Einsatz von Prioritätsregeln

zur Erreichung ökonomischer Zielstellungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum politicarum (Dr. rer. pol.)

der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Rostock

vorgelegt von

Urte Neidhardt, geb. am 14.06.1973 in Rostock

aus Rostock

Rostock, Februar 2007

Gutachter:

Prof. Dr. Dr. Theodor Nebl (Institut für Produktionswirtschaft)

Prof. Dr. Bernd Berten (Lehrstuhl für Operations Research)

Tag der Verteidigung: 5. Juli 2007

Schriftenreihe des Institutes für Produktionswirtschaft der
Universität Rostock

Urte Neidhardt

Einsatz von Prioritätsregeln zur Erreichung ökonomischer Zielstellungen

Shaker Verlag
Aachen 2007

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.: Rostock, Univ., Diss., 2007

Copyright Shaker Verlag 2007
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6498-7
ISSN 1619-1939

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Meinen Eltern

Bärbel und Eberhard Neidhardt

Vorwort

Seit mehr als 50 Jahren bemühen sich Wissenschaftler Regeln zu finden, die es gestatten, organisatorische Bearbeitungsfolgen festzulegen – also eine Zuordnung von Fertigungsaufträgen und Maschinen vorzunehmen – mittels derer Produktionsprozesse zielorientiert gesteuert werden können. Das ist insbesondere für Job-Shop-Modelle, die auf variierenden technologischen Bearbeitungsfolgen basieren, äußerst kompliziert. Akzeptable Lösungen wären für den Unternehmenserfolg aber besonders bedeutsam, weil dieses Modell die wesentliche Grundlage für die Flexibilität von Produktionsprozessen bildet. Die Forschung zu dieser Problematik generiert Regeln, die insbesondere einen Beitrag zur Erfüllung von Zeit- und Kostenzielen anstrebt. Es wurde eine Vielzahl von Verfahren zur Reihenfolgeplanung entwickelt.

Die vorliegende Arbeit analysiert im Rahmen heuristischer Verfahren die Prioritätsregeln. Dabei geht es um die Beurteilung diskutierter Prioritätsregeln und ihre Systematisierung insbesondere hinsichtlich ihrer ökonomischen Zielwirkung. Dazu ist es unerlässlich die Einflussfaktoren zu identifizieren, die auf Prioritätsregeln wirken sowie die praktische Relevanz zu analysieren. Dazu werden Untersuchungen im Mittelstand realisiert. Der Verfasserin gelingen Systematisierungen sowie mathematische Vereinheitlichungen und Verallgemeinerungen zu elementaren und kombinierten Prioritätsregeln. Sie verdeutlicht die Wirksamkeit von Prioritätsregeln zur Erreichung definierter Ziele und sie führt den Nachweis über den Zusammenhang zwischen verfolgten ökonomischen Zielen und im Unternehmen eingesetzten Prioritätsregeln.

Theodor Nebl

Rostock, Februar 2007

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Dr. Theodor Nebl, meinem verehrten akademischen Lehrer und Doktorvater, möchte ich in dieser Stelle sehr herzlich für die in jeder Hinsicht geduldige Unterstützung, für seine wertvollen Anregungen und die stets konstruktive Kritik danken. Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Prof. Dr. Bernd Berten für die kritische Durchsicht meiner Dissertation und die Übernahme des Zweitgutachtens.

Zu danken habe ich außerdem den Mitarbeitern des Instituts für Produktionswirtschaft: den Herren Prof. Dr. Karl-Heinz Brillowski und Dr. Gerhard Rimane für interessante Anmerkungen zu einer ersten Fassung meiner Arbeit, Frau Maja Luthe, Frau Dr. Anne-Katrin Schröder und Frau Dipl.-Kffr. Ines Wegner für ihr offnes Ohr und unentwegte Hilfestellung rund um mein Promotionsverfahren.

Darüber hinaus bedanke ich mich für die zweijährige finanzielle Förderung der Quistorp-Stiftung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Dank sagen möchte ich auch meinem langjährigen Freund und Kommilitonen, Herrn Dipl.-Kfm. Michael Amende, für seinen Rat bei der technischen Erstellung der Abbildungen und Auswertung der Befragungsergebnisse.

Bei meinen Eltern, die mir nicht nur jederzeit materielle Unterstützung gewährt haben, sondern gleichzeitig meinen Lebens- und Berufsweg bis heute als liebende Berater begleitet haben, möchte ich mich ganz besonders bedanken. Mein Vater hat sich immer die Zeit zum Gegenlesen des Manuskriptes genommen und durch seine kritischen Bemerkungen zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Auf die Unterstützung meines Bruders, Herrn Dipl.-Ing. Gunnar Neidhardt, konnte ich insbesondere bei der schnellen Lösung von Layout-Fragen jederzeit bauen.

Nicht zuletzt gilt mein ganz besonderer Dank meinem Lebenspartner, Herrn Dipl.-Wirtsch.-Ing. Alexander Carroux, der mich in den letzten Jahren auf die großartigste und liebevollste Art und Weise unterstützt, motiviert und in den richtigen Momenten abgelenkt hat. Trotz permanenter Anspannung hat er seine Geduld bewahrt und auf die fortwährende Konfrontierung mit einem einzigen Thema immer mit einem offenen Ohr reagiert.

Urte Neidhardt

Rostock, Juli 2007

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis ..... **V**

Symbolverzeichnis ..... **XV**

Abbildungsverzeichnis ..... **XIX**

1 Einleitung und Forschungskonzeption **1**

2 Reihenfolgeplanung **11**

2.1 Reihenfolgeplanung – Bestandteil des operativen Produktionsmanagements 11

2.2 Maschinenbelegungsplan 14

2.2.1 Werkstattfertigung 14

2.2.2 Grundbegriffe der Reihenfolgeplanung 17

2.2.3 Prämissen und Annahmen 25

2.2.3.1 Auftragsorientierte Prämissen 25

2.2.3.2 Maschinenorientierte Prämissen 27

2.3 Statische und dynamische Sicht der Reihenfolgeplanung 28

2.4 Ziele der Reihenfolgeplanung 32

2.4.1 Allgemeine Betrachtungen 32

2.4.2 Kostenziele 33

2.4.2.1 Leerkosten 34

2.4.2.2 Lagerkosten 36

2.4.2.3 Terminabweichungskosten 37

2.4.2.4 Rüstkosten 38

2.4.2.5 Sonstige Kosten 39

2.4.3 Zeitziele 40

2.4.3.1 Minimierung der Durchlaufzeiten 42

2.4.3.2 Minimierung der Terminabweichungen 45

2.4.3.3 Maximierung der Kapazitätsauslastung 48

2.4.3.4 Hierarchie der Zeitziele 49

2.4.4 Mehrfachzielsetzungen und Di-, Tri-, Polylemma der Reihenfolgeplanung 51

3 Prioritätsregeln als Lösungsansatz zur Realisierung der Reihenfolgeplanung 55

3.1 Generelle Lösungsmöglichkeiten der Reihenfolgeplanung 55

3.1.1 Optimierende Lösungsverfahren 57

3.1.2 Heuristische Lösungsverfahren 59

3.2 Prioritätsregeln 61

3.2.1 Klassifikationsmöglichkeiten von Prioritätsregeln 63

3.2.2 Elementare Prioritätsregeln 71

3.2.3 Kombinierte Prioritätsregeln 82

3.2.4 Verwendung von Prioritätsregeln in zentralen und dezentralen Planungsansätzen 92

4 Analyse der Wirksamkeit von Prioritätsregeln und deren Einflussfaktoren 95

4.1 Notwendigkeit der Untersuchung von Prioritätsregeln 95

4.2 Wirksamkeit von Prioritätsregeln 96

4.2.1 Kriterien zur Beurteilung von Prioritätsregeln 96

4.2.2 Ergebnisse bei Verwendung von Zeitkriterien 98

4.2.3 Ergebnisse bei Verwendung von Terminkriterien 101

4.2.4 Ergebnisse bei Verwendung von Wert- und Kostenkriterien 110

4.2.5 Zusammenfassung der Wirksamkeit von Prioritätsregeln 115

4.3 Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Prioritätsregeln 118

4.3.1 Problemspezifische Modellparameter 120

4.3.1.1 Art der Verteilung der Ankunftszeiten 121

4.3.1.2 Art der Auftragsfreigabe 122

4.3.1.3 Art der Verteilung der Bearbeitungszeiten 123

4.3.1.4 Anzahl der Maschinen 126

4.3.1.5 Art der Verteilung der Maschinenfolgen 130

4.3.1.6 Art der Vorgabe der Wunschfertigstellungstermine 134

4.3.1.7 Größe des Kapazitätsauslastungsgrades 141

4.3.1.8 Art der Verteilung der Ausfall- und Zwischenausfallzeiten 143

4.3.2 Statistische Modellparameter 145

4.3.2.1 Auftragsanzahl bzw. Längen der Ein- und Ausschwingphase 147

4.3.2.2 Auftragsanzahl bzw. Länge der Analysephase und Anzahl der Simulationsexperimente ... 148
4.3.3 Sonstige Parameter ... 149
4.3.4 Zusammenfassung der Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Prioritätsregeln ... 151

5 Praktische Relevanz von Prioritätsregeln ... 159

5.1 Empirische Untersuchung ... 159
5.1.1 Ziel, Gegenstand, Vorgehen ... 159
5.1.2 Allgemeine Angaben zur Stichprobe ... 161
5.1.3 Diskussion der Daten zu Prioritätsregeln ... 165

5.2 Praxisanforderungen an Prioritätsregeln ... 171

5.3 Vor- und Nachteile der Anwendung von Prioritätsregeln ... 172
5.3.1 Vorteile ... 172
5.3.2 Nachteile bzw. Probleme bei der Anwendung von Prioritätsregeln ... 173

6 Die Simulation als Hilfsmittel zur Analyse von Prioritätsregeln ... 175

6.1 Begriff und Wesen der Simulation ... 175

6.2 Ablauf von Simulationsstudien ... 178
6.2.1 Vorbereitende Maßnahmen ... 181
6.2.2 Durchführung der Simulation ... 183
6.2.3 Auswertung und Umsetzung ... 187

6.3 Möglichkeiten und Grenzen der Simulation ... 189

6.4 Voraussetzungen zur Konzeption eines wirklichkeitsnahen Modells der Werkstattfertigung ... 191
6.4.1 Allgemeine Modellanforderungen ... 191
6.4.2 Modellanforderungen für die reale Werkstattumgebung ... 192
6.4.3 Beispiel für ein wirklichkeitsnahes Modell der Werkstattfertigung ... 194

6.5 Möglichkeiten der Verbesserung von Prioritätsregelleistungen ... 198
6.5.1 Akzeptanzalgorithmen ... 198
6.5.2 Interaktions- bzw. Koordinationsregeln ... 203

6.6 Schlussfolgerungen und Anmerkungen 204

7 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblick 207

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse 207

7.2 Verifizierung der Hypothesen 213

7.3 Weiterführende Betrachtungen 215

Quellenverzeichnis 219

Abkürzungsverzeichnis

A	
a.	and
AAI	Applied artificial intelligence: an international journal
Abb.	Abbildung
AIIE	American Institute of Industrial Engineers
akt.	aktualisierte
ALL	Smallest Allowance-Rule
allg.	allgemein
Allg.	Allgemein(e)
ALL / OPN, ALL / OPR	Smallest Critical Ratio of Allowance per Number of Operations Remaining-Rule
ALTOP	Alternative Operation-Rule
Anh.	Anhang
Apr.	April
ASIFIFO	Shortest Immanent Operation Time- / First In, First Out-Rule
ATC	Apparent Tardiness Costs-Rule
AU	Apparent Urgency-Rule
Aufl.	Auflage
Aug.	August
Ausg.	Ausgabe
AV	Die Arbeitsvorbereitung
AWT	average weighted tardiness
B	
Bd.	Band
bearb.	bearbeitet(e)
betriebsw.	betriebswirtschaftlich(e)
Betriebsw.	Betriebswirtschaftlich(en)
Bsp.	Beispiel(e)
bspw.	beispielsweise
BWL	Betriebswirtschaftslehre
bzw.	beziehungsweise

C	
ca.	Circa
CA	California
CEXSPT	Conditionally Expedited by SPT-Rule
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CL, CR	Smallest Critical-Ratio-Rule
CMT	conditional mean tardiness
Comp. OR	Computers and Operations Research
CON	constant (Methode zur Vorgabe von Wunschfertigstellungsterminen)
COVERT	Cost Over Time-Rule
2 C - SI, 2 - C SPT (g)	Two Class Shortest Operation Time-Rule
3 CL - FIFO	Three Class First In, First Out-Rule
D	
DD, DDATE	Due Date-Rule
DDPTWT	New-Rule
DDSU	Due Date-/ Setup Time-Rule
Dec.	December
Def.	Definition
Dez.	Dezember
d.h.	das heißt
diss.	dissertation
Diss.	Dissertation
DLZ	Durchlaufzeit
Dr.	Doktor
DRC	Dual-Resource Constrained
DS	Decision Sciences - the journal for the American Institute for DS
DSI	Decision Sciences Institute
Dt.	Deutsch(er)
durchges.	durchgesehen(e)
DWR	Dynamische Wertregel
dyn.	dynamisch(e)
E	
ed.	edited / edition / editor
Econ.	Economics

EDD	Earliest Due Date Rule
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EJOR	European Journal of Operational Research
Eng.	Engineering
engl.	englisch
erw.	erweitert(e)
ESD	Earliest Start Date-Rule
e.V.	eingetragener Verein
F	
f.	folgende
FASFO	First Arrived at Shop, First Out-Rule, Früheste Ankunftsregel
FASFS	First Arrived at Shop, First Served-Rule
FAT	Frühester Anfangstermin-Regel
FCFS	First Come, First Served-Rule
FCFS (g) / SPT	First Come, First Served-/ Shortest Processing Time-Rule
Feb.	February
ff.	fortfolgende
FFT	Frühester Fertigstellungstermin-Regel
FHALF	First Half Preference-Rule
FIFO	First In, First Out-Rule
FIFO / SI	First In, First Out-/ Shortest Immanent Operation Time-Rule
FLT	Frühester Liefertermin-Regel
Fn.	Fußnote
FOPNR, FOPR	Fewest Number of Operations Remaining-Rule
FT - LT	Schlupf- (Puffer-)zeit-Regel
G	
gest.	gestaltet(e)
GGB	Größte Gesamtbearbeitungszeit-Regel
ggf.	gegebenenfalls
GOPNR	Greatest Number of Operations-Remaining-Rule
GRB	Geringste Restliche Bearbeitungszeit-Regel oder Größte Restbearbeitungszeit-Regel
H	
Hrsg.	Herausgeber

hrsg.	herausgegeben
HWB	Handwörterbuch der Betriebswirtschaft
HWP	Handwörterbuch der Produktionswirtschaft
I	
i.e.S.	im engeren Sinne
IFST	Interaktive Fertigungssteuerung (Interaktionsregel)
IIE	Institute of Industrial Engineers
ILL	Illinois
Inc.	Incorporated
Ind.	Industrial
Inf. Mgmt.	Information Management
Inst.	Institut(e)
Int.	International
intern.	internationale
Int. J. Adv. Man. Techn.	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology
Int. J. Prod. Res.	The International Journal of Production Research
ims	Integrated Manufacturing Systems: an international quarterly
IPM	Institut für Produktivitätsmanagement, Rostock
IPW	Institut für Produktionswirtschaft, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock
IRB	Informationszentrum Raum und Bau
IWF	Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Braunschweig
J	
Jan.	January
J. Bus.	The Journal of Business
Jg.	Jahrgang
J. Ind. Eng.	The Journal of Industrial Engineering: official publication of the American Institute of Industrial Engineers
J. Int. Man.	Journal of Intelligent Manufacturing
J. Oper. Mgmt.	Journal of Operations Management
J. Oper. Res. Soc.	Journal of the Operational Research Society
J Oper. Res. Soc. Jap.	Journal of the Operational Research Society of Japan (Nikon-Opereskonzu-Risadie-Gakki)

Jul.	July /Juli
jr.	Junior
JSPRP	Minimum Job Slack per Remaining Processing Time-Rule
K	
k.A.	keine Angabe(n)
Kap.	Kapitel
KFR, KFRZ	Kürzeste Fertigungsrestzeit-Regel
KFZ	Kürzeste Fertigungszeit-Regel
KGB	Kleinste Gesamtbearbeitungszeit-Regel
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KOZ	Kürzeste Operationszeit-Regel
KOZ – FAT, KOZ / FAT	Kürzeste Operationszeit-/ Frühester Anfangstermin-Regel
KOZ – FAT – Wert	Kürzeste Operationszeit-/ Frühester Anfangstermin-/ Wert-Regel
KOZ / dyn. WT / S	Kürzeste Operationszeit-/ dynamische Wertregel / Schlupfzeit-Regel
KRB	Kürzeste Restbearbeitungszeit-Regel
L	
LA	Look Ahead-Rule
LA(ALTOP)	Look Ahead-/ Alternative Operation-Rule
LCFS	Last Come, First Served-Rule
LFRZ, LTR	Längste Fertigungsrestzeit-Regel
LHALF	Last Half Preference-Rule
LI	Largest Immanent Operation Time-Rule
LIS	Largest Gross Immanent Operation Time-Rule
LPT	Longest Processing Time-Rule
Log.	Logistic
LOZ	Längste Operationszeit-Regel
LR, LRPT, LRMPT, LRM	Largest/Longest Remaining Processing Time-Rule
lt.	Laut
LT	Liefertermin-Regel
LWKR	Least Work Remaining-Rule
M	
MA	Massachusetts
MAA	Meiste noch auszuführende Arbeitsgänge-Regel,
	Größte Restarbeitsganganzahl-Regel

Mar.	March
Mas.	Maschine(n)
Math.	Mathematics
MAZ	mittlere Ausfallzeit von Maschinen [ZE]
Max	Maximum
Max!	Maximiere!
M & c	Management & Computer
MDD	Modified Due Date-Rule
ME	Mengeneinheit(en)
Min	Minimum
Min!	Minimiere!
MINSEQ	Minimum Setup-Time-Rule, Rüstzeitregel
Mgmt.	Management
MOD	Modified Operation Due Date-Rule
MOPNR, MOPR	Most Number of Operations Remaining-Rule
MS	Management Science
MST	Minimum Slack-Time-Rule
MT	mean tardiness
MTP	Marginal Tardiness Penalty-Rule
MWKR, MWR	Most Work Remaining-Rule
MZAZ	mittlere Zwischenausfallzeit von Maschinen [ZE]
N	
Nachdr.	Nachdruck
Nav. Res. Log. Q.	Naval Research Logistics Quarterly: an international journal
neubearb.	Neubearbeitet€
NINQ	Least Number of Jobs in the Queue of its Next Operation Rule, Kritische-Maschinen-Regel
no.	Number
NOP	number of operations (Methode zur Vorgabe von Wunschfertigstellungsterminen)
NOR	number of operations remaining
Nov.	November
Nr.	Nummer

NS	Raum möglicher Lösungen bei Verwendung von Akzeptanzalgorithmen
NSUT	No Setup Time-Rule
NY	New York
O	
OALL	Smallest Operation Allowance-Rule
OCR	Smallest Operation-Critical-Ratio-Rule
Oct.	October
ODD, OPNDD	Operation Due Date-Rule
Omega	The International Journal of Management Sciences
Oper. Res. Q.	Operational Research Quarterly
OR	Operations Research
Orig.	Original
OR Spek.	Operations Research Spektrum
OSL	Smallest Operation Slack-Rule
P	
p.	page
PC	Personal Computer
PPC	Production Planning and Control
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
Proc.	Proceedings
Prod.	Production
Prod. Inv. Mgmt.	Production and Inventory Management
PT	proportion of jobs tardy
PTJ	proportion of tardy jobs
PTZ	Produktionstechnisches Zentrum Berlin
P / TWK	Processing Time-/ Total Work-Rule
P + WKR, P / WKR	Processing Time-/ Work Remaining-Rule
P + WQ	Processing Time-/ Work in Queues-Rule
P + XWQ	Processing Time-/ Expected Work in Queues- Rule
Q	
Q.	Quarterly
Qtr.	Quarter

R	
RAN	random (Methode zur Vorgabe von Wunschfertigstellungsterminen)
RAND, Random	Random Number-Rule
REFA	REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.
Res.	Research
RPT	remaining processing time
RT	remaining time to due date
rev.	revidierte
S	
s.	siehe
S.	Seite(n)
s.a.	siehe auch
S / ALL	Smallest Ratio of Slack per Allowance-Rule
SCR	Smallest Critical Ratio
Sep.	September
SI, SIO	Shortest Immanent Operation-Rule
Sim	Simulation
SIRIP, S, X	Shortest Operation Time-Rule under Imperfect Prediction
SIS	Shortest Gross Immanent Operation Time-Rule
SL	Minimum Slack-Time-Rule
Slack	Least Slack-Time-Rule
SL / OP, S / OPN, S / OPR, Slack / OPN	Minimum Slack per Operations Remaining-Rule
S / WKR, SL / WRK, Slack / WRK	Slack per Work Remaining-Rule
sog.	so genannte(n)
SOT	Shortest Operation Time-Rule
SOT*TOT	Shortest Operation Time-/ Total Operation Time- Rule
Sp.	Spalte(n)
SPT	Shortest Processing Time-Rule
SPT / TWORK	Smallest Ratio of Processing Time to Total Work- Rule
SPT / WKR	Smallest Ratio of Processing Time to Work Remaining-Rule
(g) SPT - (1 - g) XWINQ, SPTXWQ	Shortest Processing Time-/ Least Expected Total Work in Next Queue-Rule

SRJT	Shortest Remaining Job Time-Rule
SR, SRPT, SRMPT	Shortest Remaining Processing Time-Rule
S / RFZ, Slack / RFZ	Minimum Schlupfzeit pro Restfertigungszeit-Regel
S / RMWK	Slack per Remaining Work-Rule
S / RPT + SPT	Slack per Remaining Work+SPT-Rule
SST	Shortest Setup Time-Rule, Kürzeste Sortenwechselzeit-Regel
St.	Sankt
SWR	Statische Wertregel
SZ	Schlupf- (Puffer-)zeit-Regel
T	
Tab.	Tabelle
TC – SPT, SI^X	Two Class Truncated Shortest Processing Time- Rule
TH	Technische Hochschule
TOT	Total Operation Time-Rule
T - SPT, TSPT - C, TSPT - F	Truncated Shortest Processing Time-Rule
TU	Technische Universität
TWK	total work content (Methode zur Vorgabe von Wunschfertigstellungsterminen)
TWORK	Greatest Total Work-Rule
U	
u.	und
u.a.	und andere
u.ä.	und ähnliches
u.d.T.	unter dem Titel
überarb.	überarbeitet(e)
Univ.	Universität
unv.	unverändert(e)
unw.	unwesentlich
V	
v.	von
VANF	Vorausschauende Auftragsnachfrage (Interaktionsregel)
VBM	Vorausschauendes Belastungsmanagement (Interaktionsregel)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

veränd.	veränderte
verb.	verbesserte
Verl.	Verlag
vgl.	vergleiche
vol.	volume
vollst.	vollständig(e)
vs.	versus
W	
WAA	Wenigste noch auszuführende Arbeitsgänge- Regel, Kleinste Restarbeitsganganzahl-Regel
wesentl.	wesentlich
WINQ	Least Total Work in the Queue of its Next Operation-Rule
WIP	work-in-process
WISO	Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
WiSt	Wirtschaftswissenschaftliche Studien
WIWI	Wirtschaftswissenschaften
wt	Werkstatttechnik - Zeitschrift für industrielle Fertigung
WT	Wertregel
WZ	Warte- bzw. Liegezeit-Regel, Auftragsregel
X	
XWINQ	Least Expected Total Work in Next Queue-Rule
Z	
z.B.	zum Beispiel
ZE	Zeiteinheiten
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZfbF	Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung
zit.	zitiert
ZLK	Zwischenlagerkostensatz-Regel
ZOR	Zeitschrift für Operations Research – mathematical methods of Operations Research
z.Zt.	zur Zeit
ZUF	Zufalls-Regel
zugl.	zugleich
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung

Symbolverzeichnis

a	aktuelle Maschine, auf der sich Auftrag j zum Zeitpunkt der Betrachtung befindet
A_g	Ausfallgrad
$A(k)$	Maß für Störungen und unvermeidbare Verzögerungen
b_{ij}	Bearbeitungszeit des Auftrags j auf Maschine i
B	Gesamtbelegungszeit der Produktionsstellen in einer Betrachtungsperiode
$\overline{B}$	mittlere Belegungszeit der Maschinen in einer Betrachtungsperiode
B_j	Gesamtbearbeitungszeit von Auftrag j
$\overline{BT}$	bedingte mittlere Terminüberschreitung aller n Aufträge eines Auftragsbestandes
$c_1,\ldots,c_6$	spezifische Konstante, so genannter Terminfaktor
$\overline{C}$	mittlere Fertigstellungszeitpunkte
C_{ges}	Summe der Fertigstellungszeitpunkte aller n Aufträge
C_j	Fertigstellungszeit(punkt) von Auftrag j
C_{ji}	Fertigstellungszeit von Operation i des Auftrags j
$C_{\max}$	maximaler Fertigstellungszeitpunkt aus allen n Aufträgen
$\overline{D}$	mittlere Durchlaufzeit aller n Aufträge
D_{fj}	frühester Wunschfertigstellungstermin des Auftrags j aus dem Pool
D_{ges}	Gesamtdurchlaufzeit aller n Aufträge
D_{gew}	gewichtete Gesamtdurchlaufzeit aller n Aufträge
$\overline{D}_{gew}$	gewichtete mittlere Durchlaufzeit aller n Aufträge
D_h	Durchlaufzeit aller n Aufträge im h-ten Simulationslauf
D_j	Durchlaufzeit eines Auftrags j
D_{jh}	Durchlaufzeit eines Auftrags j, die im h-ten Simulationslauf gemessen worden ist
D_{ji}	Durchlaufzeit von Operation i des Auftrags j
$D_{\max}$	maximale Durchlaufzeit aus allen n Aufträgen
D_{σ^2}	Varianz der Durchlaufzeit aller n Aufträge
DB_j	Gesamtertrag des jeweiligen Auftrags j

e_j	Gewichtungsfaktor für die Klasse *Deckungsbeitrags-Summe pro Zeitperiode*
g_j bzw. g	Gewichtungsfaktor
i	Operationsindex eines Auftrags j, $i \in \{1,...,k_i\}$
k_i	Anzahl der Bearbeitungen von Auftrag j
$KA_{\max}$	maximale Kapazitätsauslastung aller m Maschinen
$\overline{L}$	mittlere Terminabweichung aller Aufträge eines Auftragsbestandes
L_{ges}	gesamte Terminabweichung aller Aufträge eines Auftragsbestandes
L_{gew}	gewichtete gesamte Terminabweichung aller n Aufträge
$\overline{L}_{gew}$	gewichtete mittlere Terminabweichung aller n Aufträge
L_j	Terminabweichung eines Auftrags j
$L_{\max}$	maximale Terminabweichung des Auftrags j
LT_j	Wunschfertigstellungs- bzw. Liefertermin (due date) eines Auftrags j
LT_{ji}	Wunschfertigstellungstermin (due date) eines Auftrags j an Maschine i
m	Anzahl der Maschinen, i = 1, ..., m
m'	Eine *andere* Maschine im Fertigungsprozess
n	Anzahl der Aufträge, j = 1, ..., n
N	Anzahl der Aufträge innerhalb der Analysephase
N_a	Anzahl der Aufträge innerhalb der Ausschwingphase
N_e	Anzahl der Aufträge innerhalb der Einschwingphase
N_S	Anzahl der voneinander unabhängigen Simulationsexperimente
$N_{ji}(t)$	Anzahl der wartenden Aufträge in der Schlange zum Zeitpunkt t, die die Operation i des Auftrags j beinhaltet
N_V	Anzahl verspäteter bzw. terminüberschreitender Aufträge in einem Auftragsbestand
$N_{V_{\%}}$	prozentualer Anteil verspäteter bzw. terminüberschreitender Aufträge in einem Auftragsbestand
$p_j(t)$	Prioritätswert (value) des j-ten Auftrags zum Zeitpunkt t
$P_{i_{k(j)}}$	Prioritätsziffer des k-Arbeitsganges auf Maschine i des j-ten Auftrags
q	Anzahl der Simulationsläufe, q = 1,..., h
r_j	Ankunftszeitpunkt von Auftrag j

t	Zeitpunkt, zu dem die Maschinenbelegung stattfindet
t_{akt}	aktueller Bearbeitungstag
$t_{i_{k(j)}}$	Bearbeitungszeit auf Maschine i des k-ten Arbeitsganges des j-ten Auftrags
$\bar{t}_{B_i}$	mittlere Bearbeitungszeit einer Operation i
$t_{B_{ji}}$	Bearbeitungszeit der i-ten Operation von Auftrag j
t_{L_i}	ablaufbedingte Leerzeit auf der Maschine m im betrachteten Zeitraum
$t_{LT_{ji}}$	Operationstermin (i = 1, ..., k_i) eines Auftrags j
$t_{T_{ij}}$	Transportzeit des Auftrags j zur Maschine
$t_{W_{ij}}$	Wartezeit des Auftrags j vor der Maschine i
$\overline{T}$	mittlere Verspätung aller Aufträge eines Auftragsbestandes
T_{ges}	Summe der Verspätungen aller Aufträge eines Auftragsbestandes
T_j	Terminüberschreitung von Auftrag j
$T_{\max}$	maximale Terminüberschreitung bzw. Verspätung des Auftrags j
T_L	Gesamtleerzeit aller m Maschinen
$\overline{T}_L$	mittlere Leerzeit aller m Maschinen
T_{σ^2}	Varianz der Terminüberschreitungen aller n Aufträge
$T_{\%}$	prozentualer Anteil terminüberschreitender Aufträge
U_g	Kapazitätsauslastungsgrad
u_j	Gewichtungsfaktor für die Klasse *Umsatz pro Zeitperiode*
U_j	Gesamtumsatz des jeweiligen Auftrags j
v_j	Verzugsstrafe eines Auftrags j
$\overline{W}$	mittlere Wartezeit aller n Aufträge
W_{ges}	Gesamtwartezeit aller n Aufträge
W_{ij}	Wartezeit der i-ten Operation von Auftrag j
x_j	gleichverteilte Zufallsvariable im Intervall [0, 1]
$Y_{ji}(t)$	Summe der Bearbeitungszeiten der wartenden Aufträge zum Zeitpunkt t in der Schlange, die die Operation i des Auftrags j beinhaltet
z_{ij}	Zufallsvariable z des Auftrags j auf Maschine i

μ	Erwartungswert
μ_D	Erwartungswert der mittleren Durchlaufzeit aller n Aufträge über alle Simulationsläufe q
$\mu_H{}^D$	mittlere Durchlaufzeit aller n Aufträge im Simulationslauf h
σ	Standardabweichung
σ^D	Standardabweichung der mittleren Durchlaufzeit aller n Aufträge über alle Simulationsläufe q
$\sigma_H{}^D$	Standardabweichung (Streuung) der mittleren Durchlaufzeit aller n Aufträge im Simulationslauf h
[–]	keine Maßeinheit

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Prinzipielle Gliederung der Produktionsplanung und -steuerung 2

Abb. 2: Zielsystem der Arbeit 7

Abb. 3: Hierarchische Struktur des Produktionsmanagements 13

Abb. 4: Konzeptioneller Rahmen des Produktionsmanagements 14

Abb. 5: Vor- und Nachteile der Werkstattfertigung 16

Abb. 6: Grundbegriffe der Reihenfolgeplanung 18

Abb. 7: Sichtweisen der Reihenfolgeplanung 31

Abb. 8: Ableitung des Zielsystems der Reihenfolgeplanung 33

Abb. 9: Zeitziele der Reihenfolgeplanung 42

Abb. 10: Zielhierarchie ausgewählter Zeitziele der Reihenfolgeplanung 50

Abb. 11: Gewichtsverschiebung bei den Zielgrößen der Reihenfolgeplanung 51

Abb. 12: Gliederung möglicher Lösungsverfahren der Reihenfolgeplanung 56

Abb. 13: Auswahl von Job-Shop-Modellen 58

Abb. 14: Systematisierung von Prioritätsregeln 66

Abb. 15: Klassifizierungsschema von Prioritätsregeln nach der Art der für die Prioritätsberechnung zu berücksichtigenden Informationen 69

Abb. 16: Klassifizierungsschema von Prioritätsregeln (Zusammenfassung) 70

Abb. 17: Elementare Prioritätsregeln 73

Abb. 18: Kombinierte Prioritätsregeln 86

Abb. 19: Zielkriterien zur Beurteilung von Prioritätsregeln 97

Abb. 20: Einteilung ausgewählter Prioritätsregeln nach Grad der Straffheit der Ablieferungstermine 104

Abb. 21: Literaturvergleich verspätungsorientierter Prioritätsregeln 109

Abb. 22: Wirksamkeit von Prioritätsregeln 116

Abb. 23: Wirksamkeit von Prioritätsregeln auf ausgewählte Zielkriterien 117

Abb. 24: Umgebungsvariablen der Wirksamkeit von Prioritätsregeln 119

Abb. 25: Problemspezifische Modellparameter 120

Abb. 26: Modellparameter - Art der Auftragsfreigabe (Zusammenfassung) 123

Abb. 27: Modellparameter - Art der Verteilung der Bearbeitungszeiten (Zusammenfassung) .. 126

Abb. 28: Modellparameter - Anzahl der Maschinen (Zusammenfassung) 130

Abb. 29: Modellparameter - Art der Verteilung der Maschinenfolgen (Zusammenfassung) 134

Abb. 30: Klassifizierung der Bestimmung von due dates (nach Conway) 135

Abb. 31: Festlegungsmethoden für Wunschfertigstellungstermine 137

Abb. 32: Statistische Modellparameter 145

Abb. 33: Sonstige Umgebungsvariablen 149

Abb. 34: Mögliche Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit von Prioritätsregeln 152

Abb. 35: Inhaltlicher Aufbau des Fragebogens 160

Abb. 36: Umsatz nach Größenklassen in Euro 162

Abb. 37: Einteilung nach Mitarbeiterklassen 162

Abb. 38: Umsatz je Mitarbeiter 163

Abb. 39: Branchenzuordnung 164

Abb. 40: Art der Produktionsauslösung 164

Abb. 41: Liefertreue 165

Abb. 42: Kapazitätsauslastungsgrade 166

Abb. 43: Durchlaufplanung erfolgt für ... Erzeugnisse 167

Abb. 44: Ziele der Reihenfolgebestimmung 168

Abb. 45: Entscheidungsträger der Ziele und Methoden der Reihenfolgebestimmung 168

Abb. 46: Angewandte Prioritätskriterien 170

Abb. 47: Gegenüberstellung angestrebte Zielsetzungen und verwendete Prioritätsregeln (Anzahl Nennungen) 170

Abb. 48: Vor- und Nachteile der Anwendung von Prioritätsregeln 174

Abb. 49: Bildhafte Darstellung der Simulation 177

Abb. 50: Prinzipielle Vorgehensweise zur Problemlösung mit Hilfe der Simulation 179

Abb. 51: Ablauf eines Simulationsmodells zur Prioritätsregeluntersuchung 180

Abb. 52: Flussdiagramm einer Simulation zur Planung der Maschinenbelegung 185

Abb. 53: Flussdiagramm einer Simulation zur Prüfung von Prioritätsregeln (am Bsp. der Durchlaufzeit als Wertkriterium) 186

Abb. 54: Struktur eines Simulationsmodells mit Prioritätsregeln für eine wirklichkeitsnahe Werkstattumgebung 196

Abb. 55: Verfahrensablauf der Akzeptanzalgorithmen 199

Abb. 56: Verfahrensablauf des Treshold Accepting-Algorithmus 202