

Friederich
Simulation in der Fertigungssteuerung

GABLER EDITION WISSENSCHAFT Forum produktionswirtschaftliche Forschung

Herausgegeben von
Professor Dr. Klaus Bellmann

Neue Fertigungs- und Informationstechnologien sowie die zunehmende Dienstleistungsorientierung führen zu tiefgreifenden Änderungen in Produktion und Logistik. Die traditionell stark produktionswirtschaftliche Ausrichtung von Industrieunternehmen verliert sich; inflexible Strukturen und Prozesse sowie deren Steuerungskonzeptionen stehen dadurch zur Disposition. Nur funktionsübergreifende sowie interdisziplinäre Denkansätze und Methoden können den vielfältigen Problemstellungen gerecht werden. Die Schriftenreihe präsentiert theoretische und anwendungsorientierte Forschungserkenntnisse auf den Gebieten des Produktions- und Logistikmanagements und stellt diese in Wissenschaft und Praxis zur Diskussion.

Dominic Friederich

Simulation in der Fertigungssteuerung

Mit einem Geleitwort
von Prof. Dr. Klaus Bellmann

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Friederich, Dominic:

Simulation in der Fertigungssteuerung / Dominic Friederich.

Mit einem Geleitw. von Klaus Bellmann.

- Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl. ; Wiesbaden : Gabler, 1998

(Gabler Edition Wissenschaft : Forum produktionswirtschaftliche Forschung)

Zugl.: Mainz, Univ., Diss., 1997

Alle Rechte vorbehalten

Gabler Verlag, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1998

Ursprünglich erschienen bei Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH,
Wiesbaden 1998.



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

<http://www.gabler-online.de>

Höchste inhaltliche und technische Qualität unserer Produkte ist unser Ziel. Bei der Produktion und Auslieferung unserer Bücher wollen wir die Umwelt schonen: Dieses Buch ist auf säurefrei- und chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

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

Lektorat: Ute Wrasmann / Albrecht Driesen

ISBN 978-3-8244-6653-5

ISBN 978-3-663-08947-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-08947-6

Geleitwort

Qualität, Kosten und Zeit sind drei wesentliche Kriterien, nach denen die Transformationsleistungen eines Unternehmens in Käufermärkten bewertet werden. Der Grad der Übereinstimmung der Merkmale angebotener Leistungen mit aktuellen Kundenforderungen wird deshalb zur entscheidenden Determinante für den Unternehmenserfolg und unterstreicht die Bedeutung der Produktion als Wettbewerbsfaktor.

Eine breite Produktpalette, oftmals noch mit einer großen Zahl an Varianten, stellt hohe Ansprüche an die Koordination der betrieblichen Transformationsprozesse. Die generellen Probleme der Fertigungsplanung und -steuerung in diesem Kontext werden gravierend verschärft, wenn die Durchlaufzeit eines Fertigungsauftrags die vom Kunden tolerierte Lieferzeit aufgrund technologischer Ursachen übersteigt. Um dennoch auftragsorientiert liefern zu können, müssen zeitkritische Einzelkomponenten erwartungsorientiert vorgefertigt oder beschafft und dann bevorratet werden, so daß die zeitunkritischen Fertigungs- und Montagevorgänge innerhalb geforderter Termine durchzuführen sind.

Die Steuerung von Produktionssystemen der vorgenannten Art erfordert ein Konzept mit einem auftrags- und einem erwartungsorientierten Regelkreis, die durch Fehlmengesteuerung gekoppelt sind (duales Regelkreiskonzept). Dominic Friederich stellt in seiner Untersuchung heraus, daß in den Steuerungssystemen heutiger Provenienz die Einhaltung von Mengen- und Zeitzielen dominiert, die Kosten der Erzeugnisfertigung hingegen meist unberücksichtigt bleiben und - sofern Kosteninformationen überhaupt ermittelt werden - eher Abrechnungs- als Steuerungscharakter aufweisen. Hier setzt der Verfasser an, um am Beispiel des Produktionsbereichs eines Unternehmens der Halbleiterindustrie ein Instrumentarium zu entwickeln, das mittels ökonomischer Bewertung von Handlungsalternativen unter Einhaltung von Mengen- und Zeitzielen eine kosten- und wirtschaftlichkeitsorientierte Steuerung des Produktionsprozesses ermöglicht.

Der Forderung der Theorie nach kostenorientierter Fertigungssteuerung wird seitens der Praxis - vielfach aufgrund der negativen Erfahrungen mit stark abstrahierenden formalen Ansätzen - immer wieder entgegengehalten, daß im operativen Geschäft schnelle mengen- und termingerechte Lösungen wichtiger sind als kostenoptimierte, weil die Kostendifferenz zwischen theoretischem Optimum und realisiertem Subopti-

mum marginal ist. Es ist das Verdienst von Dominic Friederich, am konkreten Praxisfall anhand der Größenordnung der Kostendifferenz aufzuzeigen, daß die Vernachlässigung von Kosteninformationen bei Entscheidungen zur Fertigungssteuerung zumindest zu überdenken ist: Bleibt eine Produktionslinie, wie bspw. die untersuchte, ohne große Änderungen länger als etwa ein Jahr in Betrieb, so kann im operativen Produktionsmanagement die kostenorientierte, simulativ-interaktive Steuerung trotz des hohem Aufwands für die Modellierung und - weniger bedeutsam - für die Simulation zu einem positiven Nettonutzen führen.

Die der Arbeit zugrundeliegende Problemstellung, Simulationsmodelle zu generieren, die zwecks flexibler Anpassung in einem volatilen Umfeld kostenorientierte Signale für die Fertigungssteuerung liefern, ist aktueller denn jemals zuvor. Der Gehalt der Arbeit manifestiert sich auf der theoretischen Ebene in der Konzeption des Simulationsansatzes für die gegebene Problemstellung sowie in der Umsetzung des Ansatzes in einem Modell und auf der praktischen Ebene in der Demonstration der Eignung des Modells am realen Beispiel.

Klaus Bellmann

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Produktionswirtschaft der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Sie wurde im Sommersemester 1997 unter dem Titel „Simulation als Instrument zur Unterstützung der Fertigungssteuerung bei simultan erwartungs- und auftragsorientierter Produktion“ vom Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften der Universität Mainz angenommen.

Herrn Univ.-Prof. Dr. Klaus Bellmann, meinem akademischen Lehrer und Doktorvater, danke ich herzlich für die in jeder Hinsicht großartige Unterstützung, die er mir hat zuteil werden lassen, für seine wertvollen Anregungen und die stets konstruktive Kritik. Herrn Univ.-Prof. Dr. Herbert Kargl sei für die Übernahme und zügige Erstellung des Zweitgutachtens gedankt.

Dank sagen möchte ich auch meinen Freunden und Kollegen, Herrn Dr. Udo Mildenerger sowie Herrn Dipl.-Kfm. Guido Kaupe, für die immerwährend gute Zusammenarbeit und ihre stete Hilfsbereitschaft. Die intensiven Diskussionen mit ihnen haben entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Nicht zuletzt gilt mein ganz besonderer Dank meiner Frau Janou, die mich in den letzten Jahren auf die großartigste und liebevollste Art und Weise unterstützt hat.

Dominic Friederich

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	XIII
Abbildungsverzeichnis	XV
1 Veränderte Rahmenbedingungen des Produktionsmanagements	1
2 Steuerung komplexer Fertigungssysteme	8
2.1 Zum Begriff der Fertigungssteuerung	8
2.2 Einordnung der Fertigungssteuerung in den Aufgabenkomplex des Produktionsmanagements.....	9
2.3 Aufgaben und Zielsetzungen der Fertigungssteuerung im Rahmen der operativen Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	15
2.4 Konzeptionen der Fertigungssteuerung.....	24
2.5 Fertigungssteuerung bei simultan kundenauftragsanonymer und kundenauftragsorientierter Produktion.....	33
2.5.1 Veränderte Zielsetzungen beim Betrieb flexibel automatisierter Fertigungssysteme	33
2.5.2 Auftragsabwicklungstypen bei simultan erwartungs- und nachfrageorientierter Fertigung.....	37
2.6 Konzeption einer simultan kundenauftragsanonymen und kundenauftragsorientierten Fertigungssteuerung	43
3 Computergestützte Simulation in der Fertigungssteuerung	50
3.1 Simulation als Instrument zur Unterstützung der dispositiven Fertigungssteuerung.....	50
3.1.1 Zum Begriff der Simulation	50
3.1.2 Aufgaben und Zweck von Simulations- studien in der Fertigungssteuerung.....	53
3.2 Simulationsverfahren zur Unterstützung der Fertigungssteuerung	59
3.2.1 Diskretes und kontinuierliches Simulationsverfahren.....	59

3.2.2	Aktivitäts- und ereignisorientierte Simulation	63
3.2.2.1	Spezifika der aktivitäts- und ereignisorientierten Simulation	63
3.2.2.2	Ablauf der ereignisorientierten Simulation	65
3.2.2.3	Anwendbarkeit bei alternativen Produktionstypen	73
3.2.3	Prozeßorientierte Simulation	76
3.2.3.1	Charakteristika der prozeßorientierten Simulation	76
3.2.3.2	Ablauf der prozeßorientierten Simulation	78
3.2.3.3	Anwendbarkeit bei alternativen Produktionstypen	88
4	Ansätze und Konzeptionen zur Modellierung von Simulationsmodellen zur Unterstützung der Fertigungssteuerung	94
4.1	Anforderungen an Entwicklungsumgebungen zur Modellierung von Simulationsmodellen zur Unterstützung der Fertigungssteuerung	94
4.2	Modellierungskonzepte	97
4.2.1	Automatentheoretisches Konzept	97
4.2.2	Bedienungstheoretisches Konzept	98
4.2.3	Petri-Netz-Konzept	99
4.2.4	KI-Konzept	100
4.2.5	Sprachenkonzept	102
4.2.6	Listenkonzept	103
4.2.7	Bausteinkonzept	104
4.3	Objektorientiertes Sprachenkonzept zur Modellierung von Simulationsmodellen zur Unterstützung der Fertigungssteuerung	107
4.3.1	Verhaltensbestimmende Elemente des Objektansatzes	107
4.3.2	Eignung des Objektansatzes für die Beschreibung verschiedener Fertigungstypen	121
4.3.3	Nutzen der Objektorientierung für die Modellierung von Simulationsmodellen zur Unterstützung der Fertigungssteuerung	127
5	Exemplarische Anwendung der Simulation zur Unterstützung der Fertigungssteuerung bei simultan erwartungs- und auftragsorientierter Produktion	131
5.1	Auswahl des Analyseobjekts	131

5.2	Konzeptioneller Ablauf einer Simulationsstudie	134
5.3	Zweck der Simulationsstudie	141
5.4	Design des Simulationsmodells.....	148
5.4.1	Programmspezifische Merkmale der verwendeten Entwicklungsumgebung.....	148
5.4.2	Grobstruktur des Modells	152
5.4.2.1	Aggregationsgrad der Modellstruktur	152
5.4.2.2	Klassen und Instanzen des Simulationsmodells.....	155
5.4.3	Kostenstruktur der Modellfertigung	166
5.4.3.1	Relevante Kostenarten der Modellfertigung	166
5.4.3.2	Kalkulationsgleichungen.....	169
5.4.4	Ablauf der Modellfertigung	173
5.4.5	Entscheidungsparameter zur Steuerung der Modellfertigung.....	177
5.5	Phasen der Simulationsstudie.....	181
6	Ergebnisse der Simulationsstudie.....	186
6.1	Strategien der Fertigungssteuerung bei einer Entwicklung der Nachfrage ohne zyklische Schwankungen.....	186
6.2	Strategien der Fertigungssteuerung bei einer Entwicklung der Nachfrage mit geringen zyklischen Schwankungen.....	196
6.3	Strategien der Fertigungssteuerung bei einer Entwicklung der Nachfrage mit starken zyklischen Schwankungen.....	198
6.4	Implikationen der Simulationsergebnisse	206
7	Bewertung der Simulation als Instrument zur Unterstützung der Fertigungssteuerung bei simultan erwartungs- und auftragsorientierter Produktion	208
	Literaturverzeichnis.....	213
	Anhang	229
	Stichwortverzeichnis	237

Abkürzungsverzeichnis

ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
BOA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DIN	Deutsche Industrie Norm
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
FFS	Flexibles Fertigungssystem
FTS	Fahrerloses Transport System
KI	Künstliche Intelligenz
KOZ	Kürzeste-Operationszeit-Regel
LOZ	Längste-Operationszeit-Regel
LP	Lineare Programmierung
MRP II	Manufacturing Resource Planning
OPT	Optimized Production Technology
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
RT	Retrograde Terminierung
TQM	Total Quality Management

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Aufgaben des strategischen, taktischen und operativen Produktionsmanagements	10
Abb. 2-2: Regelkreisprinzip der operativen Führung eines Produktionssystems	13
Abb. 2-3: Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung	16
Abb. 2-4: Veränderte Zielprioritäten im Fertigungsbereich	34
Abb. 2-5: Auftragsabwicklungstypen bei simultan erwartungs- und nachfrageorientierter Produktion	38
Abb. 2-6: Konzeption der Fertigungssteuerung bei simultan erwartungs- und nachfrageorientierter Auftragsabwicklung	44
Abb. 2-7: Abstimmung zwischen Produktion und Absatz.....	47
Abb. 3-1: Simulation als Instrument zur Unterstützung der Fertigungssteuerung.....	59
Abb. 3-2: Ereignisse, Aktivitäten und Prozesse.....	62
Abb. 3-3: Ablauf ereignisorientierter Simulationen	68
Abb. 3-4: Beispiel zur ereignisorientierten Simulation.....	71
Abb. 3-5: Ablauf der prozeßorientierten Simulation	82
Abb. 3-6: Beispiel zur prozeßorientierten Simulation	86
Abb. 3-7: Eignung der ereignis- und prozeßorientierten Simulation zur Abbildung alternativer Produktionstypen.....	92
Abb. 4-1: Grundbausteine in SIMPLE++	105
Abb. 4-2: Attribute und Methoden eines Objekts	111
Abb. 4-3: Ausprägungsformen verschiedener Attribute	117

Abb. 5-1:	Ablauf einer Simulationsstudie.....	135
Abb. 5-2:	Ansicht eines aus Bausteinen aufgebauten Simulationsmodells	139
Abb. 5-3:	Schematische Darstellung eines Festplattenspeichers	142
Abb. 5-4:	Herstellungsprozeß eines Festplattenspeichers.....	143
Abb. 5-5:	Marktszenarien der Simulationsstudie.....	147
Abb. 5-6:	Programmstruktur von SIMPLE++	149
Abb. 5-7:	Grobstruktur des Simulationsmodells.....	155
Abb. 5-8:	Klasse „Teil“	157
Abb. 5-9:	Klasse „Rohstofflager“	158
Abb. 5-10:	Klasse „Betriebsmittel“	160
Abb. 5-11:	Klassen „Puffer“ und „Bev_Ebene“	161
Abb. 5-12:	Klasse „Versand“	163
Abb. 5-13:	Klasse „Fertigungssteuerung“	165
Abb. 5-14:	Kostenarten der Modellfertigung.....	168
Abb. 5-15:	Ermittlung der Kosten einer Instanz der Klasse „Teil“	175
Abb. 5-16:	Schichtmodelle zur Steuerung der Modellfertigung.....	180
Abb. 5-17:	Vorgehensweise zur Ermittlung der Simulationsergebnisse	182
Abb. 5-18:	Maximale Ausbringungsmengen an Gutteilen je Quartal und Fertigungs- bzw. Montagebereich	184
Abb. 6-1:	Szenarien 1 - 3	186
Abb. 6-2:	Alternative Steuerungsstrategien zu Szenario 1	188
Abb. 6-3:	Bestandsverlauf in der Bevorratungsebene bei Anwendung alternativer Steuerungsstrategien in Szenario 1	189

Abb. 6-4: Ergebnisse der Simulation zu Szenario 1	190
Abb. 6-5: Bestandsverlauf in der Bevorratungsebene bei Anwendung der wirtschaftlichsten Steuerungsstrategie in Szenario 2	191
Abb. 6-6: Ergebnisse der Simulation zu Szenario 2	192
Abb. 6-7: Alternative Steuerungsstrategien zu Szenario 3	193
Abb. 6-8: Bestandsverlauf in Puffer 1 bei Anwendung alternativer Steuerungsstrategien in Szenario 3.....	194
Abb. 6-9: Bestandsverlauf in der Bevorratungsebene bei Anwendung alternativer Steuerungsstrategien in Szenario 3.....	194
Abb. 6-10: Ergebnisse der Simulation zu Szenario 3	195
Abb. 6-11: Szenarien 4 - 6	197
Abb. 6-12: Szenarien 7 - 9	198
Abb. 6-13: Alternative Steuerungsstrategien zu Szenario 7	199
Abb. 6-14: Bestandsverlauf in der Bevorratungsebene bei Anwendung der wirtschaftlichsten Steuerungsstrategie in Szenario 7	199
Abb. 6-15: Ergebnisse der Simulation zu Szenario 7	200
Abb. 6-16: Alternative Steuerungsstrategien zu Szenario 8	201
Abb. 6-17: Bestandsverlauf in Puffer 2 und der Bevorratungsebene bei Anwen- dung der wirtschaftlichsten Steuerungsstrategie in Szenario 8	201
Abb. 6-18: Ergebnisse der Simulation zu Szenario 8	203
Abb. 6-19: Ergebnisse der Simulation zu Szenario 9	205