

Forschung und Praxis

Band 131

Berichte aus dem
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung (IPA), Stuttgart,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation (IAO), Stuttgart, und
Institut für Industrielle Fertigung und
Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart

Herausgeber: H. J. Warnecke und H.-J. Bullinger



G. Hachtel

**Entwicklung eines bestands-
orientierten Fertigungs-
steuerungssystems für
die Großserienfertigung am
Beispiel des Automobilbaus**

Mit 34 Abbildungen und 6 Tabellen

**Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo 1989**

Dipl.-Ing. G. Hachtel

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Dr.-Ing. H. J. Warnecke

o. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Dr.-Ing. habil. H.-J. Bullinger

o. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN-13: 978-3-540-50639-3 e-ISBN-13: 978-3-642-83686-2

DOI: 10.1007/978-3-642-83686-2

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 Verwertung, 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 Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1989.

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: Copydruck GmbH, Heimsheim
2362/3020–543210

Geleitwort der Herausgeber

Futuristische Bilder werden heute entworfen:

- o Roboter bauen Roboter,
- o Breitbandinformationssysteme transferieren riesige Datenmengen in Sekunden um die ganze Welt.

Von der "menschleeren Fabrik" wird da gesprochen und vom "papierlosen Büro". Wörtlich genommen muß man beides als Utopie bezeichnen, aber der Entwicklungstrend geht sicher zur "automatischen Fertigung" und zum "rechnerunterstützten Büro". Forschung bedarf der Perspektive, Forschung benötigt aber auch die Rückkopplung zur Praxis - insbesondere im Bereich der Produktionstechnik und der Arbeitswissenschaft.

Für eine Industriegesellschaft hat die Produktionstechnik eine Schlüsselstellung. Mechanisierung und Automatisierung haben es uns in den letzten Jahren erlaubt, die Produktivität unserer Wirtschaft ständig zu verbessern. In der Vergangenheit stand dabei die Leistungssteigerung einzelner Maschinen und Verfahren im Vordergrund. Heute wissen wir, daß wir das Zusammenspiel der verschiedenen Unternehmensbereiche stärker beachten müssen. In der Fertigung selbst konzipieren wir flexible Fertigungssysteme, die viele verkettete Einzelmaschinen beinhalten. Dort, wo es Produkt und Produktionsprogramm zulassen, denken wir intensiv über die Verknüpfung von Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Qualitätskontrolle nach. Rechnerunterstützte Informationssysteme helfen dabei und sollen zum CIM (Computer Integrated Manufacturing) führen und CAD (Computer Aided Design) und CAM (Computer Aided Manufacturing) vereinen. Auch die Büroarbeit wird neu durchdacht und mit Hilfe vernetzter Computersysteme teilweise automatisiert und mit den anderen Unternehmensfunktionen verbunden. Information ist zu einem Produktionsfaktor geworden, und die Art und Weise, wie man damit umgeht, wird mit über den Unternehmenserfolg entscheiden.

Der Erfolg in unseren Unternehmen hängt auch in der Zukunft entscheidend von den dort arbeitenden Menschen ab. Rationalisierung und Automatisierung müssen deshalb im Zusammenhang mit Fragen der Arbeitsgestaltung betrieben werden, unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Mitarbeiter und unter Beachtung der erforderlichen Qualifikationen. Investitionen in Maschinen und Anlagen müssen deshalb in der Produktion wie im Büro durch Investitionen in die Qualifikation der Mitarbeiter begleitet werden. Bereits im Planungsstadium müssen Technik, Organisation und Soziales integrativ betrachtet und mit gleichrangigen Gestaltungszielen belegt werden.

Von wissenschaftlicher Seite muß dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z. B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Beispielhaft sei hier an den großen Bereich der Informationsverarbeitung im Betrieb erinnert, der von der Angebotserstellung über Konstruktion und Arbeitsvorbereitung, bis hin zur Fertigungssteuerung und Qualitätskontrolle reicht. Beim Materialfluß geht es um die richtige Aus-

wahl und den Einsatz von Fördermitteln sowie Anordnung und Ausstattung von Lagern. Große Aufmerksamkeit wird in nächster Zukunft auch der weiteren Automatisierung der Handhabung von Werkstücken und Werkzeugen sowie der Montage von Produkten geschenkt werden.

Von der Forschung muß in diesem Zusammenhang ein Beitrag zum Einsatz fortschrittlicher intelligenter Computersysteme erfolgen. Planungsprozesse müssen durch Softwaresysteme unterstützt und Arbeitsbedingungen wissenschaftlich analysiert und neu gestaltet werden.

Die von den Herausgebern geleiteten Institute, das

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart (IFF),
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe "IPA-IAO - Forschung und Praxis" herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluß dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Springer-Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

H. J. Warnecke • H.-J. Bullinger

Vorwort des Verfassers

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart.

Herrn Professor Dr.-Ing. H.-J. Warnecke, dem Leiter des Instituts, bin ich für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung der Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Professor Dr.-Ing. G. Pritschow für die eingehende Durchsicht der Arbeit und die sich daraus ergebenden wertvollen Anregungen.

Ein herzlicher Dank geht an Herrn Dr.-Ing. habil. W. Dangelmaier für seine stete Diskussionsbereitschaft und konstruktive Kritik.

Bei allen Mitarbeitern des Instituts, die mir durch große Hilfsbereitschaft die Erstellung der Arbeit erleichtert haben, bedanke ich mich ebenfalls vielmals.

An dieser Stelle möchte ich auch meiner Frau Heidrun und allen Freunden danken, die mir immer wieder durch ein aufmunterndes Wort geholfen und mich in weniger guten Tagen ertragen haben.

Hachtel

Illmensee, 1988

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Verzeichnis der Abkürzungen, Formelzeichen und Einheiten	11
Verzeichnis der verwendeten Symbole	20
1 Einleitung	21
2 Problemstellung	23
2.1 Abgrenzung des Problembereichs	23
2.1.1 Aufgaben und Randbedingungen der mittelfristigen Fertigungssteuerung	24
2.1.2 Organisatorische Merkmale des Fertigungsprozesses im Automobilbau	27
2.1.3 Optimierungsziele der Fertigungssteuerung	30
2.2 Istsituation - der mittelfristigen Fertigungssteuerung - im Automobilbau	31
2.2.1 Funktionale und instrumentelle Merkmale	31
2.2.2 Problemdiskussion	33
2.3 Einsatz anderer bekannter Fertigungssteuerungssysteme zur Problemlösung	40
3 Anforderungen an ein Fertigungssteuerungssystem für den Automobilbau	46
3.1 Funktionale Anforderungen	46
3.1.1 Integration von Mengen- und Terminplanung	46
3.1.2 Mehrstufige Planung	51
3.1.3 Planungsaktualität	53
3.1.4 Gestaltung der Funktionen Bestandsführung, Sekundärbedarfsermittlung und Auftragsbildung	54
3.2 Instrumentelle Anforderungen	55
4 Zielsetzung der Arbeit	57
5 Funktionale Lösung	59
5.1 Mehrstufige integrierte Mengen- und Terminplanung	59
5.2 Funktionsmodule	65
5.2.1 Vollständige und exakte Bestandsführung	65

	Seite
5.2.2 Ermittlung von Sekundärbedarfs- und Bestandsplanwerten	74
6 Instrumentelle Lösung	83
6.1 Maßnahmen zur Aufwandsminimierung	83
6.1.1 Änderungsrechnungskonzept	83
6.1.2 Abwicklung der Funktionen Bedarfsermittlung und Istabrechnung	98
6.2 Dispositionsabwicklung	105
6.2.1 Anstoß und Zusammenspiel der einzelnen Funktionen	107
6.2.2 Zeitliche Durchführung der Systemaktivitäten	113
7 Anwendungsfall und Abschätzung des dort nutzbaren Rationalisierungspotentials	122
7.1 Anwendungsfall	122
7.2 Rationalisierungspotential	122
8 Zusammenfassung und Ausblick	130
9 Schrifttum	133
10 Anhang	145

Verzeichnis der Abkürzungen, Formelzeichen und Einheiten

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
KE		Kapazitätseinheit
ME		Mengeneinheit
ZE		Zeiteinheit = der Länge eines Planungszeitabschnitts (PZA)
A, B, C, D, E, F, H, I, P, P ₁ ... P _R , V		Materialflußobjekte
AB _{P,s}	ME/ZE	Auftragsbedarf am Materialflußobjekt P über dem Horizont s
AB _{PV,j+1}	ME/ZE	Auftragsbedarf am Materialflußobjekt V verursacht durch den Verbraucher P im Planungszeitabschnitt j+1
AB _{PV,s}	ME/ZE	Auftragsbedarf am Materialflußobjekt V verursacht durch den Verbraucher P über dem Horizont s
AV	ME/ZE	Auftrag/Teilauftrag
dAV	ME/ZE	Differenzmenge zwischen zwei Auftragsmengen zum selben Termin
AV _A	ME/ZE	Auftrag für das Materialflußobjekt A
AV _{P,s}	ME/ZE	Teilauftrag für das Materialflußobjekt P über dem Horizont s

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
AVG		Arbeitsvorgang
BB _P	ME/ZE	Bruttobedarf am Materialflußobjekt P
BB _{V,s}	ME/ZE	Bruttobedarf am Materialflußobjekt V über dem Horizont s
dBB	ME/ZE	Differenzbruttobedarfswert
dBB _{P,s}	ME/ZE	Bruttobedarfsdifferenzzeitreihe über dem Horizont s
BDE		Betriebsdatenerfassung
d		Differenz zwischen verfügbarem Istbestand und geplantem Bestand für einen aktuellen Heutezeitpunkt
D _s		Differenz zwischen verfügbarem Istbestand (VB-IST) und dem kumulierten Bruttobedarf (BB _s) über dem Horizont s
DLZ	ZE	Durchlaufzeit
DLZ _{PV}	ZE	Durchlaufzeit zwischen dem verbrauchenden Materialflußobjekt P und dem verbrauchten Materialflußobjekt V
DLZ _{tmax}	ZE	Längste Durchlaufzeit bei einer bestimmten Parametereinstellung t
DLZVH _t		Durchlaufzeitverhältnis bei der Parametereinstellung t
EP		Erfassungspunkt von Bestandsmengen auf der operativen Ebene

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
f(Bedarf)		Funktion des Bedarfes
FST		Fertigungssteuerung
FPL		Fertigungsplanung/Stammdatenpflege
GT	ZE	Grenztermin; Termin, zu dem ein vorhandener Bestand durch den angemeldeten Bedarf aufgezehrt ist
I		Anzahl aller bei einer bestimmten Parametereinstellung t ermittelten Durchlaufzeiten
int(...)		auf ganze Zahlen abgerundet
i.O.		In Ordnung: Materialflußobjekt oder Bestandsmenge das/die bezüglich einer weiteren Verwendung als in Ordnung befunden wurde
i.O.-Bestand _{v,j}	ME	Menge aller erfaßten Materialflußobjekte V im Zustand i.O. zum aktuellen Zeitpunkt j (j ∈ des aktuellen Planungszeitabschnitts)
j	ZE	Aktueller Planungszeitabschnitt (PZA) mit der Heutelinie als rechtem Rand
j _{v,AV}		Erster Planungszeitabschnitt (PZA) eines Auftrags AV zum Materialflußobjekt V
j _{v,AV+1}		Erster PZA eines Auftrages AV+1 zu einem Materialflußobjekt V
KA	KE/ZE	Kapazitätskalender (Kapazitätsangebot je Planungszeitabschnitt)
KA _s	KE/ZE	Kapazitätskalender über dem Horizont s

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
KA_j	KE/ZE	Kapazitätskalenderwert im Planungszeitabschnitt j
$KA_{P,j+n}$	KE/ZE	Kapazitätskalenderwert gültig im Herstellungsbereich des MFOs P im Planungszeitabschnitt j+n
$KA_{P,s'}$	KE/ZE	Kapazitätskalenderwert gültig im Herstellungsbereich des MFOs P im Planungszeitabschnitt s'
KAPB	KE/ZE	Kapazitätsbedarf
$K_{PV,s}$	ZE	Kapazitätsangebotsabhängige Durchlaufzeiten zwischen dem verbrauchenden MFO P und dem verbrauchten MFO V über dem Horizont s; ganzzahliger Teil
$k_{PV,s}$	ZE	siehe oben; Restgröße
KG		Kapazitätsgruppe
$K1, K2$		Kaufteile
LHK	DM	Lagerhaltungskosten
LhK		Lagerhaltungskostenwert
LHKS		Lagerhaltungskostensatz
LHKSU		Summe Lagerhaltungskostenwert
Los_i		Losmenge im Planungszeitabschnitt i
M		Menge aller Verbuchungsfälle
MBF		Mehrbedarfsfaktor

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
MBF_{PV}		Mehrbedarfsfaktor zwischen den Materialflußobjekten P und V
MFO		Materialflußobjekt
MJE		Menge je Einheit
MJE_{PV}		Menge je Einheit zwischen den Materialflußobjekten P und V
$NB_{V,s}$	ME	Nettobedarf am Materialflußobjekt V über dem Horizont s
NU_t	DM	Erzielbarer Nutzen bei einer bestimmten Parametereinstellung t
PB	ME	Prozessbestand
$PB_{PV,j}$	ME	Prozessbestand am Materialflußobjekt V für einen Verbraucher P im Planungszeitabschnitt j
$PB_{PV,s}$	ME	Gepplanter Verlauf des PBs für das Materialflußobjekt V verbraucht vom MFO P über dem Horizont s
PZA	ZE	Planungszeitabschnitt
PZA_j	ZE	Aktueller Planungszeitabschnitt mit dem e Heutelinie
Q_t		Menge aller bei einer bestimmten Parametereinstellung ermittelten Durchlaufzeiten
QUO		Quotient aus Rüstkosten und Lagerhaltungskosten

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
R		Anzahl Verbraucher eines Materialfluß- objektes V
RB	ME	Reservierungsbedarf
dRB _s	ME	Differenzzeitreihe Reservierungsbedarf
RB _{PV,h}	ME	Geplanter Abgang am Lager aus dem Bestand an V für einen Verbraucher P zwischen zwei geplan- ten Auftragszugangsterminen $j_{V,AV}$ und $j_{V,AV+1}$ zum MFO V
RB _{PV,j+1}	ME	Reservierungsbedarf am Materialflußobjekt V für einen Verbraucher P im Planungszeitab- schnitt j+1
RB _{PV,s}	ME	Reservierungsbedarf am Materialflußobjekt V für einen Verbraucher P über dem Horizont s
RK	DM	Rüstkosten
RM _{PV}	ME	Reservierungsmenge für einen Verbraucher P an einem Materialflußobjekt V
RM _{PV,AV}	ME	Reservierungsmenge an einem Auftrag AV zu ei- nem MFO V für einen Verbraucher P
RO	ME	Oberer Referenzwert
RU	ME	Unterer Referenzwert
RO ^j _P	ME	Oberer Referenzwert für das MFO P ermittelt im PZA j
RU ^j _P	ME	Unterer Referenzwert für das MFO P ermittelt im PZA j

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
RO^{j+n}_P	ME	Im PZA j+n aktualisierter oberer Referenzwert für das MFO P
RU^{j+n}_P	ME	Im PZA j+n aktualisierter unterer Referenzwert für das MFO P
S		Menge aller Status
s	ZE	Zeitindex des vorliegenden Horizontes, in Schrittweiten entsprechend der Länge eines Planungszeitabschnitts (PZA)
SB	ME	Sicherheitsbestand
$SB_{V,j}$	ME	Sicherheitsbestand des Materialflußobjektes V zum Heutezeitpunkt (ϵ des aktuellen Planungszeitabschnitts j)
$SB_{V,s}$	ME	Sicherheitsbestandsverlauf des Materialflußobjektes V über dem Horizont s
SRB	ME	Summe Reservierungsbedarf
$SRB_{V,s}$	ME	Summe Reservierungsbedarf am Materialflußobjekt V über dem Horizont s
STD L	ME/ZE	Stundenleistung
SZ_V	ZE	Sicherheitszeit des Materialflußobjektes V
T		Anzahl aller verschiedenen Parametereinstellungen
TFO	ME	Oberer Toleranzfunktionswert
$TFO_{P,s}$	ME	Obere Toleranzfunktion des MFO P über dem Horizont s

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
TFU	ME	Untere Toleranzfunktion
TFU _{P,s}	ME	Untere Toleranzfunktion des MFO P über dem Horizont s
TWO1, TWO2,...	ME	Erster, zweiter ... oberer Toleranzwert
TWU1, TWU2,...	ME	Erster, zweiter ... unterer Toleranzwert
U		Menge aller Durchlaufzeitverhältnisse
UMB	ME	Umlaufbestand
VB	ME	Verfügbarer Bestand
VB-IST _{P,j}	ME	Verfügbarer Istbestand des Materialflußobjektes P im aktuellen Planungszeitabschnitt j
VB-IST _{V,j}	ME	Verfügbarer Istbestand des Materialflußobjektes V im aktuellen Planungszeitabschnitt j
VB ^j _{P,s}	ME	Soll-Bestandsverlauf zum MFO P ermittelt im Planungszeitabschnitt j
VB ^{j+n} _{P,s}	ME	Aktueller Soll-Bestandsverlauf zum MFO P aktualisiert im Planungszeitabschnitt j+n
VE		Vertrieb
VLZ	ZE	Vorlaufzeit ($\in \mathbb{R}$)
VLZ A/B	ZE	Vorlaufzeit zwischen den Materialflußobjekten A und B
VLZ(max)	ZE	Maximale Vorlaufzeit ($\in \mathbb{R}$)

ZEICHEN	EINHEIT	BEDEUTUNG
WRC_t		"Worst Case" bei einer bestimmten Parameter-einstellung t
\bar{x}_t		Durchschnittliche Durchlaufzeit je Parameter-einstellung t
z		Standardnormalvariable
σ_t		Standardabweichung der Durchlaufzeiten bei ei- ner bestimmten Parametereinstellung t
Φ		Anzahl aller PZAs, für die eine Auftrags-/ -teilmenge (≥ 0) vorliegt

Verzeichnis der verwendeten Symbole



Materialflußobjekt



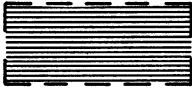
Erfassungspunkt eines Materialflußobjekts



Lager



Teilefertigung, Montage



Abgrenzung einer Kapazitätsgruppe