

Jochen Hartung

Referenzmodell zur Gestaltung und  
Bewertung der Entwicklung von  
Produktionssystemen

Industrial Engineering | Band 29 (2020)

# **Referenzmodell zur Gestaltung und Bewertung der Entwicklung von Produktionssystemen**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Dr.-Ing.**

von der Fakultät Maschinenbau  
der Technischen Universität Dortmund

Dissertation

vorgelegt von

**Dipl.-Ing. Jochen Hartung**

aus

Dortmund

**Dortmund, 2019**

## **Prüfungskommission**

Berichter:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse
Mitberichter:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Dombrowski
Prüfungsvorsitzender:	Priv.-Doz. Dr.-Ing. Andreas Zabel
Mitprüfer:	Dr.-Ing. Ralph Richter

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Dezember 2019

Schriftenreihe Industrial Engineering  
hrsg. von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse

Band 29

**Jochen Hartung**

**Referenzmodell zur Gestaltung und Bewertung  
der Entwicklung von Produktionssystemen**

D 290 (Diss. Technische Universität Dortmund)

Shaker Verlag  
Düren 2020

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Zugl.: Dortmund, Technische Univ., Diss., 2019

Copyright Shaker Verlag 2020

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7386-7

ISSN 1867-1322

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionssysteme (IPS) der Technischen Universität Dortmund.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Jochen Deuse, dem Leiter des Instituts für Produktionssysteme, für die Betreuung und Unterstützung meiner Arbeit. Bei Herrn Professor Dr.-Ing. Uwe Dombrowski, dem ehem. Leiter des Instituts für Fabrikbetrieb an der Technischen Universität Braunschweig, möchte ich mich für die Übernahme des Koreferats bedanken.

Weiterhin möchte ich mich herzlich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Produktionssysteme, den studentischen Hilfskräften und allen Projektpartnern bedanken, die mich in meiner Zeit am Institut mit zahlreichen Diskussionen und wertvollen Anregungen stets unterstützt haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt dabei Dr.-Ing. Julian Schallow, sowohl für die lehrreiche Zusammenarbeit bei Forschungs- und Gremienarbeiten, als auch für den konstruktiven, fachlichen und persönlichen Austausch rund um meine wissenschaftliche Arbeit. Dr.-Ing. Olga Erohin möchte ich für die Durchsicht meiner Arbeit, aber vielmehr für ihre unermüdlige Motivation und wertvollen Ratschläge danken, mit denen sie mich in unserer gemeinsamen Zeit am Institut unterstützt hat. Zudem möchte ich Dr.-Ing. Hardy Krappe meinen ganz besonderen Dank aussprechen, der mich auf einer Vielzahl von Projekt-treffen rund um die Welt begleitet, mit seiner Erfahrung tatkräftig unterstützt und mir mit seinem zielführenden Pragmatismus neue Sichtweisen aufgezeigt hat. Patrick Wolf möchte ich für seine unermüdlige Hilfsbereitschaft und stets positive Einstellung, nicht nur im Zuge der Programmierung meiner Arbeit, meinen herzlichen Dank aussprechen. Dr.-Ing. Kirsten Weisner möchte ich vielmals für die sorgfältige Durchsicht meiner Arbeit danken. Darüber hinaus haben mich viele weitere Menschen auf meinem Promotionsweg begleitet, denen ich ebenfalls meinen herzlichen Dank aussprechen möchte.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern für ihre uneingeschränkte Unterstützung und stetige Förderung. Zutiefst dankbar bin ich ebenfalls meiner Frau für ihre ausdauernde Rücksichtnahme und Geduld über die letzten Jahre, die maßgeblich zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen haben.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Formelverzeichnis .....</b>	<b>XV</b>
<b>Vorveröffentlichungen (chronologisch) .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung .....	2
1.3 Vorgehensweise .....	4
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>6</b>
2.1 Modelle .....	6
2.1.1 Begriffsbestimmung .....	6
2.1.2 Referenzmodelle .....	7
2.1.3 Modellierungsmethoden .....	9
2.1.4 Entwicklung und Anwendung von Referenzmodellen .....	13
2.2 Produktlebenszyklus .....	14
2.2.1 Begriffsbestimmung .....	14
2.2.2 Modelle des Produktlebenszyklus .....	14
2.3 Produktentstehungsprozess .....	18
2.3.1 Begriffsbestimmung .....	18
2.3.2 Modelle des Produktentstehungsprozesses .....	19
2.4 Produktionsplanung .....	24
2.4.1 Begriffsbestimmung .....	24
2.4.2 Funktionale Stellung der Produktionsplanung .....	25
2.4.3 Planungsphasen und -disziplinen .....	29
2.4.4 Typologie von Planungsvorhaben .....	30
2.5 Produktionssystem .....	31
2.5.1 Begriffsbestimmung .....	31
2.5.2 Systemorientierte Betrachtung .....	32
2.5.3 Elemente des Produktionssystems .....	34
2.6 Messbarkeit und Bewertung von Planungsprozessen .....	35
2.7 Kennzahlen und Kennzahlensysteme .....	37
2.7.1 Begriffsbestimmung .....	37
2.7.2 Ausprägung von Kennzahlen .....	38
2.7.3 Allgemeine Anforderungen an Kennzahlen .....	39

<b>3</b>	<b>Stand der Technik und Ableitung des Handlungsbedarfs .....</b>	<b>40</b>
3.1	Anforderung an das Referenzmodell .....	40
3.2	Bestehende Ansätze zur Entwicklung von Produktionssystemen.....	42
3.2.1	Klassische Ansätze .....	42
3.2.2	Spezifische Ansätze .....	46
3.2.3	Assoziierte Ansätze.....	50
3.3	Gesamtfazit und Ableitung des Handlungsbedarfs.....	58
3.4	Strukturierung des Referenzmodells .....	59
<b>4</b>	<b>Prozessorientiertes Teil-Referenzmodell.....</b>	<b>61</b>
4.1	Identifizierung der Prozesse und Methoden .....	61
4.1.1	Anwendungsszenarien der Produktionsplanung .....	62
4.1.2	Methodenunterstützung der Produktionsplanung .....	64
4.2	Aufbau und Struktur des Referenzplanungsprozesses.....	64
4.2.1	Planungsphasen.....	65
4.2.2	Planungsdisziplinen.....	67
4.2.3	Hierarchischer Aufbau.....	70
4.3	Modellierung des Referenzplanungsprozesses.....	71
4.3.1	Modellierungsmethode .....	71
4.3.2	Planungskontext.....	74
4.3.3	Kernplanungsdisziplinen.....	76
4.3.4	Fertigungsplanung.....	78
4.3.5	Montageplanung.....	81
4.3.6	Logistikplanung .....	85
4.3.7	Layoutplanung.....	87
4.3.8	Assoziierte Planungsfunktionen .....	90
4.4	Zwischenfazit.....	93
<b>5</b>	<b>Informationsorientiertes Teil-Referenzmodell.....</b>	<b>94</b>
5.1	Identifizierung der Informationsflüsse der Produktionsplanung .....	94
5.2	Modellierung der Informationsflüsse .....	96
5.2.1	Modellierungsmethode .....	96
5.2.2	Operationsliste .....	99
5.2.3	Vorranggraph .....	100
5.2.4	Intralogistik .....	101
5.2.5	Layout.....	103
5.2.6	Investitionskosten .....	104
5.3	Datenabgleich der Planungsinformationsobjekte.....	106
5.4	Zwischenfazit.....	106

<b>6</b>	<b>Leistungsorientiertes Teil-Referenzmodell.....</b>	<b>107</b>
6.1	Struktur und Aufbau der Kennzahlen.....	107
6.2	Zeitorientierte Kennzahlen.....	110
6.2.1	Planungsdurchlaufzeit.....	111
6.2.2	Informationsbeschaffungszeit.....	112
6.2.3	Informationswartezeit.....	114
6.2.4	Reaktionszeit.....	115
6.2.5	Zeartenanteil.....	117
6.3	Ablauforientierte Kennzahlen.....	119
6.3.1	Planning work in process.....	119
6.3.2	Planungsiterationsquote.....	121
6.3.3	Planungsiterationsanzahl.....	123
6.3.4	Planungsablaufalternativen.....	125
6.3.5	Planungsartenanteil.....	128
6.4	Informationsorientierte Kennzahlen.....	130
6.4.1	Informationsversorgungsgrad.....	131
6.4.2	Informationsnutzungsgrad.....	133
6.4.3	Informationserfüllungsgrad.....	134
6.4.4	Engpassinformationsquote.....	135
6.4.5	Informationsartenanteil.....	137
6.5	Ergebnisorientierte Kennzahlen.....	139
6.5.1	Arbeits- und Transportplanquote.....	139
6.5.2	Prozessdetaillierungsgrad.....	141
6.5.3	Arbeitsplanhomogenitätsgrad.....	142
6.5.4	Flächenartenanteil.....	144
6.5.5	Flächennutzungsgrad.....	145
6.5.6	Behälterartenanteil.....	146
6.5.7	Lagerbehälteranteil.....	148
6.6	Erfassung der Kennzahlen.....	149
6.7	Wechselwirkung zwischen den Kennzahlen.....	150
6.8	Analyse der Kennzahlen.....	153
6.9	Zwischenfazit.....	154
<b>7</b>	<b>Zusammenführung in ein Gesamtreferenzmodell.....</b>	<b>155</b>
7.1	Konzept des Gesamtreferenzmodells.....	155
7.2	Modellüberführung in ein softwarebasiertes Planungswerkzeug.....	156
<b>8</b>	<b>Exemplarische Erprobung anhand von Fallbeispielen.....</b>	<b>162</b>
8.1	Strukturierung der Fallbeispiele.....	162
8.1.1	Gestaltung unternehmensspezifischer Planungsprozesse.....	163
8.1.2	Domänenübergreifende Gestaltung von Prozessschnittstellen.....	166

8.1.3	Bewertung der digitalen Planungsunterstützung .....	167
8.1.4	Bewertung von Planungsprozessen im Versuchsfahrzeugbau.....	171
8.1.5	Internationale Gültigkeit.....	176
8.2	Kritische Würdigung .....	178
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>180</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>XXI</b>
	<b>Anhangverzeichnis .....</b>	<b>XLVIII</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>LII</b>
A.1	Modellierungsmethoden .....	LII
A.2	Art der Auftragsauslösung .....	LIX
A.3	Einfluss der Auftragsabwicklung .....	LIX
A.4	Analyse bestehender Ansätze .....	LX
A.5	Anwendungsszenarien .....	LXI
A.6	Methodenglossar .....	LXVI
A.7	Referenzplanungsprozess .....	LXXVIII
A.8	Abbildung des Referenzprozesses auf das Anwendungsszenario .....	XCI
A.9	Informationsflussmodelle .....	XCIV
A.10	Checklisten der Planungsinformationsobjekte .....	CVII
A.11	Klassifikationsschema der Planungsinformationsobjekte .....	CXV
A.12	Kennzahlen der Produktionsplanung.....	CXIX
A.13	Kennzahlenmatrix .....	CXLIII
A.14	Wechselwirkungskennzahlenmatrix.....	CXLVI
A.15	Korrelationskennzahlenmatrix .....	CXLVIII
A.16	Qualitative Bewertung der Softwarealternativen.....	CL