

Universität Hamburg



Prozeßorientierte Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
der Universität Hamburg

vorgelegt von

Dipl.-Kfm. Michael Höck

Hamburg, den 27. Mai 1997

Mitglieder der Promotionskommission

Vorsitzender : Prof. Dr. L. Streitferdt
Erstgutachter : Prof. Dr. K.-W. Hansmann
Zweitgutachter : Prof. Dr. H. Seelbach

Das wissenschaftliche Gespräch fand am 2. Juli 1997 statt.

Geleitwort

In zahlreichen Industriebetrieben ist eine verstärkte Dezentralisierung der Produktionsplanung und -steuerung (kurz: PPS) zu beobachten. Ausgelöst wurde diese Entwicklung durch den inzwischen weitverbreiteten Einsatz von flexibel automatisierten Produktionstechnologien, wie z.B. flexiblen Fertigungssystemen und -zellen. Diese hochautomatisierten Produktionssysteme sind zumeist in Form von „Fertigungsinseln“ organisiert und übernehmen mit Hilfe von computergestützten Leitständen weitestgehend eigenständige Dispositionsaufgaben. Hierdurch läßt sich die hohe Planungs- und Steuerungskomplexität einer flexiblen Fertigung erheblich reduzieren. Auf der anderen Seite führt der ausgeprägte „Inselcharakter“ solcher dezentralen PPS-Systeme zu einer Vernachlässigung der Interdependenzen zwischen den flexiblen Fertigungssystemen und den vor- bzw. nachgelagerten Produktionsstufen. Entscheidend für die Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung ist das Produktionsumfeld, in das die Fertigungsinseln eingebettet sind. Je nachdem, ob die flexiblen Produktionssysteme in eine Werkstatt-, Fließ- oder Mischfertigung eingebunden sind, ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Produktionsplanung und -steuerung.

In dem vorliegenden Buch wird mit der *„prozeßorientierten Produktionsplanung und -steuerung“* ein neuer PPS-Ansatz vorgestellt, der variabel an die fertigungstechnischen und organisatorischen Gegebenheiten einer flexiblen Fertigung angepaßt werden kann. Im Gegensatz zur sonst üblichen funktionsorientierten Struktur von MRPII-Systemen unterscheidet die prozeßorientierte PPS-Konzeption des Verfassers drei Ebenen der Produktionsplanung und -steuerung. Dabei ist es das Ziel, eine Integration der klassischen Teilfunktionen eines PPS-Systems, d.h. Programm-, Materialbedarfs-, Zeit- und Kapazitätsplanung sowie Produktionssteuerung auf den einzelnen Ebenen zu erreichen. Auf der obersten Ebene eines prozeßorientierten PPS-Systems – *der Unternehmensebene* – erfolgt eine grobe Produktionsplanung sowie die Auftragskoordination, in der das kurzfristige Produktionsprogramm des Unternehmens simuliert und eine Auftragsfreigabe der Kundenaufträge unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten vorgenommen wird. Anschließend wird auf der *Bereichsebene* die innerbetriebliche Koordination und Steuerung der Produktionsprozesse durchgeführt. Zur segmentübergreifenden Produktionsplanung und -steuerung kann in Abhängigkeit von der technischen und organisatorischen Ausgestaltung der Produktionsprozesse auf die konventionellen JIT- und MRPII-orientierten oder auf neuere hybride PPS-Ansätze zurückgegriffen werden. Zum Abschluß werden auf der *Segmentebene* die Produktionsprozesse innerhalb der Fertigungsinseln kurzfristig aufeinander abgestimmt, d.h. eine Auftragsserienbildung und Einlastungsplanung durchgeführt.

Neben dieser Grundkonzeption entwickelt der Verfasser ein Verfahren zur simultanen Losgrößen- und Ablaufplanung. Die effiziente Einlastungsheuristik läßt sich verhält-

nismäßig einfach in konventionelle PPS-Systeme implementieren und eignet sich vor allem für diejenigen Produktionsbereiche eines Industriebetriebes, die nach dem Werkstatt- oder Gruppenfertigungsprinzip organisiert sind. Ähnlich wie die ursprünglich geheimen Optimierungsalgorithmen des OPT-Systems basiert das Verfahren auf einer zweistufigen Vorgehensweise. In einem ersten Schritt werden die Transportlosgrößen der zu fertigenden Teile bestimmt. Anschließend wird mit Hilfe moderner Metaheuristiken eine Reihenfolgeplanung der Transportlosgrößen durchgeführt, aus der sich die tatsächlich zu produzierenden Losgrößen sowie deren zeitliche Verteilung ergibt. Die hohe Lösungsqualität und der geringe Rechenaufwand des hier dargestellten Verfahrens resultieren im wesentlichen aus der besonderen Kombination von lokalen Nachbarschaftssucheverfahren, wie z.B. dem Simulated-Annealing-, Threshold-Accepting- oder Great-Deluge-Algorithmus, mit herkömmlichen Prioritätsregeln. Anhand umfangreicher Simulationsuntersuchungen zeigt der Autor, daß das von ihm entwickelte Verfahren außerordentlich gut für den praktischen Einsatz geeignet ist und erhebliche Ergebnisverbesserungen bei der Minimierung der Durchlauf-, Verspätungs- und Zykluszeiten erzielt werden können.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß in diesem Buch sowohl mit dem Konzept der prozeßorientierten Produktionsplanung und –steuerung als auch mit dem Verfahren zur simultanen Losgrößen- und Ablaufplanung wertvolle Ansätze zur Gestaltung moderner PPS-Systeme beschrieben werden. Darüber hinaus stellt die Arbeit eine gelungene Verbindung von grundlagenorientierten Überlegungen und praxisbezogenen Lösungsvorschlägen dar.

Karl-Werner Hansmann

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Industriebetriebslehre und Organisation an der Universität Hamburg und wurde im Juli 1997 am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Hamburg als Dissertation angenommen.

An dieser Stelle möchte ich meinem akademischen Lehrer Herrn Prof. Dr. Karl-Werner Hansmann für die vielfältige Unterstützung und zahlreichen Anregungen sehr herzlich danken. Ohne seine weitreichende Erfahrung und Aufgeschlossenheit sowie seine vielfältigen Praxiskontakte könnte die Arbeit in dieser Form nicht vorliegen. Herr Prof. Dr. Karl-Werner Hansmann hat mich während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter nicht nur intensiv gefördert, sondern gleichzeitig eine Arbeitsatmosphäre am Institut geschaffen, die dazu geführt hat, daß das Promovieren Spaß bringt.

Darüber hinaus möchte ich mich beim Zweitgutachter Herrn Prof. Dr. Horst Seelbach für die wertvollen Hinweise zur Verbesserung der Druckfassung bedanken.

Den Kollegen Prof. Dr. Günther Czeranowsky, Dr. Christian Friedemann, Dr. Hans-Lüder Haas, Dipl.-Kfm. Michael Kehl, Dipl.-Kfm. Guido Malberg, Dipl.-Ing.-Oec. Magallys Paredes de Tavasolli, Dipl.-Kfm. Marc Sablowski, Dr. Harald Strutz, Dr. Kai-Ingo Voigt und Dr. Wolfgang Zetsche bin ich für ihre stete Hilfsbereitschaft in fachlicher und moralischer Hinsicht dankbar. Ferner möchte ich mich bei unserem Sekretariat Frau Esther Donat und Frau Brigitte Anders sowie den studentischen Hilfskräften Henrike Stark und Jutta Delfs bedanken.

Genauso wie ein Großteil meiner Vorgänger in dieser Schriftenreihe bin ich Herrn Dipl.-Math. Jens Spitzer zu besonderem Dank verpflichtet, da er mit gewohnter Sorgfalt und Präzision die mühevollen Korrektur des Manuskripts übernommen hat.

Zum Abschluß möchte ich meinen Eltern herzlich danken, die mich ebenfalls sehr unterstützt haben und mir diese Ausbildung zukommen ließen. Ihnen und meinen beiden Brüdern habe ich diese Arbeit gewidmet.

Michael Höck

Inhaltsverzeichnis

A. Einführung.....	1
A.I Problemstellung und Ziele der Arbeit.....	2
A.II Gang der Untersuchung	4
B. Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung bei einer flexiblen Fertigung ...	5
B.I Basisfunktionen der Produktionsplanung und -steuerung im Rahmen des CIM-Konzeptes	5
B.I.1 Produktionsplanung	12
B.I.1.1 Produktionsprogrammplanung.....	13
B.I.1.2 Materialbedarfsplanung	15
B.I.1.3 Zeit- und Kapazitätsplanung	19
B.I.2 Produktionssteuerung.....	22
B.I.2.1 Auftragsfreigabe.....	23
B.I.2.2 Feinterminierung.....	24
B.I.2.4 Betriebsdatenerfassung	27
B.I.3 Zusammenfassung.....	29
B.II Grundlagen der flexiblen Fertigung.....	30
B.II.1 Das Fertigungsinsel-Konzept	33
B.II.2 Automatisierungsstufen der flexiblen Fertigung.....	36
B.II.2.1 Flexible Fertigungszellen.....	38
B.II.2.2 Flexible Fertigungssysteme	39
B.II.2.3 Flexible Fertigungslinien	42
B.II.3 Teilsysteme eines flexiblen Fertigungssystems.....	43
B.II.3.1 Das Bearbeitungssystem	43
B.II.3.2 Das Materialflußsystem	47
B.II.3.3 Das Informationssystem	49
B.II.3 Zusammenfassung und Entwicklung von flexiblen Fertigungssystemen.....	55

B.III Ziele und Determinanten der Produktionssteuerung einer flexiblen Fertigung	60
B.III.1 Zielsystem der Produktionssteuerung einer flexiblen Fertigung	63
B.III.1.1 Kurze Produktionsdurchlaufzeiten (manufacturing lead time).....	65
B.III.1.2 Geringe Fertigungskosten.....	69
B.III.1.3 Einhaltung der Liefertermine	73
B.III.2 Determinanten der Produktionssteuerung einer flexiblen Fertigung	74
B.III.2.1 Technische Determinanten	74
B.III.2.2 Organisatorische Determinanten	80
C. Prozeßorientierte Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung.....	84
C.I Unternehmensweite Produktionsplanung.....	89
C.I.1 Operative Produktionsprogrammplanung.....	89
C.I.2 Auftragskoordination	90
C.I.2.1 Simulation des kurzfristigen Produktionsprogrammes	90
C.I.2.2 Einplanung der Kundenaufträge	92
C.I.2.3 Überwachung des Produktionsfortschritts	93
C.II Dezentrale Produktionsplanung und -steuerung der Fertigungsbereiche und -segmente.	95
C.II.1 JIT-orientierte Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung.....	101
C.II.1.1 Produktionsplanung auf der Ebene der Fertigungsbereiche	107
C.II.1.1.1 Fortschrittszahlen-Konzept	108
C.II.1.1.2 Mehrstufige Losgrößenplanung	111
C.II.1.2 Produktionssteuerung auf der Ebene der Fertigungssegmente am Beispiel komplexer FF-Systeme	114
C.II.1.2.1 Auftragsserienbildung bei komplexen FF-Systemen	117
C.II.1.2.1.1 Statische Auftragsserienbildung	117
C.II.1.2.1.2 Dynamische Auftragsserienbildung	126
C.II.1.2.2 Systemrüstplanung bei komplexen FF-Systemen	130
C.II.1.2.2.1 Gruppierung der Bearbeitungszentren.....	131
C.II.1.2.2.2 Maschinen- und Werkzeugmagazinbelegung.....	132
C.II.1.2.3 Produktionssteuerung von komplexen FF-Systemen	143
C.II.1.2.3.1 Statische Produktionssteuerung	143
C.II.1.2.3.2 Dynamische Produktionssteuerung	150

C.II.2 MRPII-orientierte Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung ..	151
C.II.2.1 Produktionsplanung auf der Ebene der Fertigungsbereiche	153
C.II.2.1.1 Bereichsübergreifende Koordination der Produktionspläne	153
C.II.2.1.2 Simultane Materialbedarfs- und Kapazitätsplanung mittels OPT	157
C.II.2.1.2.1 Ziele und Planungsphilosophie des OPT-Systems	158
C.II.2.1.2.2 Struktur und Steuerungsparameter des OPT-Systems	161
C.II.2.2 Produktionssteuerung auf der Ebene der Fertigungssegmente am Beispiel flexibler Fertigungszellen	173
C.II.2.2.1 Verfügbarkeitsprüfung	176
C.II.2.2.2 Simultane Auftragsserienbildung und Systemrüstplanung	178
C.II.2.2.2.1 Unvollständige Serienbildung	181
C.II.2.2.2.2 Vollständige Serienbildung	187
C.II.2.2.3 Kurzfristige Prozeßsteuerung	201
C.II.3 Hybride Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung	212
C.II.3.1 Produktionsplanung auf der Ebene der Fertigungsbereiche am Beispiel einfacher FF-Systeme	215
C.II.3.1.1 Leitteileplanung der Fertigungsinseln	218
C.II.3.1.2 Zeit- und Kapazitätsplanung	226
C.II.3.2 Produktionssteuerung auf der Ebene der Fertigungssegmente	228
C.II.3.2.1 Produktionssteuerung der Fertigungsinseln	229
C.II.3.2.2 Produktionssteuerung der restlichen Segmente	236
C.III Zusammenfassung	240
D. Entwicklung eines Einlastungsverfahrens auf der Grundlage von Akzeptanzalgorithmen	245
D.I Grundlegende Struktur der Akzeptanzalgorithmen	255
D.I.1 Erzeugung einer Ausgangslösung	257
D.I.2 Nachbarschaftssuche	262
D.I.2.1 Minimierung der Zykluszeit	263
D.I.2.2 Termineinhaltung und Durchlaufzeitminimierung	266
D.I.3 Akzeptanzbedingungen	271
D.I.3.1 Simulated Annealing	272
D.I.3.2 Threshold Accepting	278
D.I.3.3 Great Deluge	280
D.I.4 Stop-Kriterien	281

D.II. Ablauf einer prozeßorientierten Einlastungsplanung	284
D.II.1 Einlastungsplanung auf der Ebene der Fertigungsbereiche	286
D.II.1.1 Bestimmung der bereichsinternen Transportlose	288
D.II.1.2 Reihenfolgeplanung der Transportlose.....	294
D.II.1.2.1 Ermittlung der Ausgangslösung.....	294
D.II.1.2.2 Nachbarschaftssuche.....	297
D.II.2 Einlastungsplanung auf der Ebene der Fertigungssegmente.....	301
D.II.2.1 Bestimmung der Palettenauftragslose.....	303
D.II.2.2 Allokation und Reihenfolgeplanung der Palettenlose	308
D.III Simulationsuntersuchung anhand ausgewählter Fertigungssituationen.....	311
D.III.1 Analyse der Akzeptanzalgorithmen anhand von Literaturbeispielen.....	312
D.III.1.1 Werkstattfertigung.....	313
D.III.1.1.1 Aufbau der Simulationsuntersuchung.....	315
D.III.1.1.2 Ergebnisse der Simulation	319
D.III.1.2 FF-Systeme	326
D.III.1.2.1 Aufbau der Simulationsuntersuchung.....	328
D.III.1.2.2 Ergebnisse der Simulation	330
D.III.2 Analyse der prozeßorientierten Einlastungsplanung anhand eines Praxisbeispiels	338
D.III.2.1 Darstellung des Produktionsprozesses	338
D.III.2.2 Aufbau der Simulationsuntersuchung	341
D.III.2.3 Ergebnisse der Simulationsuntersuchung.....	346
D.IV Zusammenfassung.....	350
E. Schlußbetrachtung und Ausblick.....	353
Anhang	357
Literaturverzeichnis.....	397