

Teubner-Reihe Wirtschaftsinformatik

P. Rittgen

Prozeßtheorie der Ablaufplanung

# Teubner-Reihe Wirtschaftsinformatik

Herausgegeben von

Prof. Dr. Dieter Ehrenberg, Leipzig

Prof. Dr. Dietrich Seibt, Köln

Prof. Dr. Wolfried Stucky, Karlsruhe

Die „Teubner-Reihe Wirtschaftsinformatik“ widmet sich den Kernbereichen und den aktuellen Gebieten der Wirtschaftsinformatik.

In der Reihe werden einerseits Lehrbücher für Studierende der Wirtschaftsinformatik und der Betriebswirtschaftslehre mit dem Schwerpunktfach Wirtschaftsinformatik in Grund- und Hauptstudium veröffentlicht. Andererseits werden Forschungs- und Konferenzberichte, herausragende Dissertationen und Habilitationen sowie Erfahrungsberichte und Handlungsempfehlungen für die Unternehmens- und Verwaltungspraxis publiziert.

# Prozeßtheorie der Ablaufplanung

Algebraische Modellierung  
von Prozessen,  
Ressourcenrestriktionen und Zeit

Von Dr. Peter Rittgen

Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig 1998

## **Dr. Peter Rittgen**

Geboren 1964 in Koblenz. Von 1983 bis 1989 Studium der angewandten Informatik mit Schwerpunkt Computerlinguistik an der EWH Koblenz (heute: Universität Koblenz-Landau). Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Frankfurt am Main von 1992 bis 1996. April 1997 Promotion am dortigen Fachbereich Wirtschaftswissenschaften mit der vorliegenden Arbeit. Seit Mai 1997 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Koblenz-Landau.

Dissertation am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

### **Rittgen, Peter:**

Prozeßtheorie der Ablaufplanung :  
algebraische Modellierung von Prozessen, Ressourcenrestriktionen und Zeit /  
von Peter Rittgen. –

Stuttgart ; Leipzig : Teubner, 1998

Zugl.: Frankfurt (Main), Univ., Diss., 1998

ISBN 978-3-8154-2606-7

ISBN 978-3-322-97618-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-97618-5

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

© B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1998

Umschlaggestaltung: E. Kretschmer, Leipzig

# Vorwort

Nil tam difficile est, quin quaerendo investigari possiet.

TERENZ, Heautontimorumenos 675

Nicht von Beginn an enthüllten die Götter uns Sterblichen alles;  
Aber im Laufe der Zeit finden wir suchend das Bess're.

Sichere Wahrheit erkannte kein Mensch und wird keiner erkennen  
Über die Götter und alle die Dinge, von denen ich spreche.  
Sollte einer auch einst die vollkommenste Wahrheit verkünden,  
Wüßte er selbst es doch nicht: es ist alles durchwebt von Vermutung.

XENOPHANES

Das vorliegende Buch ist die überarbeitete Fassung meiner Dissertationsschrift, die vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main angenommen wurde. Sie entstand in den Jahren 1995 und 1996 am Institut für Wirtschaftsinformatik ebendort im Rahmen des Projekts „Flexible Organization of Distributed Agents (FLODAG)“. Dieses Projekt gehörte zum Schwerpunktprogramm „Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft“ und wurde im genannten Zeitraum von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert<sup>1</sup>. Projektleiter war Prof. Dr. Wolfgang König.

„... the universe is fundamentally intelligible“

sagt Cobb Jr.<sup>2</sup> in Interpretation des Lebenswerkes von Alfred North Whitehead (welchem im folgenden noch eine nicht unbedeutende Rolle zufällt). Dem Terenz-Zitat kann man entnehmen, daß dieser Leitgedanke bereits sehr alt ist, und er stand auch Pate bei meiner Arbeit, denn was für das Universum gilt, muß auch für jede seiner Teilmengen gelten:

„Ablaufplanung is fundamentally intelligible“.

Von diesem Grundsatz geleitet versuchte ich, einen (zumindest theoretisch) noch nicht sehr gründlich untersuchten Teil der Betriebswirtschaft besser zu verstehen. Dabei stand weniger der praktische Aspekt im Vordergrund als vielmehr die Erfassung der theoretischen Grundlagen der (betrieblichen) Ablaufplanung<sup>3</sup>. Es sollte eine Theorie entstehen, die die wesentlichen Bestandteile für die Planung von Abläufen enthält:

---

<sup>1</sup> DFG-Kennzeichen: Ko 1262/1-3

<sup>2</sup> vgl. COBB JR. 1984, S. 139

<sup>3</sup> Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß dem Autor keine Informationen vorliegen, die eine Trennung von betrieblicher und sonstiger Ablaufplanung (z. B. in der Informatik) sinnvoll erscheinen lassen.

elementare Prozesse, sequentielle Abläufe, Nebenläufigkeit, Handlungsalternativen, Ressourcen und Zeit. Das vorliegende Buch soll Zeugnis über diesen Versuch ablegen.

## Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle allen Menschen meinen Dank aussprechen, die am Zustandekommen dieser Arbeit beteiligt waren:

- Prof. Dr. Wolfgang König,
- den Assistent(inn)en des Instituts für Wirtschaftsinformatik, die mir in fruchtbaren Diskussionen die Schwächen meiner Ansätze aufzeigten,
- den vielen Wissenschaftlern weltweit, deren Ideen mein Denken und meine Arbeit beeinflussten (ihre Namen mag man zum Teil dem Literaturverzeichnis entnehmen),
- Prof. Dr. Wolffried Stucky (Karlsruhe) und Prof. Dr. Stephan von Zelewski (Leipzig), die das Manuskript mit außerordentlicher Gründlichkeit lasen und viele konstruktive Anregungen lieferten,
- den Mitherausgebern der Teubner-Reihe Wirtschaftsinformatik Prof. Dr. Dieter Ehrenberg (Leipzig) und Prof. Dr. Dietrich Seibt (Köln),
- und Andrea Mende, die den Text in orthographischer Hinsicht überarbeitete.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Oliver Wendt; seine streng formale Arbeitsweise, seine unermüdliche Unterstützung und seine präzise und konstruktive Kritik wiesen mir den Weg. Ohne seine unzähligen Anregungen und Denkanstöße wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Nicht zuletzt danke ich auch der DFG für die langjährige Unterstützung meiner Arbeit.

Koblenz, Dezember 1997

Peter Rittgen

# Inhalt

1	Einführung .....	11
1.1	Gegenstand des Buches .....	12
1.1.1	Ablauforganisation .....	12
1.1.2	Ablaufplanung aus betriebswirtschaftlicher Sicht .....	16
1.1.2.1	Die Projektplanung (Problemklasse 2) .....	19
1.1.2.2	Die Maschinenbelegungsplanung (Problemklasse 3) .....	21
1.1.2.3	Die Reihenfertigungsplanung (Problemklasse 4) .....	26
1.2	Ziel des Buches .....	27
1.3	Vorgehensweise .....	31
2	Taxonomie .....	35
2.1	Der Prozeß .....	35
2.1.1	Historische Entwicklung des Prozeßbegriffs in den einzelnen Wissenschaften .....	35
2.1.2	Der Prozeßbegriff in den modernen Wirtschaftswissenschaften .....	38
2.1.3	Der moderne Prozeßbegriff in „angrenzenden“ Wissenschaften .....	41
2.1.4	Der Prozeßbegriff im hier verwendeten Sinne .....	43
2.2	Das Ereignis als Instanz einer Aktion .....	45
2.3	Die Ablaufplanung aus formaler Sicht .....	46
2.3.1	Resource-Constrained Project / Process Scheduling with Variants (RCPS- V) .....	46
2.3.2	Klassifikation von Problemen der Ablaufplanung .....	49
3	Graphen der Ablaufplanung .....	57
3.1	Netzpläne .....	57
3.2	Disjunktive Kanten .....	61
3.3	Hierarchische Netzpläne .....	63
4	Modelle nebenläufiger Systeme .....	68
4.1	Allgemeine Strukturen .....	68
4.1.1	Modelltheorie .....	68
4.1.2	Systemtheorie .....	69
4.2	Modelle auf der Basis relationaler Strukturen (Netze) .....	78
4.2.1	Einführung .....	78
4.2.2	Kahn-Netze .....	79
4.2.3	Globale Transitionssysteme .....	82
4.2.4	Lokale Transitionssysteme (Petrietze) .....	85
4.2.4.1	B/E-Systeme .....	85
4.2.4.2	S/T-Netze .....	90
4.2.4.3	Semantik von Petrietzen .....	92

4.2.4.3.1	Erreichbarkeitsgraphen (TS-Semantik) .....	92
4.2.4.3.2	Kausalnetze (Prozeß-Semantik) .....	94
4.3	Modelle auf der Basis operationaler Strukturen (Algebren) .....	97
4.3.1	Einführung .....	98
4.3.2	Prozesse als Halbordnungen über Zuständen .....	101
4.3.3	Prozesse als Halbordnungen über Ereignissen .....	106
4.3.4	Prozesse als lineare Halbordnungen über atomaren Aktionen (Prozeßalgebren) .....	113
4.3.4.1	BPA (Basic Process Algebra) .....	114
4.3.4.2	BPA <sub>δε</sub> (BPA mit Deadlock und Termination) .....	119
4.3.4.3	PA (Process Algebra) .....	120
4.3.4.4	Rekursion .....	122
4.3.4.5	ACP (Algebra of Communicating Processes) .....	124
4.3.4.6	Vergleich mit anderen Prozeßalgebren .....	129
4.3.5	Semantik von Prozeßalgebren .....	131
4.3.5.1	Bisimulation .....	132
4.3.5.2	Strukturierte Operationale Semantik .....	133
5	Vergleich der Prozeßmodelle .....	136
5.1	Äquivalenz von Petrinetzen und Prozeßalgebra .....	136
5.1.1	Der Homomorphismus Prozeßalgebra $\Rightarrow$ Petrinetz .....	136
5.1.2	Der Homomorphismus Petrinetz $\Rightarrow$ Prozeßalgebra .....	141
5.2	Klassifikation der Prozeßmodelle .....	146
6	Geplante Prozesse .....	152
6.1	Vorgänge versus Aktionen .....	152
6.2	Prozesse in der Zukunft .....	153
7	Ressourcen .....	159
7.1	Ressourcen in Echtzeit-Betriebssystemen .....	159
7.2	Ressourcen in der Ablaufplanung .....	162
8	Zeit .....	176
8.1	Kontinuierliche Zeit .....	177
8.2	Diskrete, absolute Zeit .....	185
8.3	Diskrete, relative Zeit .....	192
8.4	Das Zeitmodul der Prozeßtheorie .....	198
9	Effiziente Optimierung auf der Basis der Prozeßtheorie .....	209
9.1	Die Basisheuristik A* .....	210
9.2	Heuristische Optimierung in der Prozeßtheorie .....	212
10	Zusammenfassung und Ausblick .....	222
10.1	Zusammenfassung .....	222



Inhalt	9
10.2      Ausblick.....	226
Literaturverzeichnis.....	230
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	248
Sachverzeichnis .....	256