

***Band 86***

***Berichte aus dem  
Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften  
der Technischen Universität  
München***

---

***Herausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart  
Prof. Dr.-Ing. J. Milberg***

---

**Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg GmbH**



**Vesna Nedeljkovic-Groha**

**Systematische Planung  
anwendungsspezifischer  
Materialflußsteuerung**

Mit 94 Abbildungen

**Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH**

Dipl.-Ing. Vesna Nedeljkovic-Groha  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart  
o. Professor an der Technischen Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Milberg  
o. Professor an der Technischen Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), München

D 91

ISBN 978-3-540-58953-2      ISBN 978-3-662-00997-0 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-00997-0

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen der Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995

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.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Gesamtherstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München.

SPIN: 10496203      62/3020-543210

## **Geleitwort der Herausgeber**

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung. Denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren und Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen und Systeme zur Auftragsabwicklung im Unternehmen werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozeß spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Produktentwicklung über die Planung von Produktionssystemen hin zu den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb*-Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

*Joachim Milberg*

*Gunther Reinhart*

## **Vorwort**

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München.

Herrn Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart und Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Milberg, den Leitern dieses Instituts, gilt mein besonderer Dank für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit.

Herrn Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing.e.h. H.-P. Wiendahl, dem Leiter des Instituts für Fabrikanlagen der Universität Hannover, danke ich für die Übernahme des Korreferates und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit.

Darüberhinaus möchte ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts und allen Studenten meinen herzlichen Dank für die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit und das kooperative Arbeitsklima aussprechen.

Schließlich gilt mein Dank aber auch meinem Mann für die Unterstützung und kritische Durchsicht meiner Arbeit sowie meinen Eltern, die mich stets motiviert haben.

München, im November 1994

*Vesna Nedeljkovic-Groha*

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	3
1.3 Vorgehensweise	4
<b>2 Situationsanalyse auf dem Gebiet der Materialflußsteuerung</b>	<b>6</b>
2.1 Materialflußsteuerung in der rechnerintegrierten Produktion	6
2.1.1 Begriffsdefinitionen	6
2.1.2 Stellung der Materialflußsteuerung in der rechnerintegrierten Produktion	8
2.2 Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	10
2.2.1 Begriffsdefinitionen	10
2.2.2 Aufbauorganisation einer Materialflußsteuerung	11
2.2.2.1 Informationssystemstruktur einer Materialflußsteuerung innerhalb der Unternehmenshierarchie	11
2.2.2.2 Funktionalität einer zentralen Materialflußsteuerung in den Leitsystemen	14
2.2.2.3 Funktionalität einer dezentralen Materialflußsteuerung durch dezidierte Materialflußrechner	16
2.2.3 Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	17
2.2.3.1 Materialflußsteuerungsprinzipien	17
2.2.3.2 Optimierungsstrategien	19
2.2.4 Bewertung des Ist-Zustands der Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	20
2.3 Planung und Entwicklung einer Materialfluß-Steuerungssoftware	23
2.3.1 Systematische Softwareentwicklung	23
2.3.2 Vorgehensweise bei der Planung einer Materialflußsteuerung	26
2.3.2.1 Planungsstufen der Materialflußsteuerung	26

## **Inhaltsverzeichnis**

---

2.3.2.2 Erstellung des Lasten- und Pflichtenheftes	28
2.3.3 Rechnergestützte Hilfsmittel für die Planung und Entwicklung einer Materialfluß-Steuerungssoftware	30
2.3.4 Bewertung des Ist-Zustands der Planung und Entwicklung einer Materialfluß-Steuerungssoftware	34
2.4 Fazit	35
<b>3 Anforderungen an ein Planungssystem für die Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung</b>	<b>37</b>
3.1 Benutzerfreundlichkeit	37
3.2 Berücksichtigung aller Einflußgrößen auf die Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	39
3.3 Systematische Planungsvorgehensweise	41
3.4 Integrationsfähigkeit	44
<b>4 Das der Planung der Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung zugrundeliegende Datenmodell</b>	<b>46</b>
4.1 Komponenten des Datenmodells	47
4.2 Fertigungssystem-Modell	47
4.2.1 Fertigungsprinzip	48
4.2.2 Fertigungsart	49
4.2.3 Fertigungsanlage	50
4.2.4 Fertigungskenngrößen	53
4.3 Materialflußsystem-Modell	54
4.3.1 Kenngrößen eines Transportsystems	54
4.3.2 Materialflußbeziehungen	59
4.4 Zeitmodell	62
4.4.1 Zeiten im Fertigungssystem-Modell	62

4.4.2 Zeiten im Materialflußsystem-Modell	64
4.5 Anwenderspezifische Planungsprämissen	69
<b>5 Konzept zur Planung der Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung</b>	<b>74</b>
5.1 Dreistufige Vorgehensweise zur Planung der Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	74
5.2 Stufe 1: Auslegung der geeigneten Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	75
5.2.1 Materialflußsteuerungsprinzip	77
5.2.1.1 Schrittweiser Vergleich und Bewertung von Soll- und Ist-Versorgezeit	78
5.2.1.2 Abgleich des ermittelten Materialflußsteuerungsprinzips mit dem Erfüllungsgrad anwenderspezifischer Planungsprämissen	83
5.2.2 Optimierungsstrategien	84
5.2.2.1 Optimierungsaufgabe	84
5.2.2.2 Kriterien für die Vorauswahl der Optimierungsstrategien	87
5.2.2.3 Vorausgewählte Optimierungsstrategien	88
5.2.2.4 Auswahl der Optimierungsstrategie für den konkreten Anwendungsfall	95
5.2.3 Informationssystemstruktur	97
5.2.3.1 Alternativen für die Informationssystemstruktur einer Materialflußsteuerung	97
5.2.3.2 Kriterien für die Auswahl der Informationssystemstruktur	98
5.2.3.3 Auswahl der Informationssystemstruktur für den konkreten Anwendungsfall	100
5.2.4 Funktionalität und Verteilung der Funktionen einer Materialflußsteuerung	102
5.2.4.1 Begriffsdefinitionen	104
5.2.4.2 Funktion 1: Materialflußanforderung erzeugen	105
5.2.4.3 Funktion 2: Materialflußauftrag erzeugen	106



5.2.4.4 Funktion 3: Transportauftrag erzeugen	107
5.2.4.5 Funktion 4: Transportauftrag planen	108
5.2.4.6 Funktion 5: Transportauftrag auslösen	109
5.2.4.7 Funktion 6: Transportauftrag ausführen	110
5.2.4.8 Funktion 7: Transportauftrag überwachen	112
5.2.4.9 Funktion 8: Transportauftrag sichern	113
5.2.4.10 Funktion 9: Verwaltung von Betriebsmitteln	114
5.2.4.11 Funktion 10: Verwaltung von gemeinsamen Betriebsmitteln	115
5.2.4.12 Funktion 11: Umplanung eines Materialflubauftrags	116
5.2.4.13 Funktion 12: Kommunikation durchführen	117
5.2.5 Abprüfung der Konfiguration	118
5.3 Stufe 2: Konfiguration des Materialfluß-Steuerungssystems	119
5.3.1 Funktionale Konfiguration des Materialfluß-Steuerungssystems	121
5.3.2 Rechnerkonfiguration des Materialfluß-Steuerungssystems	122
5.3.3 Installation der Software	123
5.4 Stufe 3: Verifikation der geplanten Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	124
5.4.1 Bedeutung der Simulation für die Planung der Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	124
5.4.2 Besonderheiten der Simulation beim Testen der Aufbau- und Ablauforganisation einer Materialflußsteuerung	126
5.4.3 Durchführung der Simulation	129
5.4.3.1 Simulationsmodell	129
5.4.3.2 Kommunikation zwischen Planungs-, Materialfluß-Steuerungs- und Simulationssystem	131
5.4.3.3 Testen des Materialflußsteuerungsprinzips und der Optimierungsstrategien	133
5.4.4 Interpretation und Umsetzung der Simulationsergebnisse	134

<b>6 Systembeschreibung mit Anwendungsbeispiel</b>	<b>136</b>
6.1 Entwicklungsumgebung	136
6.2 Systemaufbau	136
6.2.1 Bestandteile des Planungssystems	136
6.2.2 Benutzeroberfläche	136
6.2.3 Betriebsarten	137
6.3 Modellparametrierung	138
6.3.1 Beschreibung des Anwender-Produktionssystems	138
6.3.2 Plausibilitätskontrolle der Materialflußbeziehungen	140
6.4 Durchführung der Planung der Aufbau- und Ablauforganisation der Materialflußsteuerung	142
6.4.1 Durchführung der Stufe 1: Auslegung der Aufbau- und Ablauforganisation der Materialflußsteuerung	142
6.4.2 Durchführung der Stufe 2: Konfiguration des Materialfluß-Steuerungssystems	144
6.4.3 Durchführung der Stufe 3: Verifikation der geplanten Aufbau- und Ablauforganisation der Materialflußsteuerung	146
6.5 Anwendungsbeispiel: Planung eines Materialfluß-Steuerungssystems für eine Werkstattfertigung	148
6.5.1 Aufgabenstellung	148
6.5.2 Datenmodell des betrachteten Produktionssystems	150
6.5.2.1 Fertigungssystem-Modell	150
6.5.2.2 Materialflußsystem-Modell	152
6.5.2.3 Zeitmodell	153
6.5.2.4 Anwenderspezifische Planungsprämissen	155
6.5.3 Ergebnisse der Planung	155
6.5.3.1 Materialflußsteuerungsprinzip	155
6.5.3.2 Optimierungsstrategien	157

## **Inhaltsverzeichnis**

---

6.5.3.3 Informationssystemstruktur	158
6.5.3.4 Funktionalität und Verteilung der Funktionen der Material- flußsteuerung	158
6.5.4 Validierung des Planungssystems	158
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>160</b>
<b>8 Literatur</b>	<b>162</b>

## Formelzeichen

### Große Buchstaben

Zeichen	Dimension	Bedeutung
A	[-]	Zielgewichtung
B	[-]	Zielgewichtung
FLG	[-]	Fertigungslosgröße
MLZ	[min]	Materialliegezeit
MWZ	[min]	Maschinenwartezeit
Schicht	[min]	Schichtdauer
TLG	[-]	Transportlosgröße
TBLZ	[min]	Durchschnittliche Belegungszeit
TDurch_Ist	[min]	Durchschnittliche Ist-Versorgezeit
TMax_Ist	[min]	Maximale Ist-Versorgezeit
TMin_Ist	[min]	Minimale Ist-Versorgezeit
TSoll_Vz	[min]	Durchschnittliche Soll-Versorgezeit
TTz	[min]	Transportzeit
Tü	[min]	Lastwechselzeit

### Kleine Buchstaben

n	[-]	Anzahl der Segmente, Anzahl der Zellen
nFA	[-]	Anzahl der Fertigungsaufträge
nFZ	[-]	Anzahl der im Fertigungssegment zusammen- gefaßten Zellen

## Formelzeichen

---

nN	[-]	Durchschnittlicher Nutzungsgrad
nRA	[-]	Anzahl der Rüstaufträge
nTA	[-]	Anzahl der Transportaufträge
nTM	[-]	Anzahl der Transportmittel

## Griechische Buchstaben

$\beta$	[-]	Statischer Maschinengewichtungsfaktor
$\varepsilon$	[-]	Gewichtungsfaktor
$\rho$	[-]	Versorgeanteil