}$
Verfügbarkeitsgrad	Der Verfügbarkeitsgrad repräsentiert ein Maß für Verluste, die durch Anlagenausfälle und Rüstverluste entstehen. Es wird die tatsächliche Maschinenlaufzeit ausgewiesen. $\text{Verfügbarkeitsgrad} = \frac{\text{Maschinenlaufzeiten}}{\text{geplante Betriebszeit}}$
Leistungsgrad	Der Leistungsgrad bildet das Maß für Verluste ab, welche durch Abweichungen von der geplanten Taktzeit entstehen. $\text{Leistungsgrad} = \frac{\text{Ist - Leistung}}{\text{Soll - Leistung}}$

¹⁸⁸ Vgl. Sihm et al. (2016): 393.

¹⁸⁹ Eigene Darstellung vgl. Kletti und Schumacher (2011): 128ff.

Qualitätsgrad	<p>Der Qualitätsgrad gibt das Maß für Verluste wieder, welche durch fehlerhaft gefertigte Teile entstehen.</p> $\text{Qualitätsgrad} = \frac{\text{Gutmenge}}{\text{Gesammmenge}}$ $\text{Gutmenge} = \text{Gesammmenge} - (\text{Ausschussteile} + \text{Nacharbeitsteile})$
Lean Performance Index (LPI)	<p>Die LPI-Kennzahl beschreibt den ‚Schlankheitsgrad‘ des Gesamtprozesses und die Sicherheit der einzelnen Prozessschritte.</p> $\text{LPI} = \text{OEE}_{\text{ges}} \cdot \text{PWG}$
Deckungsgeschwindigkeit	<p>Die Zieldimensionen Kosten und Zeit werden zu einer Kennzahl zusammengefasst. Das Ziel ist eine maximale Erwirtschaftung des Deckungsbeitrags in einem vorgegebenen Zeitraum. Diese Kennzahl gibt der Zieldimension ‚Zeit‘ eine hohe Bedeutung für strategische Entscheidungen.</p> $\text{Deckungsgeschwindigkeit} = \frac{\text{Deckungsbeitrag}}{\text{Durchlaufzeit}}$

Die Orientierung des ‚Ganzheitlichen Gestaltungsmodells‘ an den drei Zieldimensionen (Qualität, Kosten und Zeit) geht mit dem Einsatz verschiedener Instrumente einher, die eine Planungs-, Überwachungs- sowie Steuerungsfunktion ausführen können. Im Folgenden werden drei dieser Instrumente (Tabelle 5-3), gemessen an den Zieldimensionen, kurz erläutert:

Tabelle 5-3: Planungs- und Steuerungsinstrumente des Anlaufs

Ziele	Planungs- und Steuerungsinstrumente
<p>Kosten</p>	<p>Anlauf-Benchmarking</p> <p>Die erhobenen prozessorientierten Kennzahlen (s. Tabelle 5-2) werden durch den Vergleich mit Benchmarks substanzhaltig. Die Benchmarking-Methode verfolgt das Ziel, durch den internen Prozessvergleich mit den ‚Best-Practice-Unternehmen‘ den relativen Leistungsstand abzuschätzen. Dies ermöglicht die Identifikation von Leistungslücken und die Herleitung von Verbesserungsmaßnahmen. Die Ergebnisse der Ursachenforschung fließen in die Ziel- und Strategieformulierung sowie in die konkrete Planung zur Leistungsverbesserung ein¹⁹⁰</p> <p>Durch die Erfassung der ‚Anlauf-Kennzahlen‘ können Vergleiche mit dem Vorgängermodell und den vorherigen separaten Anlaufphasen gezogen werden.</p>
<p>Qualität</p>	<p>Meilenstein-Trendanalyse</p> <p>Die Meilenstein-Trendanalyse ermöglicht eine phasenbezogene Überwachung des Projektverlaufs. Der Begriff des ‚Meilensteins‘ bezieht sich auf ein präzises und überprüfbares Arbeitsergebnis. Die festgesetzten Meilensteine werden in regelmäßigen Abständen kontrolliert und im Meilenstein-Überwachungsplan (Abbildung 5-2) hinterlegt. Ein ansteigender Kurvenverlauf deutet auf eine Verzögerung hin, während eine fallende Kurve eine frühzeitige Erreichung des signifikanten Meilensteins signalisiert.¹⁹¹ Tabelle 5-1 beschreibt die Nutzung von Meilensteinen, um das Ende einer Anlaufphase zu kennzeichnen und somit den Übertritt in die nächste Phase des Serienanlaufs zu ermöglichen.</p> <div data-bbox="313 981 884 1316" style="text-align: center;"> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;"> Hochlauf Nullserie Vorserie </p> </div> <p>Abbildung 5-2: Überwachungsplan Meilenstein-Trendanalyse</p>

190 Vgl. Risse, J. (2002): 235 f.

191 Vgl. Wangenheim, S. (1998): 95 ff.

Zeit	BET (Break-even-Time-Analyse) Die Break-even-Time beschreibt die Zeitspanne im Produktlebenszyklus, bis der Gewinn die Investitionskosten amortisiert. Die prognostizierte zeitliche Entwicklung der Kosten und Erträge wird in einem 2D-Diagramm festgehalten. Der Schnittpunkt der beiden Kurvenverläufe markiert, wann die Break-even-Time erreicht wird. Es findet eine Konzentration auf die Time-to-Market statt, wobei die Folgen von Zeitverzögerungen transparent gemacht werden. Die phasenübergreifende Betrachtungsweise sowie die Sensibilisierung aller Beteiligten hinsichtlich des kritischen Erfolgsfaktors ‚Zeit‘ unterstreicht den aussichtsreichen Nutzen dieser Methode. ¹⁹²
-------------	--

5.3 Kritische Betrachtung

Die Betrachtung des Modells zur prozessbegleitenden Anlaufunterstützung erfolgt anhand der *Zielstellung* der vorliegenden Arbeit sowie anhand der konkretisierten *Fragestellung* aus **Kapitel 1.2**. Das entwickelte Methodenmodell berücksichtigt die Tatsache, dass Produktionsprozesse in der Anlaufphase von Komplexität und Undurchsichtigkeit geprägt sind.

Das angestrebte Modifikationsvorhaben der Lean Six Sigma-Methode in der vorliegenden Arbeit zielt darauf ab, eine präzise *Anpassung durch die Integration von Phasenmodulen während des Serienanlaufs* zu realisieren. Diese strategische Anpassung verfolgt das übergeordnete Ziel, die Effektivität und Anwendbarkeit der Lean Six Sigma-Methode im Rahmen des Serienanlaufs zu optimieren. Insbesondere liegt der Fokus darauf, die Produktionselemente durch eine exakte Ausrichtung auf die spezifischen Anforderungen und Herausforderungen dieses Phasenabschnitts gezielt zu beeinflussen.

Die Einbindung der LSS-Werkzeuge in einen iterativen Prozessregelkreis gewährleistet eine kontinuierliche ‚Phasentransparenz‘. Ausgewählte LSS-Werkzeuge dienen in dieser Umgebung als Messglieder und erfüllen durch die konstante Informationsaufnahme und -analyse das angestrebte Ziel einer *nachhaltigen Prozessoptimierung*. In seiner ganzheitlichen Betrachtung strebt der modulare Methodenbaukasten Zielüberschneidungen zwischen Anlaufmanagement und Lean Six Sigma an. Die Optimierung des Anlaufpro-

¹⁹² Vgl. Risse, J. (2002): 233.

zesses wird durch *die reaktive sowie proaktive* Einflussnahme verschiedener LSS-Methoden aufgezeigt, womit die gestellte Forderung nach einer *nachhaltigen Optimierung des Serienanlaufs* erfüllt wird.

Die konsequente Verfolgung der beschriebenen Zieldimensionen, welche die Priorisierung des Zeitfaktors, die Integration einer qualitätsorientierten Produktpolitik und die Reduzierung der Produktlebenszykluskosten umfassen, hat das Potenzial, die strategische Ausrichtung der Anlaufstrategie maßgeblich zu beeinflussen und aktiv mitzugestalten. Die Einführung dieses Modells in einem komplexen Umfeld stellt einen tiefgreifenden Veränderungsprozess dar, welcher möglicherweise zu Konflikten und Spannungen innerhalb der Organisation führen kann.

Durch die phasenübergreifende Einbindung der Mitarbeiter stellt das Modell sicher, dass eine transparente Kommunikation stattfindet, um das Vertrauen und die Akzeptanz zu fördern. Widerstände sollten minimiert werden, um die Effektivität der Methode zu maximieren. Um einer Informationsüberlastung vorzubeugen, sollten Unternehmen ihre Ressourcen effizient nutzen und der Aufnahme und Analyse von Kennzahlen angemessene Priorität einräumen.

Der durchgängige Einfluss der Phasenmodule auf die Produktionselemente und die gemeinsame Zielausrichtung beschreiben ein Methodenmodell, welches einen ganzheitlichen Konzeptansatz zur Verbesserung des Anlaufs in der Automobilindustrie bietet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Steigende Innovationsgeschwindigkeiten, verkürzte Produktlebenszyklen und eine zunehmende Variantenvielfalt sorgen für einen Anstieg der Serienanläufe in immer kürzeren Zeitabständen. Für die Unternehmen der Automobilindustrie stellt die erfolgreiche Durchführung des Serienanlaufs eine wichtige Grundlage für die Markteinführung ihrer Produkte dar. Als Ergebnis einer empirischen Studie (*CoRuS-Studie*) konnte aufgezeigt werden, dass die Anlaufzufriedenheit der Automobilindustrie eine deutliche Diskrepanz zu anderen Branchen im deutschen Wirtschaftssektor aufweist. Die Defizite im Hinblick auf Produktqualität, Sollstückzahlen, Termineinhaltung sowie die Einhaltung geplanter Kostenziele sind als kritische Faktoren für den Unternehmenserfolg zu betrachten.

Ziel dieser Arbeit war es, ein Lösungskonzept – auf Basis der Lean Six Sigma-Methode – zu entwickeln, das mittels eines ‚*modifizierten Methodenbaukastens*‘ einen strategischen Beitrag zur Optimierung der Anlaufdefizite leistet.

Im Resultat ist eine Anlaufunterstützung erforderlich, welche bereits in den frühen Phasen des Serienanlaufs den *Schmetterlingseffekt* durch zeitnahes Gegensteuern kompensiert und sich auf die prägnanten *Gestaltungselemente* in der Produktion konzentriert und diese *proaktiv* sowie *reaktiv* beeinflusst.

Der *störungsanfällige Charakter des Produktionssystems* im Serienanlauf begünstigt die Entwicklung von kleinen Fehlern zu schwerwiegenden Auswirkungen. Die umfassende Analyse der drei Anlaufphasen zeigt, dass jede Phase durch spezifische Ziele bzw. *Meilensteine* geprägt ist. Der identifizierte Handlungsbedarf führt zum Lösungsansatz des Phasen-Analyse-Konzepts, um mögliche Fehlerpotenziale zeitnah zu identifizieren und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Dieser Ansatz der Prozessanalyse wird durch die Control-Phase auf Basis der Lean Six Sigma-Methode weiterverfolgt, da eine kontinuierliche Überwachung der Phasenziele ‚*Schleppfehler*‘ reduziert. Die Kompatibilität des Anlaufprozesses und der Lean Six Sigma-Methode wurde mittels gemeinsamer Zielgrößen überprüft.

Hierzu wurden die Anlaufziele in die drei Zieldimensionen *Qualität, Kosten und Zeit* gegliedert und das Zieloptimierungspotenzial durch das Zieldreieck der Lean Six Sigma-Methode kenntlich gemacht.

Diese ‚Zielverschmelzung‘ wird durch das Konzept des ‚Strategischen Hohlrad des Anlaufzielsystems‘ verkörpert. Der ‚Gestaltungsrahmen‘ repräsentiert eine ganzheitliche Anlaufstrategie, ausgerichtet nach den drei Zieldimensionen, die Konzepte und Potenziale beinhalten, die im Einklang mit der Lean Six Sigma-Methode stehen.

Auf Basis des gemeinsamen Zielsystems erfolgt die Zusammensetzung des Methodenbaukastens durch vier eindeutige Bausteine: *Moment*, *Produktionselemente*, *Lean Management* und *Six Sigma*. Durch das Zusammenwirken dieser Bausteine entstehen charakteristische Module mit abgestimmten Lean Six Sigma-Werkzeugen, welche eine spezielle Anlaufphase darstellen. Das KVP-Modul verkörpert die Vorstellung einer nachhaltigen Prozessoptimierung, welche die anderen Phasenmodule proaktiv beeinflusst.

Das Zusammenwirken der vier Phasenmodule und des strategischen Gestaltungsrahmens wird durch den systematischen Umgang mit der Komplexität und Intransparenz im Serienanlauf verdeutlicht. Die Module übernehmen die Aufgabe eines iterativen Prozessregelkreises, der die Erfüllung der spezifischen Meilensteine realisiert. Der iterative Prozessregelkreis stellt damit die Basis für eine lückenlose Dokumentation des Serienanlaufs dar. Die dabei aufgenommenen bzw. gemessenen Daten werden in Kennzahlen umgewandelt und für die Erreichung strategischer Ziele weiterverwendet.

Bezugnehmend auf das ‚Ganzheitliche Gestaltungsmodell‘ wirkt das KVP-Modul (*Sonnenrad*) mittels kontinuierlicher Verbesserungsmethoden proaktiv auf die Anlaufmodule (*Planetenräder*) ein. Das ‚Strategische Hohlrad des Anlaufzielsystems‘, welches die drei strategischen Zieldimensionen verkörpert, kann die realisierten Optimierungen in den Anlaufphasen nutzen, um die Anlaufstrategie des Unternehmens zweckmäßig auszurichten und nachhaltige Ergebnisse zu erzielen.

Der nächste Entwicklungsschritt dieses Methodenbaukastens beinhaltet die Verifizierung der theoretischen Grundlage durch konkrete Daten, um die praktische Anwendbarkeit zu validieren. Die Herausforderung für eine zukünftige Implementierung erstreckt sich nicht allein auf die Theorie und die Lean Six Sigma-Werkzeuge selbst, sondern schließt auch die Anpassung und

Integration in die bestehende Unternehmenskultur ein. Die Akzeptanz des Modells durch Mitarbeiter und die erfolgreiche Etablierung einer positiven Fehlerkultur werden entscheidend sein. Eine offene Fehlerkultur, die auf dem Lernen aus Fehlern basiert, wird einen positiven Einfluss auf die Effektivität des Lean Six Sigma-Ansatzes ausüben.

Ein weiterer entscheidender Erfolgsfaktor liegt in der Prozesstransparenz. Die Offenlegung der Abläufe in den aufgeführten Anlaufphasen ermöglicht nicht nur eine präzisere Kontrolle, sondern fördert auch das Verständnis und die Identifikation von Optimierungspotenzialen. Gleichzeitig fungiert ein dokumentierter Vergleich von Soll- und Ist-Kennzahlen als Wissensquelle, die als Fundus organisatorischen Wissens im Unternehmen aufgebaut wird und für künftige Problemlösungen herangezogen werden kann.

Insgesamt eröffnet dieses Methodenmodell vielfältige Möglichkeiten zur Verbesserung von Zeit, Qualität und Kosten in Unternehmen. Die erfolgreiche Umsetzung erfordert jedoch nicht nur ein tiefes Verständnis der Methoden, sondern auch deren gezielte Einbindung in die bestehenden Strukturen und Kulturen eines Unternehmens.

Literaturverzeichnis

- Bischoff, Raphael (2007): Anlaufmanagement – Schnittstelle zwischen Projekt und Serie, Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung, WorkingPaper, Konstanz, 1. Auflage.
- Bokranz, Rainer; Landau, Kurt (2012): Handbuch Industrial Engineering – Produktivitätsmanagement mit MTM (Band 1: Konzept), Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft – Steuern – Recht GmbH, 2. Auflage.
- Clark, Kim Bryce; Landau, Fujimoto Takahiro (1991): Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.
- Dahm, Markus H.; Haindl, Christoph (2011): Lean Management und Six Sigma – Qualität und Wirtschaftlichkeit in der Wettbewerbsstrategie, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co KG, Berlin (2011).
- Diethelm, Gerd (2000): Projektmanagement – Band 1: Grundlagen, Verlag Neue Wirtschafts-Briefe GmbH & Co., Herne/Berlin.
- Eigner, Martin; Stelzer, Ralph (2009): Product Lifecycle Management – Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2009), 2., neu bearbeitete Auflage.
- Erlach, Klaus (2010): Wertstromdesign – Der Weg zur schlanken Fabrik, Springer-Verlag Berlin (2007), (2010), 2., bearbeitete und erweiterte Auflage.
- Fleischer, Jürgen; Spath, Dieter; Lanza, Gisela (2003): Quality Simulation for Fast Ramp Up, Progress in Virtual Manufacturing Systems, 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- Frese, Erich (1992): Handwörterbuch der Organisation, Carl Ernst Poeschel Verlag GmbH, Stuttgart (1992), 3., völlig neu gestaltete Auflage.

- Gartzen, Thomas (2012): Diskrete Migration als Anlaufstrategie für Montagesysteme, Apprimus Verlag, Aachen, 1. Auflage.
- Gentner, Andreas (1994): Entwurf eines Kennzahlensystems zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung von Entwicklungsprojekten, Verlag Franz Vahlen GmbH, München (1994).
- Hab, Gerhard; Wagner, Reinhard (2004): Projektmanagement in der Automobilindustrie – Effizientes Management von Fahrzeugprojekten entlang der Wertschöpfungskette, Springer Fachmedien Wiesbaden, 5., aktualisierte und überarbeitete Auflage.
- Heins, Michael (2010): Anlauffähigkeit von Montagesystemen, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen.
- Hüntelmann, Jörg (2010): Terminplanung und -überwachung von Produktionsanläufen in Wertschöpfungsnetzwerken, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen.
- Hutwelker, Reiner (2019): Six Sigma Green Belt Certification Project – Identification, Implementation and Evaluation, Springer Nature Switzerland AG.
- Jung, Berndt; Schweisser, Stefan; Wappis, Johann (2021): Qualitätssicherung im Produktionsprozess, Carl Hanser Verlag München, 2. Auflage.
- Kistner, Klaus-Peter; Steven, Marion (1996): Betriebswirtschaftslehre im Grundstudium – Produktion, Absatz, Finanzierung, urspr. Verlag Physica-Verlag Heidelberg (1996), 2., verbesserte und erweiterte Auflage.
- Kletti, Jürgen; Schumacher, Johann (2011): Die perfekte Produktion, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2. Auflage.
- Koch, Tom R. (2012): Lean Six Sigma – Die Automobilindustrie im Wandel, Diplomica Verlag GmbH, Hamburg.

- Kuhn, Axel (2002): „fast ramp-up“ – Schneller Produktionsanlauf von Serienprodukten, Verlag Praxiswissen, Dortmund.
- Laick, Thomas (2003): Hochlaufmanagement – Sicherer Produktionshochlauf durch zielorientierte Gestaltung und Lenkung des Produktionssystem, Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation, Universität Kaiserslautern (2003), Band 47.
- Lanza, Gisela (2005): Simulationsbasierte Anlaufunterstützung auf Basis der Qualitätsfähigkeiten von Produktionsprozessen, wbk Institut für Produktionstechnik Universität Karlsruhe (TH) (2005).
- Lotter, Bruno; Wiendahl Hans-Peter (2012): Montage in der industriellen Produktion – Ein Handbuch für die Praxis, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2006), (2012), 2. Auflage.
- Maue, Andreas (2016): Aufwandsorientierte Gestaltung des Produktionsanlaufs am Beispiel der Automobilproduktion, Apprimus Verlag, Aachen, 1. Auflage.
- Nagel, Jörg (2011): Risikoorientiertes Anlaufmanagement, Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH (2011), 1. Auflage.
- Ngo, Quoc Hao (2021): Gestaltungsmodell für qualitätsorientierte Produktionsanläufe, Apprimus Verlag, Aachen, 1. Auflage.
- Niemann, Jörg; Reich, Benedikt; Stöhr, Carsten (2021): Lean Six Sigma – Methoden zur Produktionsoptimierung, Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Peters, Nils; Hofstetter, Joerg, S. (2008): Konzepte und Erfolgsfaktoren für Anlaufstrategien in Netzwerken der Automobilindustrie, in Schuh et al. (2008) „Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen – Ein Leitfaden für die Praxis“, S.9–29, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Pötters, Patrick (2020): Bewertung von Prozessoptimierungsmethoden aus dem Shopfloor einer Serienmontage, Apprimus Verlag, Aachen, 1. Auflage.
- Quick, Jerome (2010): Graduiertenkolleg Anlaufmanagement: Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Gestaltung von Produktionsanläufen, in „UdZ – Unternehmen der Zukunft, Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung“ [11] (1/2010).
- Renner, Tim; Gross, Uwe (2011): CoRuS Studie: Methodische Konzeption und deskriptive Analyse, LUT Research Paper AB 15.2: LUT RWTH Aachen University, (2011).
- Risse, Jörg (2002): Time-to-Market-Management in der Automobilindustrie – Ein Gestaltungsrahmen für ein logistikorientiertes Anlaufmanagement, Berlin (2002).
- Risse, Jörg (2003): Time-to-Market-Management in der Automobilindustrie – Ein Gestaltungsrahmen für ein logistikorientiertes Anlaufmanagement, Schriftenreihe Logistik der Kühne-Stiftung, Haupt-Verlag, Bern (2003).
- Roland Berger Strategy Consultants (2003): Roland Berger Strategy Consultants – Zu hohe Kosten bei Fahrzeuganläufen, in Automobilwoche (2003), Nr.25.
- Schmitt, Sebastian (2012): Gestaltungsmodell zum qualitätsorientierten Management von Serienanläufen, Apprimus Verlag, Aachen, 1. Auflage.
- Schuh, Günther; Riedel, Hendrik; Abels, Ingo; Desoi, Jens (2002): Serienanlauf in branchenübergreifenden Netzwerken: eine komplexe Planungs- und Kontrollaufgabe (Ramp-up in industrial sector spanned networks: a complex planning- and controlling task), in wt Werkstattstechnik online (92), Nr.11, (2002), S.656 – 661, VDI Fachmedien Düsseldorf.

- Schuh, Günther; Gottschalk, Sebastian; Franzkoch, Bastian; Hoeschen, Axel (2007): Richtig entscheiden, Lerneffekte gestalten – Entwicklung anlaufgerechter Organisationsstrukturen, in *Industrie Management* [23], (2007), S.71 – 74, GITO-Verlag.
- Schuh, Günther; Stölze, Wolfgang; Straube, Frank (2008): *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen – Ein Leitfaden für die Praxis*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Schumacher, Jochen (2006): *MES für effizientes Störungsmanagement*, GITO-Verlag Berlin.
- Sihn, Wilfried; Sunk, Alexander; Nemeth, Tanja; Kulang, Peter; Matyas, Kurt (2016): *Produktion und Qualität*, Carl Hanser Verlag München.
- Stich, Christoph (2007): *Produktionsplanung in der Automobilindustrie – Optimierung des Ressourceneinsatzes im Serienanlauf*, Kölner Wissenschaftsverlag, Köln.
- Taiichi Ohno (1978): *Das Toyota-Produktionssystem*, japanische Ausgabe ‚Toyota seisan hoshiki‘ (1978) Diamond Inc., Tokio, deutsche Übersetzung nach dem japanischen Original und der amerikanischen Ausgabe ‚Toyota Production System‘ Productivity Press, Cambridge, Massachusetts (1988), Frankfurt/ Main; New York, Campus Verlag (1993).
- Töpfer, Armin (2009): *Lean Six Sigma – Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg .
- Tücks, Gregor (2010): *Ramp-Up Management in der Automobilindustrie*, Apprimus Verlag, Aachen, 1. Auflage.
- Wack, Karl-Josef (2019): *Interdisziplinäre Absicherung der Produktionsplanung in der Automobilindustrie*, Universitätsverlag Ilmenau (2020).

- Wangenheim, Sascha (1998): Planung und Steuerung des Serienanlaufs komplexer Produkte – Dargestellt am Beispiel der Automobilindustrie, Peter Lang GmbH, Frankfurt am Main (1998).
- Waurick, Timo (2014): Prozessreorganisation mit Lean Six Sigma – Eine empirische Analyse, Springer Gabler Fachmedien Wiesbaden (2014), 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage.
- Weinzierl, Josef (2006): Produktreifegrad – Management in unternehmensübergreifenden Entwicklungsnetzwerken, Ein ganzheitlicher Ansatz zur Entscheidungsunterstützung im strategischen Anlaufmanagement, Verlag Praxiswissen, Dortmund.
- Wiesinger, Georg; Housein, Giourai (2002): Schneller Produktionsanlauf von Serienprodukten – Wettbewerbsvorteile durch ein anforderungsgerechtes Anlaufmanagement, in wt Werkstattstechnik online (92), Nr.10, S.505 – 508, Carl Hanser Verlag, München.
- Wildemann, Horst (2004a): Instrumente zur Anlaufoptimierung in komplexen Wertschöpfungsketten, in Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (99), Nr.9, S.457 – 460, Carl Hanser Verlag, München.
- Wildemann, Horst (2007): Anlaufmanagement – Leitfaden zur Verkürzung der Hochlaufzeit und Optimierung der An- und Auslaufphase von Produkten, TCW-Verlag, München, 5. Auflage.
- Winkler, Helge; Heins, Michael; Nyhuis, Peter (2007): A controlling system based on cause-effect relationships for the ramp-up of production systems, in Production Management, page 103 – 111.
- Womack, James P.; Jones, Daniel T. (2003): Lean-Thinking – banish waste and create wealth in your corporation, New York Free Press (2003), 2nd Edition.
- Yamanouchi, Teruo (1989): Breakthrough: The Development of the Canon Personal Copier, Long Range Planning [22], (1989), No.22, page 11 – 21.

