ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Kimms, Alf

Working Paper — Digitized Version

Ablauforganisation bei Serienproduktion in Fließfertigungssystemen

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 431

Provided in Cooperation with:
Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Kimms, Alf (1997) : Ablauforganisation bei Serienproduktion in Fließfertigungssystemen, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 431, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/149053

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Manuskripte
aus den
Instituten für Betriebswirtschaftslehre
der Universität Kiel

Nr. 431

Ablauforganisation bei Serienproduktion in Fließfertigungssystemen[1]

A. Kimms

Manuskripte
aus den
Instituten für Betriebswirtschaftslehre
der Universität Kiel

Nr. 431

Ablauforganisation bei Serienproduktion in Fließfertigungssystemen[1]

A. Kimms

Januar 1997

Dr. Alf Kimms
Lehrstuhl für Produktion und Logistik, Institut für Betriebswirtschaftslehre,
Christian–Albrechts–Universität zu Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel
email: Kimms@bwl.uni–kiel.de
URL: http://www.wiso.uni–kiel.de/bwlinstitute/Prod
ftp://ftp.wiso.uni–kiel.de/pub/operations–research

[1]Mit herzlichem Dank an Herrn Prof. Dr. Andreas Drexl für die kontinuierliche Unterstützung. Diese Arbeit wurde durch das DFG–Projekt Dr 170/4–1 gefördert.

1 Serienproduktion bei Fließfertigung

Werden ein oder mehrere Endprodukte in Serie produziert und ist das betrachtete Produktionssegment als Fließfertigungssystem strukturiert, so entsteht ein kurzfristig zu lösendes ablauforganisatorisches Problem: Einzelne Betriebsmittel werden zur Herstellung verschiedener Produkte benötigt und es fallen unproduktive Rüstvorgänge an, die mit Hilfe von geschätzten Opportunitätskosten angesetzt werden können. Dieser Aspekt läßt die Bündelung gleichartiger Aufträge als wirtschaftlich sinnvoll erscheinen. Gleichzeitig wirken Lagerhaltungskosten (verursacht z.B. durch Kapitalbindung) auf eine möglichst bedarfssynchrone Fertigung hin. Die Abwägung zwischen Rüstkosten und Lagerhaltungskosten führt zum Problem der Losgrößenplanung.[2] Außerdem ist eine Reihenfolge festzulegen, in der die Produkte auf einzelnen Betriebsmitteln bearbeitet werden, so daß ein kombiniertes Losgrößen- und Ablaufplanungsproblem zu lösen ist.

Typischerweise durchlaufen die Erzeugnisse einen mehrstufigen Fertigungsprozeß, bei dem einzelne Arbeitsgänge auf unterschiedlichen Betriebsmitteln zu verrichten sind. Verschiedene Endprodukte bedingen verschiedene Arbeitsgangfolgen. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wollen wir im folgenden unterstellen, daß jeder Arbeitsgang ein Produkt (häufig auch: Zwischenprodukt, Bauteil, Komponente) hervorbringt, und jedes Produkt Resultat eines Arbeitsgangs ist. Diese Vereinbarung erlaubt uns, im folgenden die (sprachliche) Unterscheidung zwischen Produkt und Arbeitsgang aufzugeben, und spiegelt gleichzeitig das Verständnis vom Produktionsvorgang als Transformationsprozeß, der aus Vorprodukten in mehreren Bearbeitungsstufen Endprodukte erzeugt, wider.

Ein weiteres wesentliches Merkmal des Produktionsprozesses ist die beschränkte Verfügbarkeit einzelner Betriebsmittel, deren knappe Kapazität den Produktionsablauf restringiert. Betrachten wir beispielhaft eine einzelne Maschine, so benötigt jeder Arbeitsgang, der auf dieser Maschine auszuführen ist, eine gewisse Bearbeitungszeit. Nehmen wir an, daß nicht gleichzeitig mehrere Arbeitsgänge auf der Maschine ausgeführt werden können und daß die Dauer einer Schicht und damit die maximale Benutzungsdauer der Maschine pro Schicht kurzfristig invariabel ist, dann darf die Summe der Bearbeitungszeiten der auf der betrachteten Maschine eingeplanten Arbeitsgänge pro

[2] Andler (1929), Harris (1913)

Schicht die maximale Benutzungsdauer der Maschine nicht überschreiten.

Zusätzlich zu den bisher beschriebenen Eigenschaften des Planungsproblems, bestimmt vor allem die Nachfragestruktur die Anwendbarkeit einzelner Planungsansätze. Bei dem geschilderten Problem handelt es sich um ein Problem der operativen Planung. Der Planungshorizont beträgt wenige Wochen, wobei in der Praxis lediglich der Plan für wenige Tage realisiert wird, um dann im Rahmen einer rollierenden Planung revidiert zu werden. Die Nachfrage liegt dann konkret vor oder kann zumindest gut geschätzt werden, so daß die Annahme deterministischer Nachfragedaten gerechtfertigt erscheint. In aller Regel muß von einer dynamischen Nachfrage nach Endprodukten (und Ersatzteilen) ausgegangen werden.

Nachdem nunmehr die Merkmale einer Serienproduktion in Fließfertigungssystemen beschrieben sind, befaßt sich der nachfolgende Text mit Planungsproblemen in einem solchen Produktionssegment.[3] Dazu werden in Abschnitt 2 zunächst die konzeptionellen Grundlagen skizziert. Abschnitt 3 beschäftigt sich mit verschiedenen Ansätzen, die mehrstufige Erzeugnisstrukturen sowie knappe Kapazitäten beachten. Wesentliche Aspekte eines Verfahrens zur simultanen Losgrößen– und Ablaufplanung werden in Abschnitt 4 zusammengefaßt. Abschnitt 5 enthält ein abschließendes Fazit.

2 Konzepte der Ablauforganisation

In der (nicht nur deutschsprachigen) Lehrbuchliteratur hat sich zur Lösung des eingeführten ablauforganisatorischen Planungsproblems das Konzept des *Manufacturing Resource Planning* (MRP II) etabliert[4] und soll deshalb hier kurz vorgestellt werden. Neuere wissenschaftliche Beiträge[5] zeigen die Unzulänglichkeiten des MRP II–Konzepts auf und propagieren eine Alternative, die ebenfalls skizziert werden soll, um die Basis für nachfolgende Abschnitte zu legen.

[3] Drexl et al. (1994)

[4] Glaser et al. (1992), Schneeweiß (1993), Silver und Peterson (1985), Zäpfel (1996)

[5] Drexl et al. (1994) und (1995), Kimms (1997a) und (1997b), Küpper und Helber (1995), Tempelmeier (1995)

2.1 Das MRP II–Konzept

Traditionelle Systeme der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) basieren auf dem sogenannten MRP II–Konzept, das als sukzessives Planungsschema zu bezeichnen ist. Beginnend mit einem Hauptproduktionsprogrammplan, der für Endprodukte und Ersatzteile den zu erfüllenden Bedarf festlegt, wird versucht, in mehreren aufeinanderfolgenden Planungsphasen einen Losgrößen- und Ablaufplan zu generieren. Die einzelnen Phasen werden wie folgt durchlaufen:

Phase 1: Zunächst werden in einem dispositionsstufenorientierten Vorgehen die Losgrößenentscheidungen für die Produkte getroffen. Vereinfachend werden hierbei die Kapazitätsbeschränkungen vernachlässigt. Phase 1 besteht daher aus der Lösung mehrerer Ein–Produkt Losgrößenprobleme ohne Kapazitätsrestriktionen, die nur insoweit miteinander gekoppelt sind, als daß der Losgrößenplan eines Produkts den Bedarfsplan der direkten Vorgängerprodukte definiert.

Phase 2: Das Ergebnis der Phase 1 erfüllt „konstruktionsbedingt" nicht die Beschränkungen, die zulässigen Produktionsplänen durch knappe Kapazitäten auferlegt werden. Daher ist in aller Regel ein Kapazitätsabgleich notwendig, der durch Verschieben einzelner Lose Kapazitätsangebot und -nachfrage zum Ausgleich bringt. Auch während Phase 2 werden relevante Aspekte vernachlässigt, um die Lösung des Teilproblems „Kapazitätsabgleich" einfach zu halten. Phase 2 vernachlässigt die Vorrangbeziehungen, die durch die mehrstufige Erzeugnisstruktur vorgegeben sind.

Phase 3: Schließlich werden die Lose in eine Bearbeitungsreihenfolge gebracht und zur Fertigung freigegeben.

Betrachten wir ein bewußt einfach gehaltenes Beispiel, um die Idee des MRP II–Konzepts zu veranschaulichen und einige Defizite aufzudecken.[6] Nehmen wir an, es sei ein Endprodukt in zwei nacheinander auszuführenden Fertigungsstufen auf einem Betriebsmittel herzustellen. Mit $j = 1$ bezeichnen wir das Endprodukt und mit $j = 2$ das Zwischenprodukt nach

[6] Vgl. Drexl und Kimms (1996). Weitere Beispiele finden sich in Drexl et al. (1995) und Kimms (1997a).

dem ersten Bearbeitungsgang. Der Produktionskoeffizient sei eins, d.h. es wird genau eine Mengeneinheit von $j = 2$ benötigt, um eine Mengeneinheit von $j = 1$ zu produzieren. Es existieren keine Anfangslagerbestände. Beide Produkte beanspruchen ein gemeinsames Betriebsmittel und stehen damit in Ressourcenkonkurrenz zueinander. Der Planungshorizont beträgt $T = 4$ Wochen. Pro Woche $t = 1, \ldots, 4$ stehen $C_t = 80$ Ressourceneinheiten (z.B. Maschinenstunden) zur Verfügung. Die bis zum Ende einer jeweiligen Woche zu befriedigende Nachfrage d_{jt}, die Lagerhaltungskostensätze h_j, die Rüstkostensätze s_j und die Kapazitätsbeanspruchung p_j pro Mengeneinheit eines Produkts sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

d_{jt}	$t=1$	2	3	4	h_j	s_j	p_j
$j=1$	30	25	25	20	25	900	1
$j=2$					10	850	1

Tabelle 1: Parameter des Beispiels

Die Ausführung eines Verfahrens, das entsprechend den Richtlinien des MRP II–Konzepts operiert, liefert folgendes Ergebnis (vgl. Tabelle 2): In Phase 1 werden zunächst die Losgrößen für Produkt 1 gebildet. Nehmen wir an, daß ein Los der Größe 55 in Woche 1 und ein Los der Größe 45 in Woche 3 eingeplant wird. Diese Lose definieren den Bedarf für Produkt 2. Unterstellen wir, daß Produkt 2 bedarfssynchron eingeplant wird. Dieses Zwischenergebnis verletzt die Kapazitätsrestriktionen, aufgrund derer pro Woche maximal 80 Mengeneinheiten zur Produktion eingeplant werden dürfen. Es schließt sich daher Phase 2 an, um Kapazitätsangebot und –nachfrage abzugleichen. Durch Verschieben von 30 Mengeneinheiten des Produkts 1 von Woche 1 nach Woche 2 und von 10 Mengeneinheiten des Produkts 1 von Woche 3 nach Woche 2 ergibt sich ein kapazitätstreues Zwischenergebnis. Jedoch ist auch dieser Produktionsplan nicht zulässig, da zum einen der Bedarf nach Produkt 1 in Woche 1 (30 Mengeneinheiten) nicht pünktlich befriedigt wird und zum anderen eine Fehlmenge von 10 Mengeneinheiten des Produkts 2 in Woche 2 verhindert, daß 40 Mengeneinheiten von Produkt 1 in Woche 2 produziert werden können. Die abschließende Phase 3 kann dieses Problem nur unzureichend beheben, indem das Los für Produkt 1 nicht in Woche 2, sondern erst in Woche 4 freigegeben wird, so daß der Produktionsplan men-

genmäßig realisierbar ist.[7] Allerdings können vorgegebene Liefertermine für das Endprodukt so nicht eingehalten werden.

Phase	$t=1$	2	3	4	Bemerkung
1	55		45		Losgrößen für Produkt 1
1	55 55		45 45		Losgrößen für Produkt 2
2	25 55	40	35 45		Kapazitätsabgleich
3	25(2) 55(1)		35(2) 45(1)	40	Ablaufplan

Tabelle 2: Ergebnis der Anwendung des MRP II–Konzepts

Tabelle 3 stellt eine zulässige Lösung des Beispiels dar und belegt somit, daß ein realisierbarer Produktionsplan existiert.

$t=1$	2	3	4
30(2)	25(2)	45	
50(1)	50(1)		

Tabelle 3: Eine zulässige Lösung des Beispiels

In der Praxis wird versucht, die aufgezeigten Probleme durch in der Regel willkürlich festgelegte Vorlaufzeitverschiebungen zu beseitigen. Grundidee hierbei ist, während der Phase 1 einen zeitlichen Mindestabstand bei der Bestimmung des Bedarfs von vorgelagerten Produkten einzubeziehen, so daß die Verschiebeoperationen der Phase 2 (hoffentlich) keine Vorrangbeziehungen verletzen. Kritisch anzumerken ist dabei, daß die berücksichtigten

[7] Man beachte, daß die Phase 3 eine Reihenfolge der Produktionslose festlegt. Tabelle 2 enthält das Ergebnis der Reihenfolgeentscheidung als Positionsnummer in Klammern. Beispielsweise ist in Woche 1 zunächst das Los für Produkt 2 zu fertigen (Positionsnummer 1) und dann das Los für Produkt 1 (Positionsnummer 2).

Vorlaufzeiten nicht Ergebnis einer Planung sind, sondern relativ willkürlich eingeführt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von „Vorlaufzeitsyndromen", d.h. Planer tendieren dazu, im Falle von hoher Kapazitätsauslastung und Lieferterminschwierigkeiten die Vorlaufzeit zwischen einzelnen Fertigungsstufen stetig zu erhöhen.[8]

Zusammenfassend läßt sich konstatieren, daß häufig beklagte Defizite wie hohe Durchlaufzeiten, geringe Termintreue und hohe Bestände unvollständig bearbeiteter Aufträge[9] auf konzeptionelle Mängel des MRP II–Konzepts zurückzuführen sind und nicht als unabwendbar hingenommen werden müßten.

2.2 Ein hierarchisches Konzept

Als Alternative zum MRP II–Konzept wurde jüngst ein hierarchisch integrierter Ansatz vorgeschlagen.[10] Für den hier betrachteten kurzfristigen Planungshorizont, d.h. nach Erstellen des Hauptproduktionsprogrammplans, schlagen die Autoren zwei Entscheidungsebenen vor. Zunächst ist eine Losgrößen– und Ressourceneinsatzplanung durchzuführen. Daran schließt sich eine Feinplanung an. Im Detail ist folgendermaßen vorzugehen:

Ebene 1: Im Rahmen der Losgrößen– und Ressourceneinsatzplanung wird eine im allgemeinen wochengenaue Einplanung von Produktionsmengen vorgenommen. Außerdem werden die eingeplanten Produktionsmengen einzelnen Betriebsmittelgruppen zugeordnet. Beachtenswert ist dabei, daß sowohl die Kapazitäten der Betriebsmittelgruppen wie auch Vorrangbeziehungen zwischen einzelnen Produkten berücksichtigt werden.

Ebene 2: Während der Feinplanung wird das bisher aggregiert betrachtete Kapazitätsangebot der Betriebsmittelgruppen disaggregiert. Produkte werden nunmehr schichtgenau einzelnen Betriebsmitteln (z.B. Maschinen) zugeordnet. Der Organisationstyp des jeweils betrachteten Produktionssegments bestimmt weitere Planungsaktivitäten. So ist bei einem Fließfertigungssystem die Reihenfolge auszuführender Arbeitsgänge auf einer Maschine festzulegen.

[8] Zäpfel und Missbauer (1993)
[9] Fleischmann (1988)
[10] Drexl et al. (1994)

Der von Drexl et al. vorgeschlagene Ansatz ist als Konzept zu verstehen, da bislang keine Methoden verfügbar sind, die das vorgestellte Vorgehen konkretisieren. Die nachfolgenden Abschnitte diskutieren daher mögliche Verfahren zur Realisierung des Konzepts.

3 Mehrstufige Ansätze unter Kapazitätsrestriktionen

3.1 Dispositionsstufenorientierte Ansätze

Führen wir uns noch einmal die Logik des MRP II–Konzepts vor Augen,[11] so kann die Ursache für die aufgezeigten Defizite folgendermaßen zusammengefaßt werden: Vorrangbeziehungen zwischen einzelnen Produkten werden während des Kapazitätsabgleichs (Phase 2) verletzt, der notwendig ist, weil die dispositionsstufenorientierte Losgrößenplanung (Phase 1) keine Kapazitäten berücksichtigt. Im Umkehrschluß könnte man meinen, daß eine dispositionsstufenorientierte Losgrößenplanung, die Kapazitätsengpässe beachtet, keinen Kapazitätsabgleich erfordert und somit zulässige Lösungen generiert. Doch bereits das Beispiel in Tabelle 2 belegt, daß diese Schlußfolgerung nicht zutrifft: Während die Losgrößenbildung für Produkt 1 unverändert beibehalten werden könnte, würden in Woche 3 für Produkt 2 maximal 35 Mengeneinheiten zur Produktion eingeplant werden. Die verbleibenden 10 Mengeneinheiten von Produkt 2 sind eher einzuplanen, so daß keine Kapazitätsüberschreitung auftritt. In Woche 1 allerdings, in der bei gegebenen Losgrößen von Produkt 1 maximal 25 Mengeneinheiten von Produkt eingeplant werden dürften, verbleibt kein Spielraum, um die verbleibenden 30 Mengeneinheiten von Produkt 2 in frühere Perioden einzulasten. Das dispositionsstufenorientierte Vorgehen liefert also auch bei Beachtung der Kapazitäten nicht notwendig zulässige Lösungen, da die Einplanung von Produkten einer Dispositionsstufe nicht garantiert, daß hinreichend freie Kapazität zur Einplanung von Produkten später zu betrachtender Dispositionsstufen verbleibt. Es müssen daher Verfahren entwickelt werden, die simultan für alle Produkte aller Dispositionstufen einen Losgrößenplan berechnen.

[11] Vgl. Abschnitt 2.1

Eine weitere Motivation für mehrstufige Ansätze ergibt sich aus der Überlegung, daß selbst dann, wenn ein dispositionsstufenorientiertes Vorgehen einen zulässigen Plan generiert, eine simultane Einplanung aller Produkte in der Regel bessere Resultate liefert.[12]

Die Tatsache, daß in der Literatur eine Fülle von einstufigen Losgrößenproblemen mit (oder ohne) knappen Kapazitäten behandelt wird,[13] läßt sich, sofern man den bisherigen Ausführungen folgt, nur schwer rechtfertigen. Die nachfolgenden Abschnitte werden zeigen, daß das Argument, das mehrstufige Losgrößenproblem sei zu komplex, um zufriedenstellend gelöst zu werden, angesichts jüngster Erfolge[14] nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Gründe, die die Bearbeitung einstufiger Losgrößenprobleme sinnvoll erscheinen lassen, sind:

- In Praxisprojekten wird häufig nicht gefordert (und es ist kurzfristig auch nicht realisierbar), daß die gesamte Produktionsplanung konzeptionell überdacht und reorganisiert wird. Vielmehr wird nach partiellen Lösungen für bestimmte Engpaßbereiche gesucht.[15]

- Losgrößenprobleme treten nicht nur im Produktionsbereich, sondern z.B. auch als Bestellmengenproblem im Beschaffungs- und Distributionsbereich auf. Einstufige Strukturen sind dort durchaus realistisch.

- Bei der Entwicklung von Methoden zur Lösung des mehrstufigen Losgrößenproblems können, z.B. dann, wenn die Nebenbedingungen zur Einhaltung der Vorrangbeziehungen relaxiert werden, einstufige Probleme als Teilprobleme auftreten. Die Effizienz von Verfahren für das mehrstufige Problem basiert in solchen Fällen immanent auf der Leistungsfähigkeit der Verfahren für die einstufige Losgrößenplanung.

[12] „Besser" bedeutet im Kontext der Losgrößenplanung, daß die Summe aus Rüst- und Lagerhaltungskosten einer Lösung niedriger ist als die einer anderen Lösung.

[13] Einen Literaturüberblick geben Bahl et al. (1987), DeBoth et al. (1984), Domschke et al. (1993), Drexl und Kimms (1996), Goyal und Gunasekaran (1990), Gupta und Keung (1990), Kuik et al. (1994), Tempelmeier (1995) und Wolsey (1995).

[14] Vgl. z.B. Helber (1994), Kimms (1997a), Tempelmeier und Derstroff (1996).

[15] So berichten Haase und Göpfert (1996) von einem Fall bei der Linotype Hell AG, in dem lediglich ein Losgrößenplan für eine einzelne Fräsmaschine zu bestimmen war.

3.2 Hierarchische Losgrößen– und Ablaufplanung

Da sich das dispositionsstufenorientierte Vorgehen zur Lösung des Planungsproblems der Ebene 1 im hierarchischen Ansatz von Drexl et al. nicht rechtfertigen läßt, werden Methoden zur mehrstufigen Losgrößenplanung erforderlich. Im Rahmen des vorgestellten Gesamtkonzepts ist es dabei unabdingbar, die hierarchische Integration der Ebenen 1 und 2 nicht zu vernachlässigen. Aufbauend auf bisher erzielten Forschungsergebnissen sind dazu zwei gangbare Verfahrensweisen denkbar:

Verfahrensweise 1: Auf der Ebene 1 wird von den Kapazitätsrestriktionen abstrahiert, so daß ein mehrstufiges Losgrößenproblem ohne Kapazitätsbeschränkungen zu lösen ist.[16] Anschließend wird für die pro Periode eingeplanten Produkte ein Ablaufplan, der ebenfalls eine Zuordnung der Produkte zu einzelnen Betriebsmitteln umfaßt, erstellt (Ebene 2).[17] Ressourcenkonflikte, bei denen einzelne Produkte um knappe Betriebsmittel konkurrieren, führen zur Einführung zusätzlicher Vorrangbeziehungen und zum Rücksprung zu Ebene 1, deren Planungsergebnis revidiert wird. Dieses Vorgehen iteriert so lange, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist.[18] Anzumerken bleibt, daß das Auffinden einer zulässigen, d.h. kapazitätstreuen, Lösung nicht garantiert ist.

Verfahrensweise 2: Eine direkte Umsetzung des von Drexl et al. vorgeschlagenen Konzepts erfordert Verfahren zur mehrstufigen Losgrößenplanung mit Kapazitätsbeschränkungen (Ebene 1)[19] und Verfahren zur segmentspezifi-

[16] Verfahren zur Lösung mehrstufiger Losgrößenprobleme ohne Kapazitätsrestriktionen werden von Afentakis et al. (1984), Afentakis und Gavish (1986), Rosling (1986), Roundy (1993), Salomon (1991), Simpson und Erenguc (1994) und Sum et al. (1993) beschrieben. Ein extensiver Literaturüberblick findet sich in Kimms (1997a).

[17] Eine Übersicht über Verfahren der Ablaufplanung geben Błażewicz et al. (1996), Brucker (1995) und Pinedo (1995).

[18] Vgl. die Arbeiten von Dauzère–Péres und Lasserre (1994a) und (1994b), Lasserre (1992) und Sum und Hill (1993), in denen das beschriebene Vorgehen untersucht wird.

[19] Erst in jüngster Vergangenheit gelang Helber (1994), Stadtler (1995) und (1996) und Tempelmeier und Derstroff (1996) der Durchbruch zur Lösung eines allgemeinen mehrstufigen Losgrößenproblems mit knappen Kapazitäten. Viele Autoren betrachten lediglich Spezialfälle mit eingeschränkter Praxisrelevanz. So beschreiben Kuik et al. (1993), Roll und Karni (1991), Salomon (1991) und Salomon et al. (1993) den Fall einer einzigen knappen Ressource und Maes et al. (1991), Maes und van Wassenhove (1991), Mathes (1993) und Toklu und Wilson (1992) beschränken sich auf spezielle Erzeugnisstrukturen. Ein

schen Ablaufplanung (Ebene 2). Diese Vorgehensweise hat gegenüber Verfahrensweise 1 den Vorteil, daß dem konzeptionellen Ansatz entsprechend Kapazitätsbeschränkungen in allen Planungsebenen Beachtung finden. Angesichts der bereits verfügbaren Methoden ist das Argument, das Planungsproblem der Ebene 1 sei nicht erfolgversprechend zu lösen, nicht mehr haltbar.

Zwei Aspekte bleiben anzumerken:

- Auf Ebene 1 erfolgt lediglich eine im allgemeinen wochengenaue Einplanung der Fertigungsaufträge. Die Unterteilung des Planungshorizontes in diskrete Perioden ist also relativ grob.[20]

- Auf Ebene 1 werden aggregierte Kapazitäten von Betriebsmittelgruppen betrachtet. Die Aggregation von Kapazitäten erfolgt sowohl zeitlich (Periodenkapazität = Summe der Kapazitäten aller Schichten in diesen Perioden) als auch sachlich (Periodenkapazität = Summe der Kapazitäten aller Betriebsmittel in der betrachteten Betriebsmittelgruppe).

An dem skizzierten hierarchischen Ansatz der Losgrößen- und Ablaufplanung muß daher folgendes kritisiert werden:

- Technisch bedingte Mindestvorlaufzeiten zwischen einzelnen Fertigungsstufen (z.B. Materialtransportzeiten oder Abkühlzeiten) können bei wochengenauer Planung entweder nicht oder nur sehr grob berücksichtigt werden. Im ersten Fall kann während der Ablaufplanung (Ebene 2) in aller Regel kein zulässiger Plan generiert werden, im zweiten Fall erhöht sich die Gesamtdurchlaufzeit, die zur Erfüllung einzelner Aufträge benötigt wird. Helber schlägt daher eine dispositionsstufenspezifische Wahl des Periodenrasters vor.[21]

- Die Betrachtung aggregrierter Kapazitäten stellt lediglich sicher, daß Kapazitätsangebot und -nachfrage summarisch übereinstimmen. Die Beanspruchung einzelner Betriebsmittel nach einer Disaggregation kann

umfassender Literaturüberblick hierzu befindet sich in Kimms (1997a).

[20] Diese Aussage wird durch die Wahl der Beispieldatensätze belegt, die z.B. von Helber (1994) und Tempelmeier und Derstroff (1996) zur Evaluierung ihrer Methoden benutzt werden. In beiden Arbeiten ist die Anzahl der Perioden nicht größer als 16.

[21] Helber (1994) und (1995)

durchaus außerhalb des zur Verfügung stehenden Kapazitätslimits liegen. Dies gilt insbesondere dann, wenn (reihenfolgeabhängige) Rüstzeiten auftreten, da die Kapazitätsnachfrage in solchen Fällen erst nach der Ablaufplanung feststeht. Der Vorschlag, anstelle des tatsächlichen Kapazitätsangebots Pauschalabschläge zu berücksichtigen, befriedigt wenig.[22]

3.3 Simultane Losgrößen- und Ablaufplanung

Alternativ zu den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Ansätzen der hierarchischen Losgrößen- und Ablaufplanung, ist grundsätzlich auch ein simultaner Lösungsansatz denkbar. Wesentliches Merkmal der hierarchischen Planung ist, daß sie mit unterschiedlichen Aggregationsniveaus operiert. Im Gegensatz dazu erfordert eine simultane Planung entweder die Verwendung disaggregierter Daten auch für das Problem der Losgrößenbildung oder eine geeignete Kopplung zwischen aggregierten und disaggregierten Daten. Konkret beutet dies:

Sachliche Disaggregation: Während hierarchische Ansätze auf der Ebene der Losgrößen- und Ressourceneinsatzplanung die vorhandenen Kapazitäten einzelner Betriebsmittel zu Gesamtkapazitäten von Betriebsmittelgruppen aggregieren, bedingt ein simultaner Lösungsansatz die detaillierte Betrachtung einzelner Betriebsmittel auch für die Losgrößenbildung. Es ist daher eine arbeitsganggenaue Betrachtung des Gesamtproblems zu wählen.

Zeitliche Disaggregation: Während hierarchische Ansätze eine wochengeneue Einplanung der Lose vornehmen, liegt es im Wesen der simultanen Losgrößen- und Ablaufplanung, daß Lose nunmehr schicht- oder stundengenau einzuplanen sind. Zur Entwicklung von Modellen und Verfahren stehen drei Betrachtungsweisen zur Auswahl:

- Das Periodenraster entspricht einer wochengeneuen Einteilung des Planungshorizonts. Innerhalb einer Woche werden Lose auf einer kontinuierlichen Zeitachse eingeplant. Insbesondere sind Schichtwechsel nicht

[22] Dyckhoff (1995) spricht (im Kontext der Hauptproduktionsprogrammplanung) von einer mittels Ausfallfaktoren um gewisse Erfahrungswerte für Ausfallzeiten korrigierten Kapazität.

entscheidungsrelevant. Es wird also unterstellt, daß die Produktion während eines Schichtwechsels ohne Unterbrechung fortgeführt werden kann. Die Betrachtung des wochengenauen Periodenrasters erlaubt, sofern dies notwendig ist, die Beachtung von Produktionsunterbrechungen an Wochenenden.[23]

- Der komplette Planungshorizont wird als kontinuierliche Zeitachse betrachtet. Es wird also unterstellt, daß weder Schicht- noch Wochenwechsel planerisch zu berücksichtigen sind.[24]

- Der gesamte Planungshorizont wird in diskrete Perioden (z.B. Schichten) unterteilt. Dabei wird angenommen, daß das Periodenraster so fein ist, daß nur wenige (meist ein oder zwei) Produkte pro Periode und Betriebsmittel hergestellt werden. Die Zuordnung der Lose zu Perioden definiert dann zugleich den Ablaufplan.[25] Häufig wurde kritisiert, daß die große Anzahl der zu betrachtenden Perioden effiziente Lösungsverfahren nicht ermögliche. Dies mag für (exakte) Ansätze der mathematischen Programmierung gelten, aber nicht generell für Heuristiken, die inzwischen Probleminstanzen mit mehreren hundert Perioden in Sekunden zu lösen imstande sind.[26] Im übrigen ist auch die Größe der formulierten gemischt-binären Entscheidungsmodelle kein Argument gegen ein feines Periodenraster, da diese Modelle aber als „Denkmodell" zu verstehen sind, um das Planungsproblem präzise zu beschreiben, und nicht als „Problemlösung" an sich.[27]

[23] Modelle dieser Art werden z.B. von Fleischmann und Meyr (1996) und Haase und Kimms (1996) diskutiert und gelöst. Beide Quellen betrachten jedoch nur den Fall der einstufigen Losgrößenplanung.

[24] Jordan (1996) diskutiert Modelle und Verfahren mit kontinuierlicher Zeitachse.

[25] Modelle und Methode auf Basis der Annahme „kurzer" Perioden werden z.B. in Drexl und Haase (1995), Eppen und Martin (1987), Fleischmann (1990), Haase (1994), Kimms (1997a) und Salomon (1991) diskutiert.

[26] In Kimms (1997a) werden beispielsweise Instanzen mit bis zu 500 Perioden gelöst.

[27] Insbesondere von den Vertretern „alter Schule" wird häufig unterstellt, daß die Modellierung eines Problems als formales (z.B. gemischt-ganzzahliges lineares) Entscheidungsmodell mit der (erfolgreichen) Lösung des Problems gleichzusetzen ist, da Standardverfahren (insbesondere als kommerziell-vertriebene Software) verfügbar sind, die derartige Modelle optimal lösen können. Diese Aussage gilt jedoch im allgemeinen nur für sehr kleine Instanzen solcher Modelle, die in der Regel keine praxisrelevanten Probleme abbilden.

Im folgenden wollen wir uns mit der simultanen Losgrößen- und Ablaufplanung auf Basis eines schichtgenauen Periodenrasters beschäftigen. Folgende Annahmen werden getroffen:[28]

- Ziel ist die Minimierung der Summe der Rüst- und Lagerhaltungskosten. Die produktspezifischen Kostensätze für Rüsten und Lagern werden als gegeben angenommen.
- Der Planungshorizont ist in diskrete Perioden (z.B. Schichten) unterteilt.
- Pro Periode ist höchstens ein Rüstwechsel pro Betriebsmittel zugelassen. Es können also maximal zwei Produkte pro Periode eingeplant werden.
- Der Rüstzustand eines Betriebsmittels ist stets eindeutig definiert, so daß, falls zwei Produkte in einer Periode eingeplant sind, die Reihenfolge der Bearbeitung dieser Produkte eindeutig festgelegt ist.
- Jedes Produkt benötigt genau ein Betriebsmittel mit knapper Kapazität. Verschiedene Produkte können in Ressourcenkonkurrennz zueinander stehen. Die Kapazität ist pro Periode gegeben.
- Zwischen den Produkten bestehen Vorrangbeziehungen, die eine allgemeine, nicht–zyklische Erzeugnisstrutur definieren.
- Der periodenspezifische Bedarf für einzelne Produkte ist bekannt und bis zum Ende der jeweiligen Periode pünktlich zu erfüllen. Fehlmengen sind nicht erlaubt. Außerdem kann Bedarf nicht nur für Endprodukte, sondern auch für Zwischenprodukte (Ersatzteile) auftreten.
- Zwischen den einzelnen Fertigungsstufen sind technisch bedingte Mindestvorlaufzeiten einzuhalten.

Eine formale Modellierung des Losgrößen- und Ablaufplanungsproblems als gemischt–binäres lineares Entscheidungsmodell wird von Kimms[29] präsentiert. Anzumerken ist, daß insbesondere die Annahme, daß maximal ein

[28] Eine Aufarbeitung der in der Literatur zur mehrstufigen Losgrößen- (und Ablauf-) Planung getroffenen Annahmen ist in Kimms (1997a) zu finden.

[29] Kimms (1997a)

Rüstwechsel pro Periode stattfinden darf, eine Verallgemeinerung[30] bisheriger (einstufiger) Losgrößenmodelle mit feinem Periodenraster darstellt, da bislang vorausgesetzt wurde, daß maximal ein Produkt pro Periode eingeplant werden darf.

4 Verfahren der mehrstufigen Losgrößen– und Ablaufplanung

Zur Lösung des simultanen Losgrößen– und Ablaufplanungsproblems gibt es außer den Arbeiten von Kimms[31] lediglich einen einzigen Beitrag von Brüggemann und Jahnke,[32] der sich jedoch lediglich mit dem Fall einer zweistufigen Erzeugnisstruktur beschäftigt. Die Grundidee der von Kimms entwickelten Methoden soll hier zusammengefaßt werden.[33]

Sämtliche Verfahren, die das simultane Planungsproblem erfolgreich lösen konnten, sind Konstruktionsverfahren, die auf Basis einer retrograden Terminierung versuchen, zulässige Produktionspläne zu generieren. Wir verwenden die Notation: m, Betriebsmittelindex (M, Anzahl der Betriebsmittel); t, Periodenindex (T, letzte Periode im Planungshorizont); j_{mt}, Produktindex zur Bezeichnung desjenigen Produkts, für das Betriebsmittel m am Ende von Periode t gerüstet ist. Das periodenweise Vorgehen läßt sich dann wie folgt skizzieren:

Schritt 1: Fixiere den Rüstzustand am Ende der Periode t für alle Betriebsmittel $m = 1, \ldots, M$. Sei j_{mt} das Produkt, für das Betriebsmittel m am Ende der Periode t gerüstet ist.

Schritt 2: Falls $t < T$, berechne die Produktionsmengen des Produkts j_{mt}, die in Periode $t + 1$ unter Beanspruchung des Betriebsmittels m eingeplant

[30] Diese Verallgemeinerung wurde für einstufige Fertigung erstmals von Drexl und Haase (1995) eingeführt.

[31] In Kimms (1994), (1996a) und (1996b) wird der spezielle Fall einer einzigen knappen Ressource betrachtet. Kimms (1997a) entwickelt leistungsfähige Verfahren für den allgemeinen Fall mehrerer knapper Ressourcen.

[32] In Brüggemann und Jahnke (1994) wird im Gegensatz zu den hier getroffenen Annahmen unterstellt, daß maximal ein Produkt pro Periode gefertigt werden kann.

[33] Für die (technischen) Details verweisen wir auf Kimms (1997a).

werden.[34]

Schritt 3: Falls $t > 0$, berechne die Produktionsmengen des Produkts j_{mt}, die in Periode t unter Beanspruchung des Betriebsmittels m eingeplant werden.[35]

Schritt 4: Sofern $t \geq 1$ gilt, betrachte Periode $t - 1$ und gehe zu Schritt 1; Abbruch des Verfahrens

Zur Erläuterung des Verfahrensablaufs sind einige Bemerkungen angebracht: Das Verfahren beginnt mit Schritt 1 in Periode T, d.h. es wird zunächst der Rüstzustand am Ende der letzten Periode fixiert, und schreitet dann periodenweise voran (Schritt 4). Die Reihenfolge eingeplanter Produktionsmengen ist eindeutig durch den Rüstzustand definiert (Schritte 2 und 3). Die Berechnung von Produktionsmengen geschieht unter Beachtung der Kapazitätsbeschränkungen. Da das Verfahren rückwärts schreitet, ist stets die kumulierte Nachfrage nach Zwischen- und Vorprodukten bekannt. Dieser Aspekt ermöglicht die gleichermaßen elegante wie effiziente Berücksichtigung mehrstufiger Erzeugnisstrukturen. Das Verfahren wird beendet, sobald Periode $t = 0$ erreicht wird.

Es bestehen einige Freiheitsgrade, deren konkrete Ausgestaltung das Wesen unterschiedlicher Methoden ausmacht. Insbesondere die Wahl des Rüstzustandes (Schritt 1) und die Berechnung von Produktionsmengen (Schritte 2 und 3) bieten verschiedene Möglichkeiten der Umsetzung. Als besonders erfolgreich haben sich Prioritätsregel–gesteuerte, randomisierte Auswahlmechanismen im Schritt 1 herausgestellt.[36] Die zufällige Auswahl von Entscheidungsalternativen macht es möglich, mehrere Programmdurchläufe auszuführen, um anschließend die beste gefundene Lösung zu präsentieren. Die Ergebnisse der von Kimms durchgeführten Rechenstudien dieser Art von Stichprobenverfahren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es ist nicht garantiert, daß jeder Programmdurchlauf mit einem zulässigen Produktionsplan terminiert. In einem Test mit über 1000 systema-

[34] Da Betriebsmittel m am Ende von Periode t, also am Beginn der Periode $t+1$, gemäß Schritt 1 für Produkt j_{mt} gerüstet ist, ist die eingeplante Produktionsmenge zu Beginn der Periode $t + 1$ zu fertigen.

[35] Da Betriebsmittel m am Ende von Periode t gemäß Schritt 1 für Produkt j_{mt} gerüstet ist, ist die eingeplante Produktionsmenge am Ende der Periode t zu fertigen.

[36] Für Details siehe Kimms (1997a).

tisch generierten Beispieldatensätzen wurde jedoch für über 99% der Instanzen nach 1000 Iterationen mindestens eine zulässige Lösung gefunden.

- Die Laufzeiten sind für dieses komplexe Problem extrem niedrig. Auf einem Pentium PC mit 120 MHz können z.B. für Instanzen mit 5 Produkten und 10 Perioden in weniger als 0.5 Sekunden mehr als 1000 Produktionspläne generiert werden.

- Die Abweichung der heuristisch ermittelten Lösung vom optimalen Zielfunktionswert einer Instanz liegt im Mittel über 1000 getestete Beispieldatensätze unter 7%.

5 Fazit

In diesem Beitrag wurden die ablauforganisatorischen Probleme bei Serienproduktion in Fließfertigungssystemen diskutiert. Es wurde gezeigt, daß die in traditionellen PPS–Systemen implementierte Logik des MRP II–Konzepts nur unbefriedigende Ergebnisse liefert. Alternative hierarchische Konzepte der Losgrößen– und Ablaufplanung wurden vorgestellt. Dabei zeigte sich, daß dispositionsstufenorientierte Vorgehensweisen ebenfalls nicht befriedigen können, auch dann nicht, wenn auf jeder Dispositionsstufe kapazitätsbeschränkte Losgrößenprobleme betrachtet werden. Die hierarchische Integration einer mehrstufiger Losgrößenplanung auf Basis aggregierter Daten und einer Ablaufplanung auf Basis disaggregierter Daten stellt sich als das dominante Konzept heraus. Für spezielle Organisationstypen, z.B. für die hier betrachteten Fließfertigungssysteme, wurden simultane Lösungsverfahren entwickelt, die sehr gute Resultate liefern.

Es bleibt zu hoffen, daß die neuen wissenschaftlichen Ergebnisse auf dem Gebiet der kurzfristigen Produktionsplanung bald Eingang in kommerzielle Softwaresysteme finden, um das etablierte und als unzureichend nachgewiesene MRP II–Konzept abzulösen, und um der Praxis die verbesserte Planungsmethodik zugänglich zu machen.

Literatur

[1] AFENTAKIS, P., GAVISH, B., (1986), Optimal Lot-Sizing Algorithms for Complex Product Structures, Operations Research, Vol. 34, S. 237–249

[2] AFENTAKIS, P., GAVISH, B., KARMARKAR, U., (1984), Computationally Efficient Optimal Solutions to the Lot–Sizing Problem in Multistage Assembly Systems, Management Science, Vol. 30, S. 222–239

[3] ANDLER, K., (1929), Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße, München, Oldenbourg

[4] BAHL, H.C., RITZMAN, L.P., GUPTA, J.N.D., (1987), Determining Lot Sizes and Resource Requirements: A Review, Operations Research, Vol. 35, S. 329–345

[5] BŁAŻEWICZ, J., DOMSCHKE, W., PESCH, E., (1996), The Job Shop Scheduling Problem: Conventional and New Solution Techniques, European Journal of Operational Research, Vol. 93, S. 1–33

[6] BRUCKER, P., (1995), Scheduling Algorithms, Berlin, Springer

[7] BRÜGGEMANN, W., JAHNKE, H., (1994), DLSP for 2–Stage Multi–Item Batch Production, International Journal of Production Research, Vol. 32, S. 755–768

[8] DAUZÈRE–PÉRES, S., LASSERRE, J.B., (1994a), Integration of Lotsizing and Scheduling Decisions in a Job-Shop, European Journal of Operational Research, Vol. 75, S. 413–426

[9] DAUZÈRE–PÉRES, S., LASSERRE, J.B., (1994b), An Integrated Approach in Production Planning and Scheduling, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 411, Berlin, Springer

[10] DEBOTH, M.A., GELDERS, L.F., VAN WASSENHOVE, L.N., (1984), Lot Sizing Under Dynamic Demand Conditions: A Review, Engineering Costs and Production Economics, Vol. 8, S. 165–187

[11] DOMSCHKE, W., SCHOLL, A., VOSS, S., (1993), Produktionsplanung — Ablauforganisatorische Aspekte, Berlin, Springer

[12] DREXL, A., FLEISCHMANN, B., GÜNTHER, H.O., STADTLER, H., TEMPELMEIER, H., (1994), Konzeptionelle Grundlagen kapazitätsorientierter PPS–Systeme, Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 46 Jg., S. 1022–1045

[13] DREXL, A., HAASE, K., (1995), Proportional Lotsizing and Scheduling, International Journal of Production Economics, Vol. 40, S. 73–87

[14] DREXL, A., HAASE, K., KIMMS, A., (1995), Losgrößen- und Ablaufplanung in PPS–Systemen auf der Basis randomisierter Opportunitätskosten, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 65 Jg., S. 267–285

[15] DREXL, A., KIMMS, A., (1996), Lot Sizing and Scheduling: Survey and Extensions, Arbeitspapier Nr. 421, Universität Kiel, erscheint in: European Journal of Operational Research

[16] DYCKHOFF, H., (1995), Grundzüge der Produktionswirtschaft — Einführung in die Theorie betrieblicher Produktion, Berlin, Springer

[17] EPPEN, G.D., MARTIN, R.K., (1987), Solving Multi–Item Capacitated Lot–Sizing Problems Using Variable Redefinition, Operations Research, Vol. 35, S. 832–848

[18] FLEISCHMANN, B., (1988), Operations–Research–Modelle und –Verfahren in der Produktionsplanung, Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 58. Jg., S. 347–372

[19] FLEISCHMANN, B., (1990), The Discrete Lot–Sizing and Scheduling Problem, European Journal of Operational Research, Vol. 44, S. 337–348

[20] FLEISCHMANN, B., MEYR, H., (1996), The General Lot–Sizing and Scheduling Problem, Arbeitspapier, Universität Augsburg, erscheint in: OR Spektrum

[21] GLASER, H., GEIGER, W., ROHDE, V., (1992), PPS — Produktionsplanung und –steuerung, Grundlagen — Konzepte — Anwendungen, Wiesbaden, Gabler, 2. Aufl.

[22] GOYAL, S.K., GUNASEKARAN, A., (1990), Multi–Stage Production–Inventory Systems, European Journal of Operational Research, Vol. 46, S. 1–20

[23] GUPTA, Y.P., KEUNG, Y.K., (1990), A Review of Multi–Stage Lot–Sizing Models, International Journal of Operations and Production Management, Vol. 10, S. 57–73

[24] HAASE, K., (1994), Lotsizing and Scheduling for Production Planning, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 408, Berlin, Springer

[25] HAASE, K., GÖPFERT, L., (1996), Engpaßorientierte Fertigungssteuerung bei reihenfolgeabhängigen Rüstvorgängen in einem Unternehmen der Satz– und Drucktechnik, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 66. Jg., S. 1511–1526

[26] HAASE, K., KIMMS, A., (1996), Lot Sizing and Scheduling with Sequence Dependent Setup Costs and Times and Efficient Rescheduling Opportunities, Arbeitspapier Nr. 393, Universität Kiel

[27] HARRIS, F.W., (1913), How Many Parts to Make at Once, Factory, The Magazine of Management, Vol. 10, S. 135–136, 152, Nachdruck (1990), Operations Research, Vol. 38, S. 947–950

[28] HELBER, S., (1994), Kapazitätsorientierte Losgrößenplanung in PPS–Systemen, Stuttgart, M & P

[29] HELBER, S., (1995), Lot Sizing in Capacitated Production Planning and Control Systems, OR Spektrum, Vol. 17, S. 5–18

[30] JORDAN, C., (1996), Batching and Scheduling — Models and Methods for Several Problem Classes, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 437, Berlin, Springer

[31] KIMMS, A., (1994), Demand Shuffle — A Method for Multi-Level Proportional Lot Sizing and Scheduling, Arbeitspapier Nr. 355, Universität Kiel, erscheint in: Naval Research Logistics

[32] KIMMS, A., (1996a), Multi-Level, Single-Machine Lot Sizing and Scheduling (with Initial Inventory), European Journal of Operational Research, Vol. 89, S. 86–99

[33] KIMMS, A., (1996b), Competitive Methods for Multi-Level Lot Sizing and Scheduling: Tabu Search and Randomized Regrets, International Journal of Production Research, Vol. 34, S. 2279–2298

[34] KIMMS, A., (1997a), Multi-Level Lot Sizing and Scheduling — Methods for Capacitated, Dynamic, and Deterministic Models, Heidelberg, Physica

[35] KIMMS, A., (1997b), Modelle der Losgrößenplanung und das MRP II-Konzept, Arbeitspapier Nr. 419, Universität Kiel, erscheint in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium

[36] Küpper, H.-U., Helber, S., (1995), Ablauforganisation in Produktion und Logistik, Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 2. Aufl.

[37] KUIK, R., SALOMON, M., VAN WASSENHOVE, L.N., MAES, J., (1993), Linear Programming, Simulated Annealing and Tabu Search Heuristics for Lotsizing in Bottleneck Assembly Systems, IIE Transactions, Vol. 25, No. 1, S. 62–72

[38] KUIK, R., SALOMON, M., VAN WASSENHOVE, L.N., (1994), Batching Decisions: Structure and Models, European Journal of Operational Research, Vol. 75, S. 243–263

[39] LASSERRE, J.B., (1992), An Integrated Model for Job-Shop Planning and Scheduling, Management Science, Vol. 38, S. 1201–1211

[40] MAES, J., MCCLAIN, J.O., VAN WASSENHOVE, L.N., (1991), Multilevel Capacitated Lotsizing Complexity and LP-Based Heuristics, European Journal of Operational Research, Vol. 53, S. 131–148

[41] MAES, J., VAN WASSENHOVE, L.N., (1991), Capacitated Dynamic Lot-Sizing Heuristics for Serial Systems, International Journal of Production Research, Vol. 29, S. 1235-1249

[42] MATHES, H.D., (1993), Some Valid Constraints for the Capacitated Assembly Line Lotsizing Problem, in: Fandel, G., Gulledge, Th., Jones, A., (Hrsg.), Operations Research in Production Planning and Control, Berlin, Springer, S. 444–458

[43] PINEDO, M., (1995), Scheduling — Theory, Algorithms, and Systems, Englewood Cliffs, Prentice Hall

[44] ROLL, Y., KARNI, R., (1991), Multi-Item, Multi-Level Lot Sizing with an Aggregate Capacity Constraint, European Journal of Operational Research, Vol. 51, S. 73–87

[45] ROSLING, K., (1986), Optimal Lot–Sizing for Dynamic Assembly Systems, in: Axsäter, S., Schneeweiß, C., Silver, E.A., (Hrsg.), Multi–Stage Production Planning and Inventory Control, Berlin, Springer, S. 119–131

[46] ROUNDY, R.O., (1993), Efficient, Effective Lot Sizing for Multistage Production Systems, Operations Research, Vol. 41, S. 371–385

[47] SALOMON, M., (1991), Deterministic Lotsizing Models for Production Planning, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 355, Berlin, Springer

[48] SALOMON, M., KUIK, R., VAN WASSENHOVE, L.N., (1993), Statistical Search Methods for Lotsizing Problems, Annals of Operations Research, Vol. 41, S. 453–468

[49] Schneeweiß, C., (1993), Einführung in die Produktionswirtschaft, Berlin, Springer, 5. Aufl.

[50] SILVER, E.A., PETERSON, R., (1985), Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, New York, Wiley, 2. Aufl.

[51] SIMPSON, N.C., ERENGUC, S.S., (1994), Improved Heuristic Methods for Multiple Stage Production Planning, Arbeitspapier, State University of New York at Buffalo

[52] STADTLER, H., (1995), Reformulations of the Shortest Route Model for Dynamic Multi-Item Multi-Level Capacitated Lotsizing, Arbeitspapier, Technische Universität Darmstadt

[53] STADTLER, H., (1996), Mixed Integer Programming Model Formulations for Dynamic Multi–Item Multi–Level Capacitated Lotsizing, European Journal of Operational Research, Vol. 94, S. 561–581

[54] SUM, C.C., HILL, A.V., (1993), A New Framework for Manufacturing Planning and Control Systems, Decision Sciences, Vol. 24, S. 739–760

[55] SUM, C.C., PNG, D.O.S., YANG, K.K., (1993), Effects of Product Structure Complexity on Multi–Level Lot Sizing, Decision Sciences, Vol. 24, S. 1135–1156

[56] Tempelmeier, H., (1995), Material–Logistik — Grundlagen der Bedarfs- und Losgrößenplanung in PPS–Systemen, Berlin, Springer, 3. Aufl.

[57] TEMPELMEIER, H., DERSTROFF, M., (1996), A Lagrangean–Based Heuristic for Dynamic Multi–Level Multi–Item Constrained Lotsizing with Setup Times, Management Science, Vol. 42, S. 738–757

[58] TOKLU, B., WILSON, J.M., (1992), A Heuristic for Multi–Level Lot–Sizing Problems with a Bottleneck, International Journal of Production Research, Vol. 30, S. 787–798

[59] WOLSEY, L.A., (1995), Progress with Single–Item Lot–Sizing, European Journal of Operational Research, Vol. 86, S. 395–401

[60] ZÄPFEL, G., (1996), Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement, Berlin, de Gruyter

[61] ZÄPFEL, G., MISSBAUER, H., (1993), New Concepts for Production Planning and Control, European Journal of Operational Research, Vol. 67, S. 297–320

Summary

Most production planning software packages rely on the logic of manufacturing resource planning (MRP II). This contribution reveals that MRP II does not satisfy, but is the reason for long lead–times, high work–in–process, and large inventories. The paper reviews hierarchical approaches which dominate the MRP II–logic. Making one step further, the paper also discusses the problem of simultaneous lot sizing and scheduling in the presence of multi–level gozinto–structures and scarce capacities.