

# Wertorientierte Fabrikplanung

Von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Ingenieurwissenschaften  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Peter Burggräf

## **Berichter:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Günther Schuh  
Univ.-Prof. Dr.rer.pol. Frank Thomas Piller

Tag der mündlichen Prüfung: 23. April 2012



# ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

**Peter Burggräf**

Wertorientierte Fabrikplanung

**Herausgeber:**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. F. Klocke

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. G. Schuh

Prof. Dr.-Ing. C. Brecher

Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 15/2012



**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Peter Burggräf:

Wertorientierte Fabrikplanung

1. Auflage, 2012

Apprimus Verlag, Aachen, 2012  
Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien  
an der RWTH Aachen  
Steinbachstr. 25, 52074 Aachen  
Internet: [www.apprimus-verlag.de](http://www.apprimus-verlag.de), E-Mail: [info@apprimus-verlag.de](mailto:info@apprimus-verlag.de)

ISBN 978-3-86359-125-0

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2012)

Für Ineke und Ella



# Vorwort

Danket dem HERRN; denn er ist freundlich, und seine Güte währet ewiglich.

---

*(Psalm 107,1)*

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionsmanagement des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen. Herrn Professor Günther Schuh, Inhaber des Lehrstuhls für Produktionssystematik, danke ich für die Möglichkeit zur Promotion sowie seine Unterstützung, seine Förderung und für das Vertrauen in meine Person. Das von Ihm geschaffene Umfeld war der ideale Nährboden für diese Arbeit und für meine persönliche Entwicklung. Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Professor Frank Piller für die Übernahme des Koreferats und Frau Professorin Antje Spieß für die Annahme des Prüfungsvorsitzes. Überaus wertvoll war und ist für mich die enge Zusammenarbeit mit Herrn Professor Achim Kampker. Ihm danke ich für den kritischen Austausch zu den Inhalten meiner Arbeit und die Möglichkeit, als Oberingenieur den Aufbau seines Lehrstuhls unterstützen zu dürfen.

Für die intensive, konstruktive und wertvolle Unterstützung in Bezug auf die vorliegende Arbeit bin ich meinen Kolleginnen und Kollegen am WZL und des Graduiertenkollegs Anlaufmanagement zu großem Dank verpflichtet. Die gegenseitige Hilfsbereitschaft, die hohe Motivation, die Kreativität und Freundschaft haben mir immer wieder neuen Antrieb gegeben. Hervorheben möchte ich die Zusammenarbeit mit Felix Lösch, Dr. Sebastian Gottschalk, Dr. Bastian Franzkoch, Dr. Jan Nöcker und Cathrin Wesch-Potente. Außerdem möchte ich meinen studentischen Hilfskräften und Studien- und Diplomarbeitern danken, die mich aufopferungsvoll bei meiner Arbeit am WZL unterstützt haben.

Mein größter Dank gilt meiner Frau Ineke. Sie hat bei Weitem nicht nur durch die ausgezeichnete sprachliche Korrektur des Manuskriptes zu dieser Arbeit beigetragen. In liebevoller Treue hat sie die Entbehrungen ertragen, die Ihr durch meine Arbeit entstanden sind. Auch mit den größten Geschenken werde ich dies nicht wieder gut machen können – vielen Dank! Ich freue mich auf die nun wieder frei gewordene Zeit mit Dir und Ella.

Zu guter Letzt danke ich meinen Eltern und meiner Schwester für die immerwährende und vorbehaltlose Unterstützung auf meinem bisherigen Lebensweg. Auch wenn es insbesondere am Anfang etwas schwieriger war, habt Ihr mir immer das notwendige Vertrauen geschenkt, mit dem ich die Hindernisse in meinem Leben bislang meistern konnte – Ihr seid großartig!

Aachen, im Mai 2012

Peter Burggräf



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation und Zielsetzung der Arbeit . . . . .	1
1.2. Forschungsmethodischer Rahmen . . . . .	3
1.3. Einordnung der Arbeit in das Graduiertenkolleg Anlaufmanagement . . . . .	8
1.4. Aufbau der Arbeit . . . . .	9
<b>2. Forschungsgegenstand Fabrikplanung</b>	<b>13</b>
2.1. Grundlagen der Fabrikplanung . . . . .	13
2.1.1. Die Fabrik als Objekt der Planung . . . . .	14
2.1.2. Ziel und Anlass der Planung . . . . .	21
2.1.3. Vorgehen und Werkzeuge der Planung . . . . .	27
2.1.4. Planer und Beteiligte als Subjekte der Planung . . . . .	32
2.1.5. Zwischenfazit zu den Grundlagen der Fabrikplanung . . . . .	37
2.2. Herausforderungen in der Fabrikplanung . . . . .	38
2.2.1. Verlagerung einer Fertigung für Motorkomponenten . . . . .	40
2.2.2. Produktionskonzept für ein neues Serien-Produkt . . . . .	41
2.2.3. Optimierung einer Patronen-Montage . . . . .	42
2.2.4. Entwicklung eines skalierbaren Produktionskonzeptes . . . . .	43
2.2.5. Zwischenfazit zu den Fallbeispielen . . . . .	44
2.3. Handlungsbedarf . . . . .	45
2.3.1. Defizit der bestehenden Vorgehensweise . . . . .	45
2.3.2. Entwicklungsbedarf einer wertorientierten Fabrikplanung . . . . .	50
<b>3. Wertorientierte Managementansätze</b>	<b>53</b>
3.1. Diskurs über den Wertbegriff . . . . .	53
3.2. Theorieansätze zur Wertorientierung . . . . .	61
3.2.1. Unternehmensbewertung . . . . .	61
3.2.2. Strategisches Management . . . . .	68
3.2.3. Wertorientierung in der Produktionstheorie . . . . .	74
3.2.4. Wertorientiertes Projektmanagement . . . . .	79
3.2.5. Zwischenfazit zu den vorgestellten Theorieansätzen . . . . .	84
3.3. Ansätze und Defizite zur Wertorientierung in der Fabrikplanung . . . . .	84
3.3.1. Kritische Würdigung existierender Ansätze in der Fabrikplanung . . . . .	85
3.3.2. Defizit zur Wertorientierung in der Fabrikplanung . . . . .	88
<b>4. Entwurf der wertorientierten Fabrikplanung</b>	<b>91</b>
4.1. Anforderung an eine wertorientierte Fabrikplanung . . . . .	91
4.1.1. Integration der Wertorientierung in die Fabrikplanungstheorie . . . . .	91
4.1.2. Erklärungsbedürfnis: Mehrwertmechanismus der Fabrikplanung . . . . .	93

4.1.3.	Bewertungs- und Entscheidungsbedürfnis: Messbarer Unternehmens-	
	mehrwert durch die Fabrikplanung . . . . .	95
4.1.4.	Gestaltungsbedürfnis: Befähigung zur wertorientierten Fabrikplanung	97
4.1.5.	Zwischenfazit . . . . .	97
4.2.	Konzeption des Bewertungsmodells Return on Planning . . . . .	97
4.2.1.	Effizienzstreben der Planung . . . . .	99
4.2.2.	Effektivitätsstreben der Planung . . . . .	99
4.2.3.	Berücksichtigung des Planungskontextes . . . . .	102
4.2.4.	Rentabilitätsstreben der Planung: Return on Planning . . . . .	104
4.3.	Fazit und Implikationen . . . . .	106
<b>5.</b>	<b>Bewertungsmodell für die Fabrikplanung</b>	<b>109</b>
5.1.	Formale Anforderungen und Einordnung . . . . .	109
5.1.1.	Allgemeine Anforderungen . . . . .	109
5.1.2.	Anforderungen an die Planungskostenrechnung . . . . .	111
5.1.3.	Anforderungen an die Planungsnutzenrechnung . . . . .	113
5.2.	Modell der Planungskosten . . . . .	114
5.2.1.	Kostentreiber Planungsinhalt . . . . .	116
5.2.2.	Kostentreiber Planungsumfang . . . . .	120
5.2.3.	Kostentreiber Planungsintensität . . . . .	127
5.2.4.	Planungskompetenz . . . . .	130
5.2.5.	Berechnung der Planungskosten . . . . .	133
5.3.	Modell des Planungsnutzens . . . . .	135
5.3.1.	Planungsziel Anlaufgeschwindigkeit . . . . .	136
5.3.2.	Planungsziel Investitionskosten . . . . .	140
5.3.3.	Planungsziel Produktivität . . . . .	144
5.3.4.	Planungsziel Wandlungsfähigkeit . . . . .	148
5.3.5.	Planungskomplexität . . . . .	157
5.3.6.	Berechnung des Planungsnutzens . . . . .	159
<b>6.</b>	<b>Leistungskennzahlen und Wirkmodell für die Fabrikplanung</b>	<b>165</b>
6.1.	Leistungskennzahlen . . . . .	165
6.1.1.	Anforderungen an die Bestimmung der Leistungskennzahlen . . . . .	165
6.1.2.	Planungseffizienz . . . . .	167
6.1.3.	Planungseffektivität . . . . .	168
6.1.4.	Planungsrentabilität (Return on Planning) . . . . .	169
6.2.	Modellierung der Wirkbeziehung . . . . .	170
6.2.1.	Anforderungen aus der Theorie des vernetzten Denkens . . . . .	171
6.2.2.	Erfassung der Problemsituation zur Beschreibung der Wirkbeziehungen	175
6.2.3.	Analyse der Wirkbeziehungen . . . . .	176
6.2.4.	Abbildung der funktionalen Wirkbeziehungen . . . . .	183
6.3.	Resultierende Lenkungsmöglichkeiten und Strategien . . . . .	187
6.3.1.	Lenkungsmöglichkeiten für den ROP . . . . .	187
6.3.2.	Wertentstehung in der Fabrikplanung . . . . .	195
<b>7.</b>	<b>Demonstration und Validierung</b>	<b>199</b>
7.1.	Gestaltungsmodell für die Konfiguration des Return on Planning . . . . .	199

7.2. Vorbereitung des Fallbeispiels durch Pre-Tests . . . . .	201
7.2.1. Wirtschaftlichkeitsbewertung einer Prozessoptimierung in der Automobilindustrie . . . . .	201
7.2.2. Reorganisation und Optimierung einer Werkstattfertigung im Maschinen- und Anlagenbau . . . . .	204
7.2.3. Fazit zu den Pre-Tests . . . . .	208
7.3. Fabrikplanung für eine TiAl-Schmiede . . . . .	208
7.3.1. Planungskosten . . . . .	216
7.3.2. Planungsnutzen . . . . .	220
7.3.3. Berechnung der Planungsrentabilität . . . . .	223
7.3.4. Kritische Reflexion der Fallstudie . . . . .	225
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>229</b>
8.1. Für Theorie und Wissenschaft . . . . .	229
8.2. Für Industrie und Praxis . . . . .	230
<b>Literatur</b>	<b>231</b>
<b>A. Hintergründe zur Expertenbefragung</b>	<b>249</b>
A.1. Vorgehensweise . . . . .	250
A.2. Ergebnisse . . . . .	255
<b>B. Wertetabellen zur Berechnung des einfachen Planungsaufwandes</b>	<b>259</b>
B.1. Wertetabelle für den Moduleinheitsaufwand ( $M_i$ ) . . . . .	260
B.2. Wertetabelle zur Bestimmung der Planungsbreite ( $B_i$ ) . . . . .	261
B.3. Wertetabelle zur Bestimmung der Planungstiefe ( $T_i$ ) . . . . .	262
B.4. Wertetabelle zur Bestimmung des Lösungsraums ( $L_i$ ) . . . . .	263
<b>C. Hintergründe zum Fallbeispiel</b>	<b>265</b>



# Abbildungsverzeichnis

1.1. RENÉ MAGRITTE: La condition humaine . . . . .	5
1.2. Die Entwicklung der Wissenschaft nach KUHN . . . . .	6
1.3. Aufbau der Arbeit . . . . .	10
2.1. Domänen der Fabrikplanungsontologie . . . . .	15
2.2. Grundbegriffe der Systemtechnik . . . . .	16
2.3. Ausgestaltetes CIM-OSA-Klassifikationsmodell . . . . .	17
2.4. Die Beziehung zwischen Einzelzielen in einem Zielsystem . . . . .	23
2.5. Überblick der Fabrikplanungstreiber . . . . .	24
2.6. Planungspyramide nach AGGTELEKY . . . . .	29
2.7. Phasen der Fabrikplanung nach KETTNER . . . . .	29
2.8. Handlungskompetenz . . . . .	33
2.9. Erwartungsmodell nach VROOM . . . . .	35
2.10. Hindernisse zur Erweiterung der digitalen Fabrik . . . . .	48
2.11. Evolution des Leichtbaus eines Kragbalkens . . . . .	49
3.1. Spannungsfeld des Wertbegriffs . . . . .	60
3.2. Du-Pont-System of Financial Control . . . . .	66
3.3. Aufbau des Shareholder Value . . . . .	68
3.4. Wertkette nach PORTER . . . . .	71
3.5. Ein Kompetenzmodell für der Produktion . . . . .	72
3.6. Wettbewerbs Eigenschaften von Kernkompetenzen . . . . .	74
3.7. Ebenen der Mitarbeiterflexibilität und deren Gestaltungsmöglichkeiten . . . . .	78
3.8. Earned-Value-Analyse im Projektverlauf . . . . .	82
4.1. Verbindung des wertorientierten Managements mit der Fabrikplanung . . . . .	92
4.2. Auswahl gängiger Planungsmodule . . . . .	100
4.3. Nutzenpotenziale der Fabrikplanung . . . . .	101
4.4. Unterscheidung zwischen absolutem und relativem Nutzen . . . . .	103
4.5. Bewertungsmodell der Fabrikplanung . . . . .	104
4.6. Konfiguration des Return on Planning auf Planungsebene . . . . .	105
4.7. Integration von Fabrik (Planungsobjekt) und Planer (Planungssubjekt) . . . . .	106
4.8. Kosten-Nutzen-Portfolio der Fabrikplanung . . . . .	108
5.1. Ressourcenorientierte Prozesskostenrechnung nach SCHUH . . . . .	113
5.2. Zusammensetzung der Planungskosten. Die verwendeten Abkürzungen stehen als Stellvertreter für unterschiedliche Planungsmodule (siehe Abkürzungsverzeichnis). . . . .	115
5.3. Modularisierungsprinzipien und ihre Anwendung bei der modularen Fabrikplanung . . . . .	117
5.4. Gekapselte Planungsmodule . . . . .	118

5.5. Auswahl vernetzter Planungsmodule . . . . .	119
5.6. Planungskubus zur Bestimmung des Planungsumfangs . . . . .	120
5.7. Planungstiefe, Hierarchie und Verästelung am Beispiel der Layoutplanung . . . . .	122
5.8. Honorare in Abhängigkeit von der Objektgröße nach HOAI . . . . .	125
5.9. Funktionaler Zusammenhang zwischen den Dimensionen Planungsaufwand und Lösungsraum . . . . .	127
5.10. Interaktivität zwischen den gleichzeitig aktiven Planungsmodulen . . . . .	130
5.11. Unterschiedliche Lernkurvenmodelle . . . . .	132
5.12. Planungslernkurve nach de Jong Lernkurve . . . . .	132
5.13. Zusammensetzung des Planungsnutzens . . . . .	136
5.14. Phasen des Produktionsanlaufs . . . . .	137
5.15. Zielsystem des Produktionsanlaufs . . . . .	139
5.16. Investitionsarten . . . . .	143
5.17. Veränderungstreiber der Fabrik . . . . .	152
5.18. Kosten und Nutzen der Wandlungsfähigkeit . . . . .	156
5.19. Portfolio der Planungskomplexität . . . . .	159
5.20. Planungsnutzenprofil mit Beispielergebnissen zur Veranschaulichung . . . . .	163
6.1. Methodik des vernetzten Denkens . . . . .	172
6.2. Wirkbeziehungen der wertorientierten Fabrikplanung . . . . .	176
6.3. Lösungsraumtrichter zur Veranschaulichung der Wiederverwertung von Lösungsalternativen . . . . .	182
6.4. Die Planungsmodule (Planungsinhalt) mit dem jeweils größten Einfluss auf die Nutzenpotenziale . . . . .	184
6.5. Lösungsraum . . . . .	186
6.6. Übersicht der funktionalen Wirkbeziehungen . . . . .	188
6.7. Das Verhältnis von Zurechenbarkeit und Planbarkeit . . . . .	189
6.8. ROP-Entwicklung über den zeitlichen Projektverlauf . . . . .	190
6.9. Stabilisierte ROP-Entwicklung über den zeitlichen Projektverlauf. . . . .	191
6.10. Das Fabrikplanungsprojekt in Systemdarstellung . . . . .	192
6.11. Fabrikplanung im Regelkreis . . . . .	192
6.12. Die Systemgrößen und ihr Übertragungsverhalten . . . . .	193
6.13. Wertentstehungsmodell der Fabrikplanung . . . . .	196
6.14. Zusammenfassung der Planungsmodule zu Planungsdomänen . . . . .	197
7.1. Schematische Darstellung des Gesamtmodells . . . . .	200
7.2. Die ursprüngliche Prozessgestaltung des Fertigungsbereichs . . . . .	202
7.3. Die Prozessgestaltung der Klebefertigung nach der Planung . . . . .	202
7.4. Darstellung des Ist-Zustandes eines Transportweges . . . . .	205
7.5. Darstellung des Soll-Zustandes eines Transportweges . . . . .	206
7.6. Erstes Fabriklayout nach Vorplanung-1 . . . . .	209
7.7. Finales Fabriklayout für das Jahr 2023 . . . . .	209
7.8. Dreidimensionale Abbildung der TiAl-Fabrik . . . . .	210
7.9. Projektstandskurve nach Vorplanung-1 . . . . .	213
7.10. Projektstandskurve nach Vorplanung-2 . . . . .	214
7.11. Die Projektstandskurven im Vergleich . . . . .	215
7.12. Vergleich der Preisentwicklung für die TiAl-Bauteile . . . . .	222

7.13. Der relative Nutzen der Produktivität und seine Bestandteile . . . . .	223
A.1. Vorgehensweise zur Durchführung der Experteninterviews . . . . .	251
A.2. Leitfaden zur Durchführung der Interviews . . . . .	254
C.1. Projektplan des Fallbeispiels . . . . .	267
C.2. Planungsmodule mit Anzahl der Modulinteraktionen . . . . .	269



# Tabellenverzeichnis

2.1. Morphologie für Wertvorstellungsprofile . . . . .	22
2.2. Übersicht der Fallbeispiele und Ursachen des Scheiterns . . . . .	40
3.1. Paradigmen der Unternehmensbewertung . . . . .	62
3.2. Direkte Kosteneinsparung und indirekte Nutzensteigerung durch Projektmanagement . . . . .	80
4.1. Zusammenfassung der Anforderungen an die wertorientierte Fabrikplanung . . . . .	98
5.1. Die vier Ebenen des Rechnungswesens . . . . .	111
5.2. Qualifikationsmatrix der Fabrikplanung . . . . .	131
5.3. Nutzenpotenziale des Produktionsanlaufs . . . . .	140
5.4. Relation der Vermögenswerte am Beispiel der Paul Müller GmbH . . . . .	142
5.5. Nutzenpotenziale der Investition (Teil 1) . . . . .	145
5.6. Nutzenpotenziale der Investition (Teil 2) . . . . .	146
5.7. Relation der Aufwandsarten am Beispiel der Paul Müller GmbH für die Geschäftsjahre 2008 und 2009 . . . . .	147
5.8. Nutzenpotenziale der Produktivität (Teil 1) . . . . .	149
5.9. Nutzenpotenziale der Produktivität (Teil 2) . . . . .	150
5.10. Hindernisse und Voraussetzungen für größere Wandlungsfähigkeit . . . . .	153
5.11. Wandlungsobjekte . . . . .	154
5.12. Nutzenpotenziale der Wandlungsfähigkeit . . . . .	157
6.1. Einflüsse der Konfiguration des Planungsinhaltes auf die Nutzenpotenziale . . . . .	178
6.2. Gesamteinflussmatrix von Planungsinhalt, Planungsbreite, Planungstiefe, Lösungsraum und Planungsintensität gegenüber den Nutzenpotenzialen . . . . .	183
7.1. Werte der Faktoren zur Berechnung der Planungskosten . . . . .	203
7.2. Ergebnisse der Rentabilitätsrechnung . . . . .	204
7.3. Planungskosten Reorganisationsprojekt . . . . .	206
7.4. Gewinnentwicklung und absoluter Nutzen nach Vorplanung-1 . . . . .	212
7.5. Investitionen und Ausgaben für Planungsleistungen des Projektes . . . . .	212
7.6. Gewinnentwicklung und absoluter Nutzen nach Vorplanung-2 . . . . .	215
7.7. Der Planungsumfang der Vorplanung-1 mit den dazugehörigen Faktoren . . . . .	217
7.8. Der Planungsaufwand durch Vorplanung-1 . . . . .	218
7.9. Der Planungsumfang der Vorplanung-2 mit den dazugehörigen Faktoren . . . . .	219
7.10. Der Planungsaufwand durch Vorplanung-2 . . . . .	219
7.11. Die Nutzenpotenziale pro Jahr und der relative Gesamtnutzen . . . . .	224
A.1. Unternehmensvorauswahl für Experteninterviews . . . . .	252
B.1. Wertetabelle zum Moduleinheitsaufwand ( $M_i$ ) der Planungsmodule . . . . .	260

B.2. Wertetabelle zur Planungsbreite ( $B_i$ ) der Planungsmodule . . . . . 261  
B.3. Wertetabelle zur Planungstiefe ( $T_i$ ) der Planungsmodule . . . . . 262  
B.4. Wertetabelle zum Lösungsraum ( $L_i$ ) der Planungsmodule . . . . . 263

# Abkürzungen und Formelzeichen

## Abkürzungen

AC	.....	Actual Costs	PT	.....	Personentage
AMICE	..	European Computer Integrated Manufacturing Architecture	PSF	.....	Project-Scatter-Factor, siehe Gleichung (5.4)
AV	.....	Planungsmodul: Arbeitsvorbereitung	PSM	....	Produktionsstrukturmatrix
BAB	....	Betriebsabrechnungsbogen	PV	.....	Planned Value
CBV	....	Competence-Based-View	RBV	....	Resource-Based-View
CIM-OSA		Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture	ROI	.....	Return on Investment
DCF	....	Discounted Cash Flow	ROP	....	Return on Planning
EDV	....	Elektronische Datenverarbeitung	SOP	.....	Start of Production
EV	.....	Earned Value	TPS	.....	Toyota Production System
EWR	....	Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung	TPM	....	Total Productive Maintenance. Ganzheitliches Konzept zur Steigerung der Anlagenverfügbarkeit und Auslastung.
FCF	.....	Free Cash Flow	u. a.	.....	unter anderem
FTS	.....	Fahrerloses Transportsystem	USA	.....	United States of America
HOAI	...	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure	VDI	.....	Verein Deutscher Ingenieure
IMVP	...	International Motor Vehicle Program	VDMA	..	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
KGV	....	Kurs-Gewinn-Verhältnis	WA	.....	Wertanalyseobjekt
LAY	.....	Planungsmodul: Layoutplanung	WZL	....	Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen
MBV	....	Market-Based-View			
AMFP	..	Planungsmodul: Materialflussplanung			
MIT	.....	Massachusetts Institute of Technology			
MPA	....	Modular Plant Architecture			
NPV	....	Net Present Value			
OEE	....	Overall Equipment Effectiveness. Kennzahl zur Bestimmung der Anlagenauslastung.			
OP	.....	Planungsmodul: Organisationsplanung			
PAB	.....	Planungsabrechnungsbogen			
PMI	.....	Project Management Institute			
PPS	.....	Planungsmodul: Produktions-			

**Formelzeichen**

$AN_{k,l,m}$ ..	Relativer Nutzen durch die Anlaufgeschwindigkeit in €	$ProN_{k,l,m}$	Relativer Nutzen durch die Produktivität in €
$A$ .....	Einfacher Planungsaufwand in PT, siehe Gleichung (5.8)	$P$ .....	Planungsvollkosten in €, siehe Gleichung (5.13)
$A^+$ .....	Erweiterter Planungsaufwand in PT, siehe Gleichung (5.10)	$PN_{abs}$ .....	Absoluter Planungsnutzen in €, siehe Gleichung (5.17)
$a_t$ .....	Auszahlung zum Zeitpunkt $t = n$	$PEK$ .....	Planungseffektivität
$b$ .....	Planungskapazität als Anzahl beteiligter Planer	$PEZ$ .....	Planungseffizienz
$B_i$ .....	Planungsbreite	$PM$ .....	Planungsmehrwert in €, siehe Gleichung (6.3)
$C_0$ .....	Kapitalwert in €, siehe Gleichung (5.1)	$q$ .....	Qualifikation des Planers
$D$ .....	Äußere Umstände	$R$ .....	Unreduzierbarkeitsmaß des Qualifikationseinflusses
$E$ .....	Planungseinzelkosten in €, siehe Gleichung (5.11)	$S$ .....	Personaleinzelkostensatz in € pro PT
$e_t$ .....	Einzahlung zum Zeitpunkt $t = n$	$t$ .....	Planungszeitraum in Tagen, siehe Gleichung (5.3)
$G$ .....	Gemeinkostensatz	$T_i$ .....	Planungstiefe
$IN_{k,l,m}$ ..	Relativer Nutzen durch die Investitionskosten in €	$U_i$ .....	Planungsumfang
$i$ .....	Indikator für eine spezielles Planungsmodul	$v$ .....	Anzahl der Lösungsvarianten
$I_0$ .....	Investitionen zum Zeitpunkt $t = 0$ in €	$WN_{k,l,m}$ ..	Relativer Nutzen durch die Wandlungsfähigkeit in €
$I_M$ .....	Modulintensität (dimensionslos), siehe Gleichung (5.5)	$X$ .....	Andere, externe Planungsleistungen in €
$I_P$ .....	Projektintensität (dimensionslos), siehe Gleichung (5.6)	$x$ .....	Anzahl der Lösungsvarianten, ab der keine weiteren Lerneffekte zu erwarten sind
$j$ .....	Anzahl der Interaktionslinien	$Z$ .....	Sonderzeinelkosten der Planung in €
$K_i$ .....	Planungskompetenz in Abhängigkeit von der Qualifikation der Planer, siehe Gleichung (5.7)	$z$ .....	interner Zinssatz
$l_1$ .....	Steigung der Lösungsraumkurve im ersten Bereich		
$l_2$ .....	Steigung der Lösungsraumkurve ohne Wirkung von Lerneffekten		
$L_i$ .....	Lösungsraum		
$M_i$ .....	Moduleinheitsaufwand in PT		
$n$ .....	Anzahl der zu beplanenden Planungsmodule		
$N_{abs}$ .....	Absoluter Nutzen in €, siehe Gleichung (5.16)		
$PN_{rel}$ .....	Relativer Planungsnutzen in €,		

# 1. Einleitung

Was wir beobachten, ist nicht die Natur selbst,  
sondern Natur, die unserer Art Fragestellung  
ausgesetzt ist.

---

(Werner Heisenberg)

## 1.1. Motivation und Zielsetzung der Arbeit

Das Leitmotiv dieser Arbeit ist die Frage nach dem Nutzen der Fabrikplanung. Dieser Frage begegnet der anwendungsorientierte Wissenschaftler in zwei Bereichen. Zum einen stellt sich diese Frage bei jedem anstehenden Fabrikplanungsprojekt in der industriellen Praxis, bei dem die notwendigen Planungsschritte und das Projektdesign festgelegt werden: Zur Maximierung seines Ertrages will der Auftraggeber Klarheit darüber, welcher Aufwand für die Planung gerechtfertigt ist. Zum anderen wird diese Frage gestellt, wenn es um die zukünftige wissenschaftliche Weiterentwicklung der Fabrikplanung geht. Die Weiterentwicklung erfordert nach vielen Jahren der Erforschung von Einzelmodellen eine grundlegende Basis, die das Ursache-Wirkungs-Prinzip der Fabrikplanung durch eine evaluierbare Theorie zugänglich macht. Die Ursache bezieht sich dabei auf das planerische Handeln und die Wirkung auf den monetären Nutzen des Planungsergebnisses.

Neben dem reinen Streben nach neuen Erkenntnissen besitzt die Frage nach dem Nutzen der Fabrikplanung gesellschaftliche Relevanz für industriell geprägte Volkswirtschaften und insbesondere für Deutschland. Im Jahre 2009 hatte das produzierende Gewerbe einen Anteil von 22 % an der Bruttowertschöpfung in Deutschland.<sup>1</sup> Damit kommt fast jeder vierte in Deutschland erwirtschaftete Euro aus einer Fabrik. Gleichzeitig arbeitet mit 7,4 Mio. Erwerbstätigen auch ca. ein Fünftel aller Erwerbstätigen in Deutschland im verarbeitenden Gewerbe.<sup>2</sup> Trotz des anhaltenden Trends zur Tertiärisierung ist die Bedeutung des verarbeitenden Gewerbes für den Lebensalltag vieler Menschen und das wirtschaftliche Wohlergehen der Bevölkerung offensichtlich. Damit geht auch der Bedarf geeigneter Betriebsstätten einher. In den USA, der aktuell größten Volkswirtschaft, wurden seit 1955 durchschnittlich 3,2% des Bruttonationaleinkommens in den Bau neuer Fertigungshallen investiert.<sup>3</sup> Trotz der anzunehmenden industriellen Reife werden auch hierzulande neue Fabriken geplant und gebaut. So wurden im Jahre 2008 beispielsweise 4.655 neue Fabrik- und Werkstattgebäude mit einer durchschnittlichen Nutzfläche von 1.561 m<sup>2</sup> errichtet.<sup>4</sup>

Die Bedeutung der Fabrikplanung für das verarbeitende Gewerbe ist allerdings schwer zu beziffern und Teil der Fragestellung, die mit dieser Arbeit beantwortet werden soll. Fest steht jedoch, dass der Anfangspunkt eines Produktionsortes die Fabrikplanung ist.

---

<sup>1</sup>Vgl. Statistisches Bundesamt, *Statistisches Jahrbuch 2010*, S. 623.

<sup>2</sup>Vgl. Statistisches Bundesamt, *Statistisches Jahrbuch 2010*, S. 75.

<sup>3</sup>Vgl. Tompkins, White und Bozer, *Facilities Planning*, S. 10. Im Jahre 2009 wurden in den USA 74 Mrd. US-\$ in neue Fabrikgebäude investiert, vgl. U.S. Census Bureau, *The 2011 Statistical Abstract*, S. 604, Tabelle 959.

<sup>4</sup>Vgl. Statistisches Bundesamt, *Statistisches Jahrbuch 2010*, S. 289.

Dabei legt die Fabrikplanung fest, auf welche Weise und mit welchen Mitteln ein zu produzierendes Gut hergestellt wird. Der anschließende Produktionsbetrieb ist daher abhängig von den Strukturen und Rahmenbedingungen, die durch die Fabrikplanung erzeugt wurden. Dementsprechend hört der Einfluss der Fabrikplanung nicht mit der Fertigstellung des Fabrikbaus auf, sondern bleibt bis zum Ende des Fabriklebenszyklusses bestehen.

Das System Fabrikplanung ist ein schwer zugängliches Themengebiet, obwohl die der Fabrikplanung zugrunde liegende Problemstellung einen klaren Anfangs- und Endzustand besitzt. Die Schwierigkeiten resultieren nicht aus einer Orientierungslosigkeit als vielmehr aus der Struktur des Systems selbst. Es ist komplex, interdependent, groß, offen und sozio-technisch geprägt und erfüllt damit die wesentlichen Komplexitätskriterien. Die Vielzahl zu berücksichtigender Elemente (zum Beispiel Vielzahl der Prozesse und Ressourcen) und ihr dynamisches Verhalten (zum Beispiel Prognoseschwankungen, Technologieentwicklungen) machen die Fabrikplanung komplex. Die Elemente stehen dabei in wechselwirkenden Beziehungen zueinander (zum Beispiel Ressourcen und Prozesse, Planer und Betreiber), die zu einem interdependenten Wirknetz führen. Fabrikplanung hat allein wegen seiner Investitionsintensität und der Langfristigkeit des Lebenszyklusses eine besondere Größe relativ zu anderen betrieblichen Fragestellungen. Außerdem ist Fabrikplanung kein geschlossenes System, sondern insbesondere durch die vielen Schnittstellen zur Außenwelt und der Tendenz zur kontinuierlichen Fabrikplanung im Produktionsbetrieb ein offenes System, dessen Grenzen vielfach verschwimmen. Schließlich muss der Komponente Mensch sowohl psychologisch als auch soziologisch eine entscheidende Bedeutung beigemessen werden, da viele Entscheidungen in der Fabrikplanung nur verhaltenswissenschaftlich erklärt werden können.

Außer Frage steht, dass die Black-Box *Fabrikplanung* im Allgemeinen gut funktioniert. Dies zeigt sich in den unzähligen Beispielen gut geplanter Fabriken. Jedoch gibt es keinen dominanten Theorieansatz, der die Wirkungsweise zwischen der Planung und der Qualität des Planungsergebnisses zu erklären vermag. Die Situation ist vergleichbar mit einem Medikament, das seine Wirkung zeigt, bei dem jedoch die Art und Weise der Wirkung unbekannt ist. Daraus ergibt sich die Gefahr unbekannter Nebenwirkungen oder Unverträglichkeiten.

Die vorliegende Arbeit entwirft ein Erklärungs- und Bewertungsmodell für die konfigurierbare Fabrikplanung. Die Ausführung orientiert sich an dem Ziel, dem Fabrikplaner ein geeignetes Werkzeug zu geben, das es ihm ermöglicht, durch seine Konfiguration des Planungsprojektes einen möglichst großen Nutzen bei minimalem Planungseinsatz erzielen zu können.

Mit dem Zusammenspiel von Aufwand und Nutzen beschäftigen sich viele Teildisziplinen der Ingenieur- und Betriebswissenschaften, deren Erkenntnisse mit dem Begriff Wertorientierung als Metadisziplin gebündelt werden. Die Zielsetzung dieser Arbeit legt es nahe zu untersuchen, in welcher Form die Erkenntnisse der Wertorientierung genutzt werden können. Mit der vorliegenden Arbeit soll daher folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

*Lässt sich der monetäre Nutzen der Fabrikplanung a priori bestimmen?*

Dies lässt sich weiter in Unterfragen gliedern, die die Arbeit leiten sollen:

- An welcher Stelle scheitern Fabrikplanungsprojekte in der Praxis und worin liegt die Ursache?

- Wie können die Erkenntnisse der Wertorientierung für die Kosten-Nutzen-Bewertung der Fabrikplanung in der industriellen Praxis genutzt werden?
- Welche inhaltliche Struktur muss das Bewertungsmodell für die Fabrikplanung annehmen?
- Welche Wirkbeziehungen bestehen zwischen den beeinflussbaren Größen und dem Planungsnutzen?
- Lässt sich das erarbeitete Bewertungsmodell für die Fabrikplanung in der Praxis nutzen und welche Konsequenzen hat dies für die Zukunft in Industrie und Forschung?

## 1.2. Forschungsmethodischer Rahmen

Grundlage jeder wissenschaftlichen Fragestellung ist ein Satz grundlegender Prinzipien, die nicht mehr weiter begründet werden müssen.<sup>5</sup> Nach LAKATOS besteht eine Theorie „aus dem nicht falsifizierbaren und das Grundverständnis der Forschergruppe ausdrückenden harten Kern, umgeben von schützenden Hilfhypothesen, die der Falsifizierbarkeit unterliegen.“<sup>6</sup> Mit der Beschreibung des *harten Kerns* werden die dem Forschungsansatz und insbesondere dem Forschungssubjekt innewohnenden Vorurteile offengelegt, die zugleich Grundlage und Begrenzung des Erkenntnisprozesses darstellen.<sup>7</sup> Durch das Offenlegen dieser Prämissen werden das Subjektivitätsdefizit einer wissenschaftlichen Arbeit überwunden und die intersubjektive Nachprüfbarkeit der Aussagen ermöglicht.<sup>8</sup> Die Offenlegung erfolgt für die epistemologische und wissenschaftstheoretische Meta-Ebene innerhalb dieses Abschnittes. Die gegenüber dem Forschungsgegenstand selbst zugrunde liegenden Vorurteile sind Thema der Theorieeinführungen des zweiten und dritten Kapitels.

Die Wissenschaften lassen sich nach CARNAP in die Formal- und Realwissenschaften unterteilen.<sup>9</sup> Formalwissenschaften sind zum Beispiel die Mathematik, die Logik oder die Philosophie und verfolgen das Ziel, Zeichensysteme mit Regeln zur Verwendung dieser Zeichen zu konstruieren. Ziel der Realwissenschaften hingegen ist es, sinnlich wahrnehmbare Wirklichkeitsausschnitte empirisch zu beschreiben, zu erklären und zu gestalten. Zusätzlich werden die Realwissenschaften nach ULRICH und HILL in die reinen Grundlagenwissenschaften und die angewandten Handlungswissenschaften aufgegliedert.<sup>10</sup>

Die reinen Grundlagenwissenschaften problematisieren einen Theoriezusammenhang, mit dem ein besseres Verständnis der belebten und unbelebten Natur erzielt werden soll. Darunter fallen insbesondere die Naturwissenschaften. Die angewandten Wissenschaften suchen nach Erkenntnissen über das Verhalten von Menschen, beginnend beim Individuum (Psychologie) bis hin zur Gesellschaft (Soziologie). Während für die Grundlagenwissenschaften die Realität den Untersuchungsgegenstand darstellt, ist diese für die angewandten Wissenschaften lediglich Ausgangspunkt zur Gestaltung zukünftiger Realitäten.

---

<sup>5</sup>Vgl. Guba und Lincoln, „Handbook of qualitative research“, S. 107.

<sup>6</sup>Zitiert aus Poser, *Wissenschaftstheorie*, S. 159. Vgl. auch Lakatos, „Criticism and the Growth of Knowledge“.

<sup>7</sup>Vgl. H. Ulrich, „Betriebswirtschaftslehre“, S. 43.

<sup>8</sup>Vgl. Seiffert, *Einführung in die Wissenschaftstheorie*, S. 203f.

<sup>9</sup>Vgl. Carnap, „Formalwissenschaft und Realwissenschaft:“ S. 30.

<sup>10</sup>Vgl. P. Ulrich und W. Hill, „Wissenschaftstheoretische Grundlagen“, S. 305.

Die forschungsleitende Frage zu dieser Arbeit entstand durch die Beobachtung betriebswirtschaftlicher Zusammenhänge der industriellen Produktion. Dies bezieht sich im Speziellen auf Fragen der Kosten- und Nutzenbewertung innerhalb der Fabrikplanung, die bei allen Planungsprojekten thematisiert wurden. Die hier beobachteten Erkenntnisdefizite sind der Ausgangspunkt für die wissenschaftliche Arbeit, die das Ziel verfolgt, in zukünftigen Situationen bessere Antworten auf die Fragen geben zu können und damit die Realität aktiv und positiv zu gestalten. Ausgangspunkt und Zielsetzung sprechen dafür, diese Arbeit den angewandten Wissenschaften zuzuordnen und die für diese Wissenschaftskategorie geeignete Forschungskonzeption anzuwenden.

Zuvor gilt es jedoch einzuordnen, welchem erkenntnistheoretischen Leitmotiv bei der Gestaltung der Forschungskonzeption gefolgt wird. Denn trotz andauernder und intensiver philosophischer Diskussion gibt es keine eindeutige und allgemein akzeptierte Antwort darauf, was eine Erkenntnis ausmacht und ob überhaupt von einem Erkenntnisfortschritt gesprochen werden kann. Allgemeiner gesagt sind die Grundprobleme der Erkenntnistheorie letztendlich auch die Fragen der eigenen *Welt-Anschauung*.<sup>11</sup>

Die Erkenntnistheorie des Konstruktivismus verdeutlicht die Problematik. Zentrale These ist hier, dass Wahrnehmung nicht die Abbildung der Realität liefert, sondern *immer* eine Konstruktion zusammengesetzt aus Reizen und Gedankenleistung ist.<sup>12</sup> Radikal drückt dies VON FOERSTER aus: „Die Umwelt, die wir wahrnehmen, ist unsere Erfindung“ (siehe dazu auch Abbildung 1.1).<sup>13</sup> Grundlage für diese Skepsis gegenüber Wahrheitsansprüchen bilden neben philosophischen Vorarbeiten und den relativistischen Erkenntnissen der Physik die neurobiologischen Studien von MATURANA und VARELA.<sup>14</sup> Drei Schlussfolgerungen ergeben sich für diese Arbeit.

Erstens rückt das *theoretische Konstrukt* (bzw. Modell oder Artefakt) in den Mittelpunkt der wissenschaftlichen Arbeit. Es ist gleichsam Objekt, Werkzeug und Ergebnis der Forschung. Modelle haben nicht mehr nur Repräsentationsfunktion, sondern werden durch eine Zweckorientierung aufgewertet.<sup>15</sup> Wegen des Anwendungszusammenhangs dieser Arbeit geht es nicht um „Modelle von“ der Realität, sondern um „Modelle für“ die Realität. In dieser Arbeit nimmt das Bewertungsmodell der Fabrikplanung diese zentrale Position ein. Es ist das wertmäßige Abbild der Fabrikplanung, Werkzeug für die Untersuchung der Kosten-Nutzen-Beziehungen und gleichzeitig Ergebnis der Forschungsarbeit.

Zweitens ist das theoretische Konstrukt nicht mehr ohne den Beobachter und das Wechselspiel zwischen Beobachter und Beobachtetem vorstellbar. Drittens lehrt uns der Konstruktivismus Bescheidenheit gegenüber Wahrheitsansprüchen. Um es mit HEGEL zu sagen: „Gott allein ist die wahrhafte Übereinstimmung des Begriffs und der Realität; alle endlichen Dinge aber haben eine Unwahrheit an sich, sie haben einen Begriff und eine Existenz, die aber ihrem Begriff unangemessen ist [...]“.<sup>16</sup> Auf der einen Seite verunsichert diese Sichtweise den Wissenschaftler, auf der anderen Seite ermöglicht sie das Infragestellen von Bestehendem und ist der Impuls für die Suche nach Neuem.

---

<sup>11</sup>Vgl. Gabriel, *Erkenntnistheorie*, S. 11.

<sup>12</sup>Vgl. Mateja, *Wahrheit, Wirklichkeit & Co. Sechs konstruktivistische Plaudereien über Gott und die Welt*, S. 9-19.

<sup>13</sup>Foerster, *Wissen und Gewissen - Versuch einer Brücke*, S.26.

<sup>14</sup>Vgl. Maturana und Varela, *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*.

<sup>15</sup>Vgl. Stachowiak, *Allgemeine Modelltheorie*.

<sup>16</sup>Vgl. Hegel, *Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse 1830. Erster Teil. Die Wissenschaft der Logik*. § 24, Zusatz 2.



Abbildung 1.1.: RENÉ MAGRITTE: La condition humaine

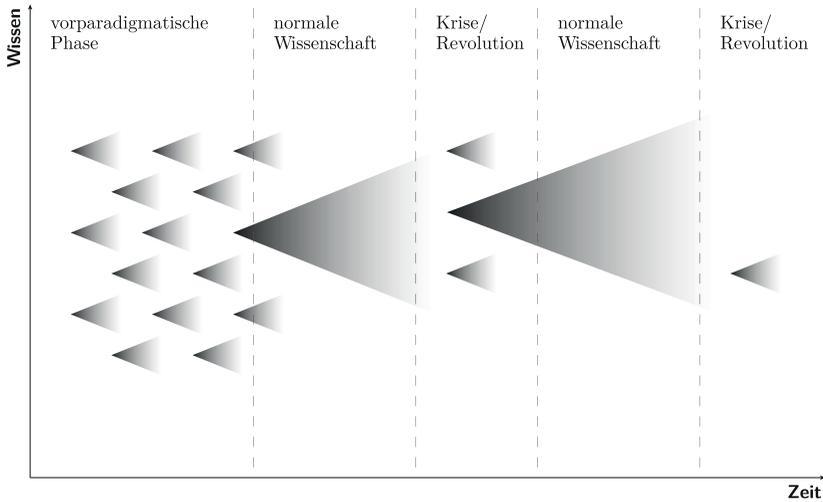


Abbildung 1.2.: Die Entwicklung der Wissenschaft nach KUHN, in Anlehnung an Poser, *Wissenschaftstheorie*, S. 150

Wissenschaftstheoretisch ist jedoch nicht nur relevant, *was* erkannt werden kann, sondern insbesondere, *wie* erkannt werden kann. So stellt POPPER der zu seiner Zeit vorherrschenden Erkenntnisphilosophie des logischen Positivismus<sup>17</sup> den kritischen Rationalismus entgegen.<sup>18</sup> Während der logische Positivismus davon ausgeht, sichere Erkenntnisse aus der systematischen Beobachtung und der Sammlung von Fakten gewinnen zu können, geht der kritische Rationalismus davon aus, dass ein universeller Verifikationsanspruch scheitern muss. Eine Aussage besitzt nach POPPER nie universale Gültigkeit, sondern ihre Gültigkeit ist bis zu dem Zeitpunkt begrenzt, bis sie falsifiziert und damit als ungültig erklärt wird. Diese auf Vermutung beruhende Weltanschauung POPPERS ist weitgehend dem Objekt, dem Forschungsgegenstand selbst, zugewandt, vernachlässigt dabei jedoch das Subjekt, den Wissenschaftler und sein soziales Umfeld.

Eine alternative Perspektive nimmt KUHN ein. Er gelangt zu seiner Sichtweise der Wissenschaftstheorie durch das Studium historischer Erkenntnisverläufe.<sup>19</sup> Neben dem Forschungsgegenstand berücksichtigt er auch das Subjekt als wissenschaftliche Gemeinschaft in seinen Studien. Zentrales Konzept seiner Wissenschaftstheorie ist dabei das *Paradigma*, eine jeder Wissenschaft und Zeit nicht weiter problematisierten Grundansicht, über das KUHN sagt: „Ein Paradigma ist das, was den Mitgliedern einer wissenschaftlichen

<sup>17</sup>Inbesondere vertreten durch den Wiener Kreis mit den Personen Hans Hahn, Moritz Schlick, Otto Neurath und Rudolf Carnap.

<sup>18</sup>Vgl. K. Popper, *Logik der Forschung*.

<sup>19</sup>Vgl. zur historisch-soziologischen Auseinandersetzung mit Wissenschaft auch Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*. FLECK untersucht die Suche nach dem Syphiliserreger ausgehend vom 14. Jahrhundert und prägt die Begriffe Denkstil und Denkkollektiv.

Gemeinschaft gemeinsam ist, und umgekehrt besteht eine wissenschaftliche Gemeinschaft aus Menschen, die ein Paradigma teilen.“<sup>20</sup> Ein Paradigma beruht daher nicht allein auf wissenschaftlichen Tatsachen, sondern ist auch Ausdruck sozialer Interaktion und Übereinkunft. Gerät durch neue Erkenntnisse ein Paradigma ins Wanken, sind nicht nur die Regeln und Theorien betroffen, sondern auch die Strukturen der wissenschaftlichen Gemeinschaft (siehe Abbildung 1.2). KUHN bezeichnet den Paradigmenwechsel als wissenschaftliche Revolution und unterstreicht mit seiner Begriffswahl den soziologisch-gesellschaftlichen Aspekt der Wissenschaftstheorie.<sup>21</sup>

LAKATOS verbindet mit seiner *Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme* die Sichtweisen POPPERS und KUHN.<sup>22</sup> Er tut dies, indem er das Kuhnsche Paradigma von einem Hypothesengürtel umhüllt. Während das Paradigma sich weiterhin der Falsifikation entzieht, gelten für den veränderlichen Hypothesengürtel die Popperschen Falsifikationsmöglichkeiten.<sup>23</sup> In gleicher Art werden in dieser Arbeit die theoretischen Grundlagen der Fabrikplanung und der Wertorientierung als konstituierender Kern anerkannt. Diese Grundlagen werden nicht der wissenschaftlichen Überprüfung unterzogen. Als hypothetisch und falsifizierbar wird hingegen das zu entwickelnde Bewertungsmodell der Fabrikplanung betrachtet, das das Hauptergebnis dieser Arbeit darstellt und auch den neuen Erkenntnisgewinn widerspiegelt.

Nach Einordnung in den erkenntnistheoretischen Bezugsrahmen erfolgt die Beschreibung der angewendeten Forschungskonzeption. Nach ULRICH & HILL kann das Forschungskonzept in drei Bereiche unterteilt werden: Entdeckungszusammenhang, Begründungszusammenhang und Verwendungszusammenhang.<sup>24</sup>

Für den Entdeckungszusammenhang gilt nach POPPER: „Die Erkenntnis beginnt nicht mit der Wahrnehmung oder Beobachtung oder der Sammlung von Daten oder von Tatsachen, sondern sie beginnt mit Problemen.“<sup>25</sup> Der Entdeckungszusammenhang dieser Arbeit erstreckt sich über die methodische Gewinnung neuer Erkenntnisse über wirtschaftliches Handeln in der Fabrikplanung. Die identifizierten Probleme der Fabrikplanung werden im zweiten Kapitel vorgestellt. Innerhalb des Begründungszusammenhangs geht es um die methodengestützte Rechtfertigung der entwickelten Modelle.<sup>26</sup> Da bereits erklärt wurde, dass eine Aussage nie endgültig bewiesen werden kann, kann das Ziel der Forschungskonzeption nur sein, eine hinreichende Gültigkeit der Forschungsergebnisse zu ermöglichen. In dieser Arbeit geschieht dies anhand der Modellentwicklung in den Kapiteln 4 bis 6. Der Verwendungszusammenhang dient dazu, die gewonnenen Erkenntnisse zur Gestaltung der betrieblichen Abläufe und Strukturen zu nutzen.<sup>27</sup> Dabei geht es insbesondere um die Relevanz der Forschungsergebnisse für die industrielle Praxis und für die Gesellschaft. Neben der in Kapitel 1.1 beschriebenen Motivation ergibt sich aus der praktischen Arbeit während der Assistenzzeit am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen die enge Bindung an den Verwendungszusammenhang. Außerdem erfolgt die Demonstration der Erkenntnisse in den Fallbeispielen in Kapitel 7.

<sup>20</sup>T. S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, S. 187.

<sup>21</sup>Vgl. T. S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, S. 104ff.

<sup>22</sup>Vgl. Poser, *Wissenschaftstheorie*, S. 157.

<sup>23</sup>Vgl. Lakatos, „Criticism and the Growth of Knowledge“.

<sup>24</sup>Vgl. P. Ulrich und W. Hill, „Wissenschaftstheoretische Grundlagen“, S. 306.

<sup>25</sup>Vgl. K. R. Popper, „Logik der Sozialwissenschaften“, S. 104.

<sup>26</sup>Vgl. Corsten und Reiß, *Betriebswirtschaftslehre*, S. 32.

<sup>27</sup>Vgl. Corsten und Reiß, *Betriebswirtschaftslehre*, S. 32.

### 1.3. Einordnung der Arbeit in das Graduiertenkolleg Anlaufmanagement

Die Arbeit ist Bestandteil der Forschungsaktivitäten des von der deutschen Forschungsgesellschaft geförderten Graduiertenkolles *Anlaufmanagement*.<sup>28</sup> Ziel dieses Graduiertenkollegs ist die Erforschung unterschiedlicher Entscheidungssituationen und deren Wirkzusammenhänge zum Management des Produktionsanlaufs. Das Anlaufmanagement beinhaltet dabei „alle Tätigkeiten und Maßnahmen zur Planung, Steuerung und Durchführung des Anlaufs eines Produktionssystems mit dem zu produzierenden Serienprodukt, ab der Freigabe der Vorserie bis zum Erreichen der geplanten Produktionsmenge, unter Einbeziehung vorgelagerter Entwicklungsprozesse und der nachgelagerten Prozesse im Sinne einer messbaren Eignung der Produkt- und Prozessreife“.<sup>29</sup>

Zur Systematisierung des Forschungsgegenstandes wurden die zu untersuchenden Entscheidungen typisiert. Unterschieden werden Sach-, Organisations- und Strukturentscheidungen. „Sachentscheidungen sind Entscheidungen, deren Inhalt die faktische Ausgestaltung von Prozessen oder Produktkomponenten betrifft. Sachentscheidungen im Anlaufmanagement bestimmen die Ausprägungen der Planungsobjekte im Produktionssystem. [...] Strukturentscheidungen im Anlaufmanagement stellen interdependente Sachentscheidungen dar. Dies bedeutet, dass dieser Typ von Entscheidungen die interdependente Struktur des Systems »Produktionsanlauf« funktionsübergreifend beeinflusst und verändert. [...] Die verhaltenswissenschaftliche Entscheidungstheorie konzeptualisiert Entscheidungen in Organisationen als das von organisatorischen Bedingungen beeinflusste oder begrenzte Entscheidungsverhalten von Individuen. Vor diesem Hintergrund bestimmen Organisationsentscheidungen im Anlaufmanagement die interdisziplinäre Zusammensetzung der beteiligten Funktionen einer temporären Organisationseinheit.“<sup>30</sup>

Mit dem Ansatz, Fabrikplanungsprojekte monetär zu bewerten, wird ein Beitrag zur Untersuchung der Organisationsentscheidungen geleistet.<sup>31</sup> Zwar wird die Fabrikplanung in der Regel nicht dem Anlaufmanagement zugeordnet, dies hat jedoch eher mit einer historisch gewachsenen Disziplinbildung zu tun als mit einer inhaltlichen und thematischen Trennung. Denn genau so, wie die Produktentwicklung die Grundlage und damit der erste Schritt des Anlaufmanagements ist, gehört auch die Entwicklung der Fabrik zu dieser ersten Phase. So hat die Fabrikplanung beispielsweise einen substanziellen Anteil an der gesamten Anlaufdauer für den Fall, das ein Produktanlauf auch Veränderungen der Fabrik erforderlich machen. Dann werden bereits bei der Fabrikplanung Sachentscheidungen mit wesentlichen Auswirkungen auf den Anlauf getroffen. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Entscheidung über den Innovationsgrad einer neuen Fabrik. Entschließt sich ein Unternehmen, ein hochinnovatives Fabrikkonzept mit größeren Veränderungen gegenüber etablierten Produktionssystemen zu realisieren, sind auf Grund des Neuigkeitsgrades die Schwierigkeiten beim Anlauf deutlich größer, als bei einer Übernahme eines stabilen und etablierten Fabrikkonzeptes.<sup>32</sup> Insbesondere wenn der Zeitdruck groß ist und Verzögerun-

---

<sup>28</sup>Förderkennzeichen: 1491/1.

<sup>29</sup>A. Kuhn u. a., *Fast Ramp-Up: Schneller Produktionsanlauf von Serienprodukten*, S. 8.

<sup>30</sup>Schmitt u. a., „Das Aachener Modell zum interdisziplinären Anlaufmanagement“, S. 320.

<sup>31</sup>Vgl. Nau u. a., „Technology planning and evaluation of planning processes during product ramp-up“, S. 527 ff.

<sup>32</sup>Ein Beispiel für ein innovatives Produktionskonzept stellt die Produktion von Elektrofahrzeugen und deren Komponenten dar. Vgl. Kampker, Burggräf und Deutschens, „Produktionsstrukturen für

gen ausgeschlossen werden sollen, wird häufig eine Entscheidung für ein konservatives Fabrikkonzept getroffen. Sind nun die Sachentscheidungen der Fabrikplanung mit dem Produktionsanlauf verbunden, so sind sich auch die Organisationsentscheidungen in der Fabrikplanung ein Teil der Entscheidungen des Anlaufmanagements.

Wesentliche Organisationsentscheidung für das Anlaufmanagement ist die Frage zum notwendigen Ressourceneinsatz für die Koordination und Planungsleistung. Wie viel Management ist überhaupt notwendig, um Sach- und Strukturentscheidung ausreichend vorbereiten und richtig treffen zu können? Bislang kann diese Frage sowohl für das Anlaufmanagement als auch für die Fabrikplanung im Besonderen nicht beantwortet werden. In der Praxis müssen sich daher die Entscheider auf Erfahrungswerte verlassen, wenn diese zur Verfügung stehen. Produktionsanläufe haben jedoch immer einen Neuigkeitscharakter, so dass Erfahrungswerte nur eingeschränkt übertragen werden können. Notwendig ist daher die Entwicklung eines Modells, das generellen Charakter hat.

Als Teil des Graduiertenkollegs muss die Arbeit insbesondere die Grundthese des Graduiertenkollegs untersuchen. Diese besagt, das vor allem dezentrale und situationsbedingte Entscheidungen erfolgsrelevant sind. Notwendig hierfür sind nach SCHMITT et al. die Entscheidungsgrundlage, Entscheidungsfähigkeit und ein einheitliches Zielsystem.<sup>33</sup> Diese drei Grundvoraussetzungen sollen durch das zu entwickelnde Bewertungsmodell erfüllt bzw. verbessert werden. Die monetäre Bewertung der Fabrikplanung wird einen Beitrag leisten, insbesondere die organisatorischen Entscheidungen (z. B. über die Planungsintensität) situativ besser treffen zu können.

## 1.4. Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an der von ULRICH vorgeschlagenen Struktur der Strategie angewandter Forschung.<sup>34</sup> Die Arbeit ist in sieben Kapitel untergliedert, die den Spannungsbogen des Forschungsprozesses abbilden.

Nach der Einleitung, die die Motivation der Arbeit und das Forschungskonzept beschreibt, wird im zweiten Kapitel der Anwendungszusammenhang *Fabrikplanung* erörtert. Dabei werden zunächst die spezifischen Projekteigenschaften der Fabrikplanung definiert und eingegrenzt. Darauf folgen die Beschreibung der aktuellen Herausforderungen für die Fabrikplanung und die Einführung von Fallbeispielen, die im Weiteren zur Spiegelung der aktuellen Herausforderungen genutzt werden. Aktuelle Ansätze der Fabrikplanung zum Umgang mit den Herausforderungen und insbesondere zur Komplexitätsbeherrschung werden im anschließenden Abschnitt beschrieben. Eine kritische Würdigung dieser Ansätze und die Erläuterung des Entwicklungsbedarfs für die Fabrikplanung schließen das Kapitel ab.

Die Erläuterung des Entwicklungsbedarfs aus dem zweiten Kapitel wird zeigen, dass die Fabrikplanung bislang zumeist ohne die Einbeziehung der Wertorientierung betrachtet wird und dadurch ein Perspektivenwechsel sowohl aus theoretischer als auch aus praktischer Sicht einen Mehrwert erhoffen lässt. Die neue Perspektive der *Wertorientierung* wird im dritten Kapitel eingeführt. Im ersten Schritt wird zunächst der Wertbegriff untersucht und in seiner Vieldeutigkeit beschrieben. Der Wertbegriff ist der Kern verschiedener

---

Komponenten künftiger Elektrofahrzeuge“, S. 48 ff.

<sup>33</sup>Schmitt u. a., „Das Aachener Modell zum interdisziplinären Anlaufmanagement“, S. 320.

<sup>34</sup>Vgl. H. Ulrich, „Die Managementlehre als anwendungsorientierte Wissenschaft“, S. 168 ff.