

---

# Kostensimulation

---

Thorsten Claus • Frank Herrmann  
Enrico Teich

# Kostensimulation

Grundlagen, Forschungsansätze,  
Anwendungsbeispiele

Thorsten Claus  
Professur für Produktionswirtschaft  
und Informationstechnik  
TU Dresden (IHI Zittau)  
Zittau, Deutschland

Frank Herrmann  
Fakultät für Informatik und Mathematik  
Quantitative Methoden in der  
Produktionsplanung  
OTH Regensburg  
Regensburg, Deutschland

Enrico Teich  
Professur für Produktionswirtschaft  
und Informationstechnik  
TU Dresden (IHI Zittau)  
Zittau, Deutschland

ISBN 978-3-658-25167-3      ISBN 978-3-658-25168-0 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-25168-0>

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

Springer Gabler

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

# Vorwort

Thorsten Claus, Frank Herrmann und Enrico Teich

Simulation ist ein Verfahren zur Nachbildung eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind; aus der VDI Richtlinie 3633. Namhafte Beispiele sind Hochregallager und Paketsortieranlagen. Bei diesen stehen ingenieurwissenschaftliche Aufgaben, wie das Layout, der Materialfluss, die Erreichung von Kennzahlen oder der funktional korrekte Betrieb im Vordergrund. Betriebswirtschaftliche Aufgaben, bei denen häufig Kosten maßgeblich sind, fehlen oftmals. In diesem Sinne können entscheidende Fragen zur Ausgestaltung von Produktions- und Logistiksystemen, aber auch zum operativen Betrieb dieser Systeme, ohne die Berücksichtigung von Kosten nicht beantwortet werden. Durch eine Kostensimulation soll das dominierende Vorgehen um eine ökonomische Betrachtung erweitert werden. Dadurch lassen sich die vorliegenden Entscheidungsoptionen systematisch und fundiert bewerten. Dies unterstützt eine zielgerichtete Entscheidungsfindung wesentlich. Gerade durch die gegenwärtig stattfindende vierte industrielle Revolution einerseits und der stetig zunehmenden Komplexität und wachsenden Planungsunsicherheit in Produktion und Logistik, beispielsweise hervorgerufen durch die fortschreitende Entwicklung der Produktvariantenvielfalt, andererseits, ist zu erwarten, dass die Bedeutung der Simulation im Allgemeinen und der Kostensimulation im Besonderen weiter zunimmt und sowohl für die Praxis als auch für die Wissenschaft gleichermaßen ein aktuelles und relevantes Themenfeld bildet.

Zentraler Gegenstand des vorliegenden Buches sind ausgewählte Forschungsansätze und Anwendungsbeispiele zur Berücksichtigung von Kostendaten in Simulationsmodellen in den Bereichen Produktion und Logistik. Diesen Ausführungen vorangestellt ist ein Grundlagenteil, der sich mit wichtigen Begriffsdefinitionen, bedeutenden Aspekten der Kostenrechnung, relevanten Verfahren der Simulation und Optimierung als auch der Klassifikation von Kostensimulationsansätzen befasst.

Dieses Buch richtet sich an Anwender, die ihre unternehmerischen Entscheidungsprozesse durch Kostensimulation zukünftig verbessern wollen, ebenso wie an Wissenschaftler, die sich zu den Grundlagen der Kostensimulation und aktuellen Forschungen in diesem Themenfeld informieren wollen.

Die Erstellung dieses Buches erfolgte durch die Arbeitsgruppe „Kostenbasierte dynamische Simulation“, welche zur Fachgruppe „Simulation in Produktion und Logistik“ der Arbeitsgemeinschaft Simulation (ASIM) gehört. Das Buch wird innerhalb der ASIM als ASIM-Mitteilung Nr. 169 geführt. Folgende Personen haben an der Erstellung dieses Werkes mitgewirkt (alphabetisch aufgelistet):

Claus, Thorsten	Müller, Christian
Gamankova, Irina	Sauer, Jürgen
Hanfeld, Marc	Schallner, Harald
Herrmann, Frank	Speieckermann, Sven
Hirsch, Christine	Stumvoll, Ulrike
Janssen, Larissa	Teich, Enrico
Kühn, Mathias	Trost, Marco
Laroque, Christoph	Vitzthum, Thorsten
Laue, Ralf	Völker, Michael
Livonius, Friedrich	Wunderlich, Jürgen
Lorenz, Torsten	Zirkler, Bernd
Mühsinger, Steffen	

Die Herausgeber möchten diesen Personen hiermit einen besonderen Dank aussprechen, da ohne ihren Einsatz die Erstellung dieser umfangreichen Arbeit nicht denkbar gewesen wäre. Es bleibt zu wünschen, dass dieses Buch ein Standardwerk für Kostensimulation in Wissenschaft und Praxis wird.

Dresden und Regensburg, Januar 2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	v
Thorsten Claus, Frank Herrmann und Enrico Teich	
<b>Teil I Grundlagen</b>	
<b>1 Einführung in die Kostensimulation</b> .....	3
Jürgen Wunderlich	
1.1 Herausforderungen bei der Erweiterung der Simulation um Aspekte der Kostenrechnung .....	3
1.2 Bezugsrahmen für die Anreicherung der Simulation um Kostendaten .....	5
1.2.1 Ereignisdiskrete Simulation als Ausgangsbasis .....	5
1.2.2 Definition elementarer Kostenzuordnungsobjekte .....	5
1.2.3 Berücksichtigung von nicht im Simulationsmodell nachgebildeten Aspekten .....	8
1.2.4 Anforderungen aus der Experimentplanung .....	9
1.3 Über- bzw. Neubearbeitung der Kostensimulationsrichtlinie .....	9
1.3.1 Aktualisierungsbedarf der bisherigen Kostensimulationsrichtlinie .....	10
1.3.2 Kernpunkte der Arbeitskreistätigkeiten .....	10
1.4 Zwischenfazit und Ausblick .....	15
<b>2 Kostenrechnerische Grundlagen für Kostensimulationen</b> .....	17
Bernd Zirkler und Steffen Mühsinger	
2.1 Zielsysteme und Rechenkreise .....	17
2.2 Rechnungszwecke und Ergebnisdeterminaten .....	19
2.3 Grundsysteme der Kostenrechnung .....	20
2.4 Rechnungszweckbezogene Kostensimulationen .....	22
2.5 Fazit und Ausblick .....	32

<b>3</b>	<b>Grundlagen von Kostensimulationsexperimenten</b> .....	33
	Enrico Teich, Marco Trost und Thorsten Claus	
3.1	Begriffsdefinition und Begriffsabgrenzung .....	33
3.1.1	Simulation .....	33
3.1.2	Simulationsarten .....	34
3.1.3	Simulationsmodell .....	35
3.1.4	Simulationsexperiment .....	37
3.1.5	Simulationswerkzeug .....	38
3.2	Planung von Simulationsexperimenten .....	39
3.2.1	Einführung .....	39
3.2.2	Ermittlung von Einflussgrößen .....	40
3.2.3	Ermittlung der Dauer und Anzahl von Simulationsläufen	49
3.2.4	Verifikation und Validierung .....	55
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Optimierung</b> .....	61
	Frank Herrmann	
4.1	Einleitung .....	61
4.2	Struktur und Lösung von Optimierungsproblemen .....	62
4.3	Heuristiken .....	68
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Kostensimulation im Produktionsumfeld</b> .....	89
	Christine Hirsch, Irina Gamankova, Friedrich Livonius, Enrico Teich und Thorsten Claus	
5.1	Aktuelle Herausforderungen im Produktionsumfeld .....	89
5.2	Kosten im Produktionsumfeld .....	90
5.3	Ansätze zur Kostensimulation im Produktionsumfeld .....	91
5.3.1	Integrierte Kostensimulation .....	93
5.3.2	Vorgelagerte Kostensimulation .....	93
5.3.3	Nachgelagerte Kostensimulation .....	94
5.4	Klassifikationsschema zur Einordnung von Kostensimulationsansätzen .....	94
5.4.1	Aufbau der Klassifikationsmatrix .....	95
5.4.2	Exemplarische Anwendung der Klassifikationsmatrix ...	96

## Teil II Forschungsansätze und Anwendungsbeispiele

<b>6</b>	<b>Status der Berücksichtigung von Kosten in der Anwendungspraxis der Simulation in Produktion und Logistik</b> .....	103
	Sven Spieckermann	
6.1	Einleitung .....	103
6.2	Kosten in ereignisdiskreten Simulationsmodellen .....	104
6.3	Gründe für die Rolle der Kostenrechnung in der ereignisdiskreten Simulation .....	106
6.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	109
	Literatur .....	109

<b>7</b>	<b>Verschiedene Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Kostenaspekten im Rahmen der Simulationsbewertungsfunktion der Optimierung</b> .....	111
	Ulrike Stumvoll	
7.1	Einleitung .....	111
7.1.1	Grundsätzlicher Ablauf: Simulation als Bewertungsfunktion der Optimierung .....	112
7.1.2	Zielsystem der Produktionsplanung und -steuerung .....	113
7.2	Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Kostenaspekten in der Bewertungsfunktion .....	114
7.2.1	Monetäre Bewertung des Nutzens und der Kosten .....	114
7.2.2	Nicht-monetäre Bewertung des Nutzens und der Kosten ..	114
7.2.3	Zieldominanz unter Berücksichtigung von Schranken ...	115
7.2.4	Kosten-Wirksamkeits-Analyse .....	116
7.3	Anwendungsbeispiel: Berücksichtigung der Kostenaspekte bei der Bewertung unterschiedlicher Einstellungen der Planungsparameter eines ERP-Systems .....	117
7.3.1	Hinterlegung des Zielsystems .....	117
7.3.2	Beispielhafter Ablauf .....	118
<b>8</b>	<b>Kostenorientierte Ablaufplanung komplexer Prozesse am Beispiel der Montage</b> .....	125
	Michael Völker und Mathias Kühn	
8.1	Simulationsbasierte Erstellung von Ablaufplänen in Montagesystemen mit komplexen Prozessen .....	126
8.1.1	Modell komplexer „Montageprojekte“ .....	127
8.1.2	Vorgehensweise zur Modellerstellung .....	128
8.1.3	Kostenorientierte Entscheidungsmodelle .....	133
8.1.4	Simulationsbasierte Optimierung .....	135
8.2	Fallbeispiel .....	143
8.2.1	Auftragsszenario .....	143
8.2.2	Ablaufplanerstellung, Evaluation und KVP .....	147
<b>9</b>	<b>Anwendungsbeispiel für die Kostensimulation der Bestellmengenplanung für verderbliche Güter in Lebensmittelfilialen</b> .....	153
	Larissa Janssen, Jürgen Sauer und Harald Schallner	
9.1	Einführung .....	153
9.2	Anforderungen an das Kostensimulationsmodell .....	154
9.3	Abbildung der filiallogistischen Kernprozesse .....	155
9.4	Konzeption und Realisierung des Simulationsmodells .....	157
9.4.1	Präsentation .....	158
9.4.2	Simulation .....	158
9.4.3	Optimierung .....	159
9.4.4	Daten .....	162
9.4.5	Protokollierung .....	165

9.4.6	Externe Datenspeicherung .....	166
9.5	Zusammenfassung .....	169
<b>10</b>	<b>Kostenintegration und Kostenermittlung in Simulationsexperimenten .....</b>	<b>171</b>
	Jürgen Wunderlich	
10.1	Perspektiven der simulationsbasierten Kostenrechnung aus der Sicht unterschiedlicher Interessensgruppen am Beispiel einer Produktionsnetzwerkoptimierung .....	171
10.1.1	Planung und Optimierung globaler Produktions- und Logistiknetzwerke als Anwendungsfeld für eine Kostensimulation .....	172
10.1.2	Erwartungen von Top-Managern an eine Kostensimulation	178
10.1.3	Erwartungen von Planern und Anwendern an eine Kostensimulation .....	183
10.1.4	Zusammenfassende Gegenüberstellung der unterschiedlichen Perspektiven auf die Kostensimulation	188
10.1.5	Ausblick .....	189
<b>11</b>	<b>Stochastische Simulation und Genetischer Algorithmus zur optimierten Flexibilitätsausnutzung von Swing-Optionen mit unterjährigen Restriktionen bei der Energiebeschaffung .....</b>	<b>191</b>
	Marc Hanfeld	
11.1	Einleitung .....	191
11.2	Modelle .....	194
11.2.1	Formalisierung des Entscheidungsproblems .....	194
11.2.2	Genetischer Algorithmus .....	198
11.2.3	Stochastisches Simulationsmodell für die Preisunsicherheit .....	201
11.3	Modellanwendung .....	204
11.3.1	Fallbeschreibung .....	204
11.3.2	Ergebnisse .....	206
11.3.3	Zusammenfassung und Fazit .....	213
<b>12</b>	<b>Aufbau von Kostensimulationsmodellen mit Standard-Modellierungssprachen .....</b>	<b>217</b>
	Christoph Laroque, Ralf Laue und Christian Müller	
12.1	Standard-Modellierungssprachen .....	217
12.2	Business Process Model and Notation (BPMN) .....	218
12.3	Business Process Simulation Interchange Standard (BPSim) .....	221
12.4	Bewertung des BPSim-Standards .....	224
12.4.1	Ausdrücke als Parameter .....	224
12.4.2	Querbeziehungen zwischen BPMN- und BPSim-Semantik	226
12.4.3	Ressourcenmodell .....	226
12.4.4	Arbeit mit historischen Daten .....	227
12.4.5	Ergebnispräsentation .....	228

12.4.6	Zusammenfassung: BPMN und BPSim .....	228
12.5	SysML als Beschreibungssprache .....	229
12.5.1	Eignung von SysML für Simulations-Anwendungen ....	230
12.5.2	Eignung von SysML für Simulations-Anwendungen der Kostensimulation .....	233
12.6	Zusammenfassung .....	234