

Drexl, Andreas; Haase, Knut; Kimms, Alf

Working Paper — Digitized Version

Losgrößen- und Ablaufplanung in PPS-Systemen auf der Basis randomisierter Opportunitätskosten

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 333

Provided in Cooperation with:

Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Drexl, Andreas; Haase, Knut; Kimms, Alf (1993) : Losgrößen- und Ablaufplanung in PPS-Systemen auf der Basis randomisierter Opportunitätskosten, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 333, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/155410>

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.

Nr. 333

**Losgrößen- und Ablaufplanung
in PPS-Systemen auf der Basis
randomisierter Opportunitätskosten**

A. Drexl, K. Haase, A. Kimms

Dezember 1993

Professor Dr. **Andreas Drexl**, Dr. **Knut Haase**, Dipl.-Inform. **Alf Kimms**, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel.

A. Einführung

Aufgaben der Materialwirtschaft sowie der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung (kurz: PPS) werden in den meisten Unternehmen EDV-gestützt und unter Einsatz von PPS-Systemen bearbeitet. Diesen Systemen liegt – trotz manchen Detailunterschieden – ein einfaches, übereinstimmendes Basiskonzept zugrunde: Das gesamte Planungsproblem wird in Phasen zerlegt; diese werden sukzessive bearbeitet.

Die damit vollzogene Abkehr von der Idee der Simultanplanung führt häufig zu unzureichenden Ergebnissen in Form hoher Bestände, langer Durchlaufzeiten und geringer Termintreue. Aus theoretischer und – bei geeigneter Realisierung – praktischer Sicht wäre ein hierarchischer Planungsansatz, bei dem auf allen Ebenen die relevanten Kapazitäten auf einem entsprechenden Aggregationsniveau einbezogen werden, vorzuziehen.¹

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: In Abschnitt B schildern wir zunächst das Grundkonzept von PPS-Systemen. Anschließend gehen wir grundsätzlich und dann in Abschnitt C konkret an einem Beispiel auf die aus der Vernachlässigung elementarer (zeitlicher, vertikaler und horizontaler) Interdependenzen resultierenden Folgen ein. In Abschnitt D präsentieren wir ein Modell, das es gestattet, horizontale und vertikale Interdependenzen zu erfassen. In Abschnitt E stellen wir eine einfache Methode zur Losgrößen- und Ablaufplanung vor, die auf der Verwendung randomisierter Opportunitätskosten als Entscheidungskriterium beruht. Abschnitt F enthält Hinweise auf die Notwendigkeit der Einbeziehung von Rüstzeiten und multiplen Ressourcen.

B. Einordnung der Problemstellung in den PPS-Kontext

Das **Grundkonzept von PPS-Systemen** in der deutschsprachigen Literatur ist im Prinzip identisch mit dem des Manufacturing Resource Planning (MRP II) der angelsächsischen Literatur.² Die zu unterstützenden Entscheidungen werden weder simultan betrachtet noch in einen hierarchischen Kontext eingeordnet. Vielmehr liegt ein schlichtes, **phasenbezogenes Sukzessivplanungskonzept** vor, das sich vereinfacht folgendermaßen skizzieren läßt:³

1. **Primärbedarfsplanung:** Auf der Basis von Kundenaufträgen und Absatzprognosen werden unter Berücksichtigung vorhandener Lagerbestände die kurzfristigen Primärbedarfsmengen für absatzbestimmte Erzeugnisse ermittelt. Das Ergebnis ist ein kurzfristiges Produktionsprogramm (master production schedule).
2. **Mengenplanung:** Ausgehend vom Produktionsprogramm werden die Sekundärbedarfsmengen für untergeordnete Erzeugnisse ermittelt. Die Materialbedarfsrechnungen werden

¹ Zu konzeptionellen Grundlagen kapazitätsorientierter PPS-Systeme vgl. Drexl et al. (1993).

² Vgl. u.a. Glaser et al. (1992), Hoitsch (1993, S. 177 ff.) sowie Zäpfel / Missbauer (1993).

³ Vgl. z.B. Fleischmann (1988), Domschke et al. (1993) sowie Drexl et al. (1993).

durch einfachste Losgrößenheuristiken⁴ unterstützt. Ergebnis sind (grob-) terminierte Produktionsaufträge und Bestellvorschläge für alle Erzeugnisse.

3. **Terminplanung:** Im nächsten Schritt werden die bislang auf Erzeugnisse bezogenen Planungsdaten verfeinert; dabei wird auf diejenigen Arbeitsgänge Bezug genommen, die bei der Fertigung der Erzeugnisse durchzuführen sind. Zunächst werden – ausgehend von unbeschränkten Kapazitäten der Ressourcen – für jeden Arbeitsgang Start- und Endtermine errechnet. Im Anschluß daran wird für jede Ressource die resultierende Kapazitätsbelastung ermittelt, insbesondere werden Angebot und Bedarf einander gegenübergestellt und soweit möglich durch einfaches Verschieben zum Ausgleich gebracht.
4. **Produktionssteuerung:** Hier werden einzelne Aufträge (meist manuell) freigegeben und den Ressourcen zugeordnet. Für jede Ressource werden Auftrags-Reihenfolgen geplant.

Dieses Konzept weist zahlreiche (und an anderer Stelle bereits ausführlich dargestellte⁵) erhebliche Mängel auf. **Möglichkeiten zur Verbesserung** von PPS-Systemen müssen prinzipiell dort ansetzen, wo Abhängigkeiten nicht (rechtzeitig) berücksichtigt werden.⁶ Ansatzpunkte bestehen im Bereich zeitlicher, vertikaler und/oder horizontaler Interdependenzen. Beispiele sind:

1. **Mehrstufige Mehrprodukt-Losgrößenplanung bei beschränkten Kapazitäten⁷ und genereller Erzeugnis- und Prozeßstruktur:** Die für diesen Bereich entwickelten Modelle basieren inzwischen nicht mehr auf unrealistischen Prämissen und die zugehörigen Methoden sind leistungsfähig genug, um im Rahmen verteilter PPS-Systeme für dezentrale Einheiten eingesetzt werden zu können.⁸ Hier findet eine zeitliche, vertikale und horizontale Integration der Mengen- und der Terminplanung statt.
2. **Terminplanung bei beschränkten Kapazitäten:** Eine Terminierung von Auftragsnetzen und/oder Arbeitsgängen so, daß für deren Bearbeitung auch die erforderlichen Ressourcen (Personal- und Betriebsmittel) vorhanden sind, ist inzwischen mit leistungsfähigen heuristischen Methoden kein Problem mehr.⁹ Auch hier findet eine zeitliche, vertikale und horizontale Integration statt, und zwar von Durchlaufterminierung, Kapazitätsplanung sowie Feinplanung.

⁴ Zu heuristischen Verfahren für die Lösung dynamischer, einstufiger Einprodukt (Wagner-Whitin-) -Losgrößenprobleme vgl. z.B. **Zoller / Robrade** (1987). Das Wagner-Whitin-Problem ist inzwischen mit linearem Aufwand exakt lösbar; vgl. hierzu **Federgruen / Tzur** (1991) sowie **Wagelmans et al.** (1992).

⁵ Vgl. insbesondere **Fleischmann** (1988) sowie **Drexel et al.** (1993).

⁶ Weitergehende Möglichkeiten werden in **Drexel et al.** (1993) vorgeschlagen.

⁷ In der Literatur hat insbesondere die Einbeziehung von Kapazitätsaspekten in die Losgrößenplanung große Beachtung gefunden; vgl. hierzu z.B. **Eppen / Martin** (1987), **Günther** (1991), **Thiery / Van Wassenhove** (1985) sowie **Ziegler / Hildebrandt** (1983).

⁸ Vgl. z.B. **Tempelmeier / Helber** (1992).

⁹ Einen Überblick hierzu findet man z.B. in **Domschke / Drexel** (1991).

3. Losgrößen- und Ablaufplanung bei beschränkten Kapazitäten: Eine mehrstufige Mehrprodukt-Losgrößenplanung kann unter Umständen nicht gewährleisten, daß (ohne großzügige Vorlaufverschiebung) ein zugehöriger zulässiger Maschinenbelegungsplan existiert und bestimmt werden kann. Man muß daher ggf. die Losgrößen- und Ablaufplanung simultan durchführen. Hier werden die Phasen von der Mengenplanung bis zur Produktionssteuerung integriert.

Im folgenden verdeutlichen wir zunächst beispielhaft die Folgen der Vernachlässigung vertikaler Interdependenzen. Anschließend beschreiben wir Modelle und Methoden, mit deren Hilfe der letztgenannte Vorschlag zur Integration bewerkstelligt werden kann.

C. Folgen der Vernachlässigung vertikaler Interdependenzen

Wir betrachten ein bewußt sehr einfach gehaltenes Beispiel, an dem sich die Auswirkungen der Vernachlässigung vertikaler Interdependenzen deutlich veranschaulichen lassen. Gegeben sei die in *Abbildung 1* dargestellte lineare Erzeugnisstruktur mit drei Erzeugnissen.

Abbildung 1: Beispiel mit linearer Erzeugnisstruktur



Für die Herstellung einer Einheit von Produkt 1 sind also zwei Einheiten von Erzeugnis (Bauteil) 2 erforderlich, dessen Herstellung wiederum je Stück eine Einheit von Bauteil 3 erfordert.

Alle drei Erzeugnisse sind auf einer Maschine zu fertigen. Die Kapazität dieser Maschine betrage 100 (Zeit-)Einheiten pro Periode. Bei der Herstellung eines Teiles wird genau eine Kapazitätseinheit verbraucht. Der Planungshorizont sei 10 Perioden. Losfixe Rüstkosten s_j , Lagerhaltungskosten h_j pro Periode und die durch die Primärbedarfsplanung ermittelten Nachfragemengen d_{jt} sind für die drei Erzeugnisse $j = 1, 2, 3$ in *Tabelle 1* wiedergegeben.

Tabelle 1: Daten des Beispiels

[illegible]

Die Mengenplanung, d.h. die sukzessive Sekundärbedarfsermittlung mit nachfolgender Losbildung, liefert den (vorläufigen) Produktionsplan mit den zu produzierenden Mengen q_{jt} von Tabelle 2. Die Sekundärbedarfsmengen der Perioden 8 und 10 wurden hierbei (unter Vernachlässigung von Kapazitätsrestriktionen) für das Bauteil 2 zu einem Los in Periode 8 zusammengefaßt.

Tabelle 2: Vorläufige Produktionsmengen q_{jt}

$j \quad t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						20		20		20
2						40		80		
3						40		80		

Durch einen "konventionellen" Kapazitätsabgleich (der horizontale Interdependenzen nicht berücksichtigt) kann man nun versuchen, einen Produktionsplan zu ermitteln, der das vorgegebene Kapazitätsangebot nicht überschreitet. So entsteht z.B. durch Verschieben des eingeplanten Loses für Erzeugnis 2 von Periode 8 nach Periode 7 der in Tabelle 3 wiedergegebene kapazitätstreue Produktionsplan.

Tabelle 3: Kapazitätstreue Produktionsmengen q_{jt}

$j \quad t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						20		20		20
2						40	80			
3						40		80		

Für diesen Produktionsplan kann jedoch kein realisierbarer Maschinenbelegungsplan gefunden werden, da nicht hinreichend viele Teile von Erzeugnis 3 eingeplant wurden, um den Bedarf an Teilen von Erzeugnis 3 zur Herstellung der 80 Stück von Erzeugnis 2 in Periode 7 rechtzeitig zu decken.

Tabelle 4: Produktionsmengen q_{jt} nach Vorlaufverschiebung

$j \quad t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						20		20		20
2				40		80				
3		40		80						

Zur Vermeidung dieses Problems wird in gängigen PPS-Systemen bei der Einplanung der Sekundärbedarfsmengen eine (meist sehr große) Vorlaufverschiebung durchgeführt.

Verwenden wir in obigem Beispiel bei der Mengenplanung etwa eine Vorlaufverschiebung von zwei Perioden, so erhalten wir – ausgehend von den Primärbedarfsmengen der *Tabelle 1* – den in *Tabelle 4* wiedergegebenen Produktionsplan.

Analog zum obigen Fall wurde hier ein Los für Bauteil 2 in Periode 6 gebildet. Ein Kapazitätsabgleich, bei dem die 40 in Periode 4 eingeplanten Teile in die Periode 3 verschoben werden, liefert dann den zulässigen Produktionsplan von *Tabelle 5*.

Tabelle 5: Zulässige Produktionsmengen q_{jt}

$\begin{matrix} t \\ j \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						20		20		20
2			40			80				
3		40		80						

Durch die (großzügige) Vorlaufverschiebung konnte zwar ein zulässiger Produktionsplan generiert werden. Allerdings verursacht die i.d.R. willkürliche und unsystematische Vorlaufverschiebung – wie weitläufig bekannt und immer wieder beklagt – hohe Durchlaufzeiten von Aufträgen, hohe durchschnittliche Lagerbestände und damit hohe Lagerhaltungskosten. Die optimale Lösung des Beispiels ist in *Tabelle 6* enthalten. Die Rüst- und Lagerhaltungskosten betragen insgesamt 6700 GE.

Tabelle 6: Optimale Produktionsmengen q_{jt}

$\begin{matrix} t \\ j \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						20		20		20
2						40		80		
3						40	80			

Den genannten Problemen kann systematisch nur durch eine simultane Losgrößen-, Kapazitäts- und Ablaufplanung begegnet werden, die die Abhängigkeiten der einzelnen Erzeugnisse bei ihrer Einplanung berücksichtigt. Dem wenden wir uns nun zu.

D. Modellformulierung

Wir beschreiben zunächst die dem Problem zugrundeliegenden Prämissen, präsentieren anschließend eine mathematische Formulierung und verdeutlichen das Modell an einem Beispiel. Wir beenden Abschnitt D mit Hinweisen auf verwandte Problemstellungen.

Das Modell zur Losgrößen- und Ablaufplanung, das wir im folgenden betrachten, basiert auf folgenden *Prämissen*:

- Der Planungshorizont T ist unterteilt in $t = 1, \dots, T$ Perioden gleicher Länge.¹⁰
- $j = 1, \dots, J$ Produkte werden in einem mehrstufigen¹¹ Produktionsprozeß auf einer Anlage mit der Periodenkapazität C_t (Stunden) gefertigt. Die Vorlaufzeit von Erzeugnis j sei $v_j \geq 1$ (Perioden).
- Die Nachfrage d_{jt} nach Produkt j in Periode t ist deterministisch bekannt.
- Rüstkosten s_j fallen immer dann an, wenn die Produktion eines Loses von Produkt j beginnt. Die Anlage darf in jeder Periode höchstens einmal umgerüstet werden.
- Die Kosten für die Lagerung einer Einheit von Produkt j betragen h_j GE pro Periode.¹²
- Die Bearbeitungsdauer (Produktionsgeschwindigkeit) sei p_j Stunden pro Stück für Produkt j .
- Für die Herstellung einer Einheit von Produkt i sind a_{ji} Einheiten von Produkt j erforderlich. $N(j)$ sei die Menge der Erzeugnisse, in die Bauteil j eingeht, d.h. für die $a_{ji} > 0$ ist.

Auf der Basis dieser Annahmen können wir nun ein Modell formulieren, das es gestattet, kontinuierliche Losgrößen über eine oder mehrere (nicht) zusammenhängende Perioden hinweg zu produzieren.

Unter Verwendung der Variablen

$$x_{jt} := \begin{cases} 1, & \text{die Maschine wird in Periode } t \text{ für Produkt } j \text{ umgerüstet} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$y_{jt} := \begin{cases} 1, & \text{die Maschine ist am Ende von Periode } t \text{ für Produkt } j \text{ gerüstet} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$q_{jt} := \text{Menge von Produkt } j, \text{ die in Periode } t \text{ produziert wird } (q_{jt} \geq 0)$$

¹⁰ Für den hier interessierenden Bereich der Mehrprodukt-Losgrößen- und Ablaufplanung ist es derzeit (noch) nicht möglich, auf den Ansatz eines a priori gegebenen Planungszeitraumes zu verzichten. Lediglich für dynamische Einprodukt-Losgrößenprobleme erlauben es Planungshorizont-Theoreme, ex ante optimale Entscheidungshorizonte herzuleiten; vgl. z.B. **Bastian** (1992), **Chand et al.** (1992), **Mathes** (1991) sowie **Schenk** (1991).

¹¹ Zur mehrstufigen Losgrößenplanung vgl. z.B. **Billington et al.** (1986), **Heinrich** (1987), **Kuik / Salomon** (1990), **Maes et al.** (1991) sowie **Tempelmeier / Helber** (1992).

¹² Zur Bestimmung der relevanten Kapitalbindungskosten vgl. z.B. **Brink / Büchter** (1990) sowie **Müller-Manzke** (1992). Ein Plädoyer für eine zahlungsorientierte Bestellmengenrechnung findet man in **Rieper** (1989). Ein Modell zur Maximierung des Zahlungsmittelbestandes am Ende des Planungszeitraumes wird in **Zäpfel** (1991) formuliert. Zur Einbeziehung von Verzugs mengenkosten vgl. z.B. **Pressmar** (1977).

I_{jt} := Lagerbestand von Produkt j am Ende von Periode t ($I_{jt} \geq 0$)

erhalten wir das Modell (1)-(9).

$$\min \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (s_j x_{jt} + h_j I_{jt}) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad I_{jt} = I_{j,t-1} + q_{jt} - d_{jt} - \sum_{i \in \mathcal{N}(j)} (a_{ji} q_{it}) \quad (j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (2)$$

$$I_{jt} \geq \sum_{\tau=t+1}^{\min\{t+v_j, T\}} \sum_{i \in \mathcal{N}(j)} (a_{ji} q_{i\tau}) \quad (j = 1, \dots, J; t = 0, \dots, T-1) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J y_{jt} \leq 1 \quad (t = 1, \dots, T) \quad (4)$$

$$x_{jt} - y_{jt} + y_{j,t-1} \geq 0 \quad (j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (5)$$

$$C_t y_{jt} + C_t y_{j,t-1} - p_j q_{jt} \geq 0 \quad (j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^J p_j q_{jt} \leq C_t \quad (t = 1, \dots, T) \quad (7)$$

$$I_{jt}, q_{jt} \geq 0 \quad (j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (8)$$

$$x_{jt}, y_{jt} \in \{0, 1\} \quad (j = 1, \dots, J; t = 1, \dots, T) \quad (9)$$

Zur Erläuterung: (1) minimiert die Summe aus Rüst- und Lagerhaltungskosten für alle Produkte während des Planungszeitraumes. (2) entspricht den Lagerbilanzgleichungen des mehrstufigen Produktionssystems; dabei werden in Kombination mit den Restriktionen (8) Fehlmengen ausgeschlossen. (3) sichert, daß – unter Beachtung erzeugnisspezifischer Vorlaufzeiten – interne Bedarfe rechtzeitig zur Verfügung stehen. (4) sorgt dafür, daß die Anlage in jeder Periode nur für höchstens eines der Erzeugnisse gerüstet ist. (5) koppelt die Rüstvorgangs- und Rüstzustandsvariablen x_{jt} und y_{jt} . (6) stellt sicher, daß nur bei entsprechendem Rüstzustand produziert werden kann. (7) sorgt für die Einhaltung der Kapazitätsrestriktionen.

Die Variablenwerte y_{j0} seien gegeben ($y_{j0} = 0$ für alle j) und der Rüstzustand der Anlage am Ende des Planungszeitraums T sei beliebig. Darüber hinaus nehmen wir im folgenden an, daß $I_{j0} = 0$ für alle j sei.¹³ Im hier vorliegendem Fall positiver Rüstkosten wäre es im übrigen ausreichend, $x_{jt} \geq 0$ statt $x_{jt} \in \{0, 1\}$ zu fordern.

Das Modell (1)-(9) gehört zur Klasse der dynamischen, kapazitätsbeschränkten Mehrprodukt-Losgrößen- und Ablaufplanungsprobleme. Aufgrund der Tatsache, daß die Anlagenkapazität einer Periode proportional zu den benötigten Mengen ($p_j q_{jt}$) der Produkte gesplittet wird, wird es im Englischen als Proportional Lotsizing and Scheduling Problem

¹³ Zur im mehrstufigen Fall nicht-trivialen Einbeziehung positiver Ausgangslagerbestände $I_{j0} > 0$ vgl. Kimms (1993).

(PLSP) bezeichnet.¹⁴ Das PLSP beruht auf der oben bereits genannten Basisannahme: Die Anlage darf in jeder Periode höchstens einmal umgerüstet werden.

Mit dem PLSP verwandte Problemstellungen sind das Discrete Lotsizing and Scheduling Problem (DLSP) und das Continuous Setup Lotsizing Problem (CSLP). Das DLSP beruht auf der Basisannahme:¹⁵ Der Produktionsprozeß erstreckt sich immer auf volle Perioden ohne Umrüstvorgang (all or nothing production). Das CSLP beruht auf der Basisannahme:¹⁶ In jeder Periode kann höchstens ein Produkt hergestellt werden.

Alle drei Losgrößen- und Ablaufplanungsprobleme lassen sich als (gemischt-) binäre Optimierungsprobleme formulieren. Man kann sich leicht überlegen, daß das DLSP weniger allgemein als das CSLP und dieses wiederum weniger allgemein als das PLSP ist.

E. Opportunitätskosten als Entscheidungskriterien

Das Modell (1)-(9) ist gleichermaßen allgemein wie schwierig zu lösen. Für praktische Anwendungen realistische Größenordnungen des Problems sind jedenfalls weit entfernt von exakter Lösbarkeit in vertretbarer Rechenzeit. Im PPS-Kontext kommt erschwerend hinzu, daß derartige Probleme ggf. wiederholt für dezentrale Werkstattbereiche (zu formulieren) und zu lösen sind. Daraus folgt, daß aus praktischer Sicht nur effiziente Methoden in Frage kommen. Eine derartige Methode beschreiben wir im folgenden.

Zentrale Idee dieser Methode ist, in Periode T zu beginnen und in allen (weiteren) Perioden rückwärtsschreitend ($T-1$, $T-2$, ..., 1) jeweils Entscheidungen für die Produktion von Erzeugnissen j zu treffen. Als (lokales) Entscheidungskriterium dienen Regrets bzw. Opportunitätskosten.¹⁷ Folgende Kriterien finden bei der Beurteilung der Konsequenzen dafür, ein bestimmtes Erzeugnis in einer Periode *nicht* zu produzieren, Berücksichtigung:

- (a) Die kumulierte zukünftige Nachfrage in der vorliegenden Periode *nicht* zu produzieren, verursacht zusätzliche Lagerhaltungskosten.
- (b) Ein Erzeugnis, für das die Anlage bereits gerüstet ist, *nicht* zu produzieren, wird (voraussichtlich) zusätzliche Rüstkosten verursachen.
- (c) Ein Erzeugnis mit positiven Vorlaufzeiten von Vorgängerprodukten *nicht* zu produzieren, kann im Falle eines endlichen Planungszeitraumes zur Unzulässigkeit führen.
- (d) Die Anlagenkapazität in einer Periode *nicht* zu nutzen, kann möglicherweise in Folgeperioden zur Unzulässigkeit infolge eines Engpasses führen.

¹⁴ Vgl. **Haase** (1993).

¹⁵ Vgl. **Fleischmann** (1990); ähnliche Modelle stammen von u.a. von **Dinkelbach** (1964). Verallgemeinerungen des DLSP findet man z.B. in **Salomon et al.** (1991).

¹⁶ Das CLSP wurde zum erstenmal von **Karmarkar / Schrage** (1985) formuliert.

¹⁷ Zu deren grundsätzlicher Bedeutung im Rahmen der (entscheidungsorientierten) Betriebswirtschaftslehre vgl. z.B. **Münstermann** (1966) sowie **Bamberg / Coenenberg** (1992, S. 34 f.).

Für die formale Herleitung des Regretmaßes benötigen wir die folgenden weiteren Definitionen (mit Erläuterungen in Klammern, sofern erforderlich):

$$AC_t := \sum_{\tau=1}^t C_{\tau}$$

(Available Capacity; kumulierte Kapazität, die bis zur Periode t verfügbar ist)

$$CD_{jt} := \sum_{\tau=t}^T d_{j\tau} - \sum_{\tau=t+1}^T q_{j\tau}$$

(Cumulated Demand; kumulierte, durch aktuell vorgesehene Produktionsmengen nicht gedeckte Nachfrage)

$$dep_j := \text{maximale Summe der Vorlaufzeiten entlang möglicher Pfade zu Erzeugnis } j \text{ in der Erzeugnisstruktur (depth = "Tiefe" der Erzeugnisstruktur)}$$

$$id_{ji} := \sum_{h \in \mathcal{H}(i)} (a_{ih} id_{jh}) \quad \text{falls } i \neq j \text{ und } j \in \mathcal{H}(i)$$

(internal demand; interne Nachfrage nach Erzeugnis i für die Herstellung einer Einheit von Erzeugnis j ; $id_{jj} := 1$ und $id_{ji} := 0$ sonst)

$$cap_j := \sum_{i=1}^J (p_i id_{ji})$$

(Kapazität, die für die Herstellung einer Einheit von Erzeugnis j und all seiner Vorgängererzeugnisse benötigt wird)

Gehen wir nun davon aus, daß mit $y = 0$ die Anlage am Ende von Periode T nicht gerüstet ist, so können wir in Übereinstimmung mit den obigen Kriterien ein Regretmaß r_{jt} zur Beantwortung der Frage, ob Erzeugnis j in Periode t eingeplant werden soll, wie folgt formulieren:

Fall 1: $CD_{jt} > 0$ und $j \neq y$.

$$r_{jt} := \gamma_1 [(h_j CD_{jt}) / \max \{s_i \mid i = 1, \dots, J\}] \quad (a)$$

$$- \gamma_2 [s_j / \max \{s_i \mid i = 1, \dots, J\}] \quad (b)$$

$$+ \gamma_3 [dep_j / (t - dep_j)] \quad (c)$$

$$+ \gamma_4 [(CD_{jt} cap_j) / AC_t] \quad (d)$$

Fall 2: $CD_{jt} > 0$ und $j = y$.

Wie Fall 1 ohne (b).

Fall 3: $CD_{jt} = 0$.

$$r_{jt} := -\infty$$

Die Parameter γ_i dienen zur Kontrolle des Einflusses der verschiedenen Kriterien (a) bis (d), wobei wir für Normierungszwecke, jedoch ohne Beschränkung der Allgemeinheit, $0 \leq \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4 \leq 1$ mit $\sum_{i=1}^4 \gamma_i = 1$ setzen.

In Übereinstimmung mit den obigen Kriterien dienen (a) und (b) zur Berücksichtigung der anfallenden (oder ersparten Rüst-) Kosten, falls ein bestimmtes Erzeugnis nicht gefertigt wird, während (c) und (d) – ungeachtet¹⁸ anfallender Kosten – das Auffinden zulässiger Pläne wahrscheinlicher machen. Zusammengefaßt sollen diese Kriterien zu zulässigen und kosten-günstigen Plänen führen.

Man kann sich leicht überlegen, daß jeweils nur CD_{jt} neu berechnet werden muß – mit der Folge, daß das Verfahren sehr effizient implementiert werden kann.

Wir verwenden folgendes modifizierte Regretmaß:

$$\rho_{jt} := \begin{cases} 0 & \text{falls } r_{jt} = -\infty \\ (r_{jt} - \min \{r_{it} \mid i = 1, \dots, J \text{ mit } CD_{it} > 0\} + \epsilon)^\delta & \text{sonst} \end{cases}$$

Dieses modifizierte Regretmaß entspricht einem erzeugnispezifischen nicht-negativen Wert und drückt die Opportunitätskosten (Regrets, Fehlentscheidungskosten) dafür aus, daß Produkt j in Periode t *nicht* produziert wird.¹⁹ Der Parameter ϵ (z.B. $0.0001 \leq \epsilon \leq 0.001$) stellt sicher, daß jedes Erzeugnis mit kumulierter positiver Nachfrage auch ein positives Regret erhält. Der Parameter $0 \leq \delta$ transformiert den Term $(\cdot)$ exponentiell so, daß für $\delta < 1$ ($\delta > 1$) die erzeugnispezifischen Opportunitätskosten verkleinert (vergrößert) werden.

Unter Verwendung der ρ_{jt} läßt sich nun ein einfaches stochastisches Verfahren zur Konstruktion von Lösungen für das Problem (1)-(9) beschreiben (vgl. Tabelle 7). Wir bezeichnen dieses Verfahren als randomisierte ADD-Methode, weil sie in jeder Periode, beginnend im Planungshorizont T , maximal zwei Produkt je Periode "hinzufügt", und zwar mit Wahrscheinlichkeiten proportional zu ρ_{jt} .

Tabelle 7 enthält – etwas vereinfacht²⁰ – die grundsätzliche Vorgehensweise. Die hier gewählte "Rückwärtsiteration" hat gegenüber der im Bereich der Losgrößenplanung üblichen "Vorwärtsiteration" den fundamentalen Vorteil, daß aufwendige Prozeduren zur Überprüfung und Sicherstellung der Zulässigkeit nicht erforderlich sind.²¹

¹⁸ In diesem Sinne stellen die Kriterien (c) und (d) natürlich keine Opportunitätskosten dar.

¹⁹ Vgl. zu einer ähnlichen Idee im Bereich der Projektsteuerung Drexl (1991).

²⁰ Eine detaillierte Verfahrensbeschreibung findet man in Kimms (1993).

²¹ Ein sehr bekanntes Beispiel für die übliche "vorwärtsschreitende" Vorgehensweise ist das Verfahren von Dixon / Silver (1981); siehe hierzu auch Tempelmeier (1992, S. 184 ff.).

Tabelle 7: Struktogramm der Verfahrens

Setze $y := 0$	
Setze $CD_{j,T+1} := 0 \quad (j = 1,...,J)$	
Setze $t := T$	
Solange $t \geq 1$	
$CD_{jt} := CD_{j,t+1} + d_{jt} \quad (j = 1,...,J)$	
Bestimme $\rho_{jt} \quad (j = 1,...,J)$	
Wähle Produkt i mit Wahrscheinlichkeit proportional zu ρ_{jt} bzw. wähle Produkt y , falls Kapazität in $t+1$ erschöpft	
Setze $q_{it} := \min \{C_t, p_i CD_{it}\}$	
Aktualisiere $d_{j,t-v_j} := d_{j,t-v_j} + a_{ji} q_{it} \quad (j = 1,...,J)$	
Aktualisiere $CD_{it} := CD_{it} - q_{it}$	
$C_t > p_i q_{it}$ Ja Nein	
Analog Einplanung eines zweiten Produktes k	Setze $y := i$
Setze $y := k$	
Vermindere t um 1	
Evaluire Produktionsplan	

Wir erläutern den Ablauf des Verfahrens unter Verwendung eines Beispiels mit $J=4$ und $T=10$, dessen Erzeugnisstruktur *Abbildung 2* und dessen sonstige Daten *Tabelle 8* zu entnehmen sind.

Abbildung 2: Beispiel mit genereller Erzeugnisstruktur

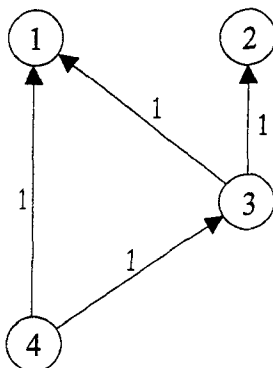


Tabelle 8: Daten des Beispiels mit genereller Erzeugnisstruktur

d_{jt}	(t=) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	h_j	s_j
j=1		20 20	25 900
j=2		20 20	20 850
j=3			15 800
j=4			10 700

Die weiteren Daten seien: Vorlaufzeit $v_j = 1$, Bearbeitungsdauer $p_j = 1$ ($j = 1,...,J$) und Periodenkapazität $C_t = 40$ ($t = 1,...,T$).

Tabelle 9 dokumentiert den Verfahrensablauf im Detail, wobei die Parameter $\epsilon = .065$, $\delta = .893$, $\gamma_1 = .046$, $\gamma_2 = .216$, $\gamma_3 = .458$ und $\gamma_4 = .280$ gewählt wurden.²² Die Werte für r_{jt} , ρ_{jt} und CD_{jt} sind dabei jeweils in Vektorschreibweise "(.,.,.,.)" angegeben. i bezeichnet das zur Produktion eingeplante Erzeugnis.

Tabelle 9: Ablauf des Verfahrens am Beispiel

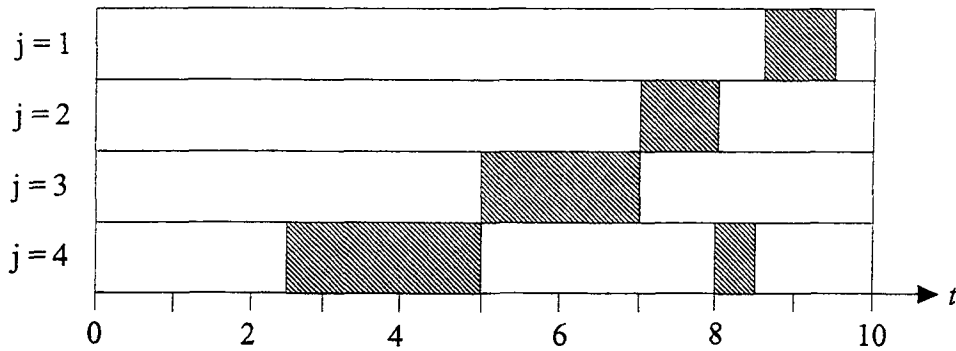
t	r_{jt}	ρ_{jt}	CD_{jt}	i	q_{it}
10	(-.019,-.026, 0, 0)	(.095,.087, 0, 0)	(20,20, 0, 0)	1	20
9	(.219, .062,-.088,-.142)	(.466,.309,.149,.087)	(20,40,20, 20)	4/1	20/20
8	(0, .095,-.025,-.140)	(0, .341,.215,.087)	(0,40,40, 20)	2	40
7	(0, 0, .106,-.137)	(0, 0, .350,.087)	(0, 0,80, 20)	3	40
6			(0, 0,40, 60)	3	40
5	(0, 0, 0, .024)	(0, 0, 0,.087)	(0, 0, 0,100)	4	40
4			(0, 0, 0, 60)	4	40
3			(0, 0, 0, 20)	4	20
2	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	-	
1	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	(0, 0, 0, 0)	-	

Zur Erläuterung: In Periode 9 wird zunächst Erzeugnis 4 ausgewählt; die verbleibende Periodenkapazität wird dann für Erzeugnis 1 verwendet. In den Perioden 7/6 wird ein Los der Größe 80 für Erzeugnis 3 gebildet; die Produktion erfordert 2 Perioden. In den Perioden 5/4/3 wird ein Los der Größe 100 für Erzeugnis 4 gebildet; die Produktion dauert 3 Perioden.

Abbildung 3 zeigt das Gantt-diagramm für die in Tabelle 9 wiedergegebene zulässige Lösung. Der zugehörige Zielfunktionswert beträgt 10850 GE.

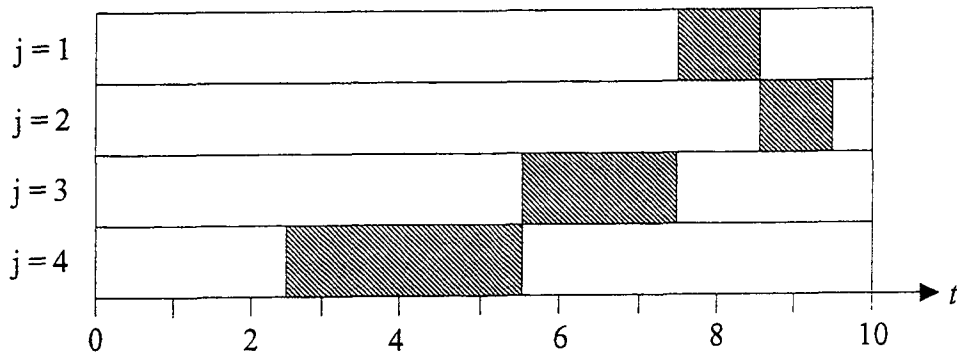
²² Die Null vor Gleitkommazahlen wird weggelassen, d.h. ".123" steht für "0.123".

Abbildung 3: Gantt diagramm der zulässigen Lösung



In Abbildung 4 ist die (ebenfalls mit Hilfe des Verfahrens bestimmte) optimale Lösung für das Beispiel in Form eines Gantt diagrammes wiedergegeben. Der zugehörige Zielfunktionswert beträgt 10250 GE.

Abbildung 4: Gantt diagramm einer optimalen Lösung



Der Rechenaufwand des Verfahrens ist vernachlässigbar gering.²³ Das Verfahren sollte daher mehrfach wiederholt werden – mit der Folge, daß zahlreiche Produktionspläne zur Verfügung stehen (wobei nicht notwendig alle zulässig sind), die anschließend z.B. hinsichtlich weiterer Kriterien evaluiert werden können. Die Güte der bei wiederholter Anwendung des Verfahrens erzielbaren Lösungen ist recht hoch. Die besten gefundenen Zielfunktionswerte weichen bei "einfachen" Datensätzen durchschnittlich lediglich um ca. 7% vom Optimum ab; bei "schwierigen" Datensätzen beträgt die Abweichung ca. 16%.²⁴

Abschließend möchten wir darauf hinweisen, daß die Idee der Berechnung und Verwendung von Opportunitätskosten universeller Natur ist. Mit anderen Worten: Für vielfältige Zielsetzungen (Kostenminimierung, Gewinnmaximierung, Rentabilitätsmaximierung, etc.) lassen sich Regrets hinsichtlich der (lokal) verfügbaren Alternativen bestimmen, randomisieren und anschließend in einem stochastischen Algorithmus verwenden.²⁵

²³ Die Ermittlung von 1000 (zulässigen) Lösungen für ein Problem mit $J = 5$ Produkten und $T = 10$ Perioden dauert auf einem mit 25 MHz getakteten 486er PC 4 bis 8 Sekunden.

²⁴ "Einfach" bzw. "schwierig" hängt primär von der Relation aus verfügbarer und nachgefragter Kapazität ab; detaillierte Ergebnisse findet man in **Kimms** (1993).

²⁵ Dieser Hinweis ist von besonderer Bedeutung im Hinblick auf die bekannte "Problematik der Kosten in Lagerhaltungsmodellen"; vgl. **Schneeweiß** (1979) sowie zur Diskussion weiterer relevanter Zielsetzungen in der Losgrößenplanung **Pack** (1989).

F. Zur Einbeziehung von Rüstzeiten und multiplen Ressourcen

Im Hinblick auf die in Abschnitt B genannten Interdependenzen und ihre adäquate Berücksichtigung ist das Modell (1)-(9) nur ein erster Schritt; in der Praxis fallen Rüstzeiten an; ferner werden multiple Kapazitäten nachgefragt. Im einzelnen erfordert das die folgenden Verallgemeinerungen:²⁶

- Im allgemeinen werden von den verschiedenen Teilen auf gleichen und/oder unterschiedlichen Fertigungsstufen unterschiedliche Kapazitäten bzw. Ressourcen (Personal, Anlagen) nachgefragt. Die Losgrößen- und Ablaufplanung muß auf die im Zeitablauf schwankende Verfügbarkeit der / Nachfrage nach Ressourcen Bezug nehmen.
- Anlagen müssen i.d.R. für die Fertigung von Teilen umgerüstet werden. Bildet man Rüstzeiten im Modell nicht ab und berücksichtigt sie nicht bei der Belegung verfügbarer Anlagenkapazität, sind unzulässige Produktionspläne das Ergebnis. Rüstzeiten müssen also einbezogen werden, um die Zulässigkeit und die Umsetzbarkeit von Produktionsplänen zu gewährleisten.

Die Modellierung dieser Verallgemeinerungen führt zur dynamischen, mehrstufigen Mehrprodukt-Losgrößen- und Ablaufplanung mit multiplen Ressourcen, und damit zur adäquaten Berücksichtigung der zeitlichen, horizontalen und vertikalen Interdependenzen. Damit bietet sich die Möglichkeit zur Ersetzung der PPS-Phasen von der Mengenplanung bis zur Produktionssteuerung. Die Idee, das einfache und universelle Konzept der Verwendung randomisierter Regrets auf die skizzierten Verallgemeinerungen zu übertragen, ist naheliegend und sollte vorgenommen werden.

Literaturhinweise

- Bamberg, G. / Coenenberg, A.G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 7. Aufl., München (Vahlen) 1992.
- Bastian, M.: A perfect lot-tree procedure for the discounted dynamic lot-size problem with speculation. Naval Research Logistics, Vol. 39 (1992), S. 651-668.
- Billington, P.J. / McClain, J.O. / Thomas, L.J.: Heuristics for multilevel lot-sizing with a bottleneck. Management Science, Vol. 32 (1986), S. 989-1006.
- Brink, A. / Büchter, D.: Zur Berücksichtigung von Kapitalbindungskosten in ausgewählten Entscheidungsmodellen. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Jg. 42 (1990), S. 216-241.
- Chand, S. / Sethi, S.P. / Sorger, G.: Forecast horizons in the discounted dynamic lot size model. Management Science, Vol. 38 (1992), S. 1034-1048.
- Dinkelbach, W.: Zum Problem der Produktionsplanung in Ein- und Mehrproduktunternehmen. Würzburg-Wien (Physica) 1964.
- Dixon, P.S. / Silver, E.A.: A heuristic solution procedure for the multi-item, single-level limited capacity, lot-sizing problem. J. of Operations Management, Vol. 2 (1981), S. 23-39.
- Domschke, W. / Drexl, A.: Kapazitätsplanung in Netzwerken - Ein Überblick über neuere Modelle und Methoden. OR Spektrum, Bd. 11 (1991), S. 63-76.

²⁶ Modelle für diesbezügliche Verallgemeinerungen des PLSP findet man in Haase (1993).

- Domschke, W. / Scholl, A. / Voß, S.:** Produktionsplanung - Ablauforganisatorische Aspekte. Berlin (Springer) 1993.
- Drexl, A.:** Scheduling of project networks by job assignment. *Management Science*, Vol. 37 (1991), S. 1590-1602.
- Drexl, A. / Fleischmann, B. / Günther, H.-O. / Stadtler, H. / Tempelmeier, H.:** Konzeptionelle Grundlagen kapazitätsorientierter PPS-Systeme. Arbeitspapier, Universität Kiel 1993 (erscheint in *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*).
- Eppen, G.D. / Martin, R.K.:** Solving multi-item capacitated lot-sizing problems using variable redefinition. *Operations Research*, Vol. 35 (1987), S. 832-848.
- Federgruen, A. / Tzur, M.:** A simple forward algorithm to solve general dynamic lotsizing models with n periods in $O(n \log n)$ time. *Management Science*, Vol. 37 (1991), S. 909-925.
- Fleischmann, B.:** Operations-Research-Modelle und -Verfahren in der Produktionsplanung. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 58 (1988), S. 347-372.
- Fleischmann, B.:** The discrete lot-sizing and scheduling problem. *European J. of Operational Research*, Vol. 44 (1990), S. 337-348.
- Glaser, H. / Geiger, W. / Rohde, V.:** PPS - Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen - Konzepte - Anwendungen. 2. Aufl., Wiesbaden (Gabler) 1992.
- Günther, H.-O.:** Bestellmengenplanung aus logistischer Sicht. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 61 (1991), S. 641-666.
- Haase, K.:** Lotsizing and scheduling for production planning. Dissertation, Universität Kiel 1993.
- Heinrich, C.E.:** Mehrstufige Losgrößenplanung in hierarchisch strukturierten Produktionsplanungssystemen. Berlin (Springer) 1987.
- Hoitsch, H.-J.:** Produktionswirtschaft. 2. Aufl., Vahlen, München 1993.
- Karmarkar, U.S. / Schrage, L.:** The deterministic dynamic product cycling problem. *Operations Research*, Vol. 33 (1985), S. 326-345.
- Kimms, A.:** Multi-item, single-machine lot sizing and scheduling (with initial inventory), Arbeitspapier, Universität Kiel 1993.
- Kuik, R. / Salomon, M.:** Multi-level lot-sizing problem: Evaluation of a simulated-annealing heuristic. *European J. of Operational Research*, Vol. 45 (1990), S. 25-37.
- Maes, J. / McClain, J.O. / Van Wassenhove, L.N.:** Multilevel capacitated lotsizing complexity and LP-based heuristics. *European J. of Operational Research*, Vol. 53 (1991), S. 131-148.
- Mathes, H.D.:** Entscheidungshorizonte in der mehrstufigen dynamischen Losgrößenplanung. *OR Spektrum*, Bd. 13 (1991), S. 77-85.
- Müller-Manzke, U.:** Die Bedeutung der Relevanten Kapital-Bindung in PPS-Systemen. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Jg. 44 (1992), S. 902-913.
- Münstermann, H.:** Bedeutung der Opportunitätskosten für unternehmerische Entscheidungen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 36 (1966), Ergänzungsheft 1, S. 18-36.
- Pack, L.:** Gewinnmaximale oder rentabilitätsmaximale Losgröße bzw. Bestellmenge? *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 59 (1989), S. 5-26.
- Pressmar, D.B.:** Zur optimalen Bestimmung einer nicht stationären Losgrößenpolitik unter Berücksichtigung von Verzugs mengenkosten. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 47 (1977), S. 609-632.
- Rieper, B.:** Zahlungs- oder erfolgsorientierte Entscheidungsrechnungen? Eine Erörterung am Beispiel der Bestellmengenrechnung unter Beachtung von Zahlungskonditionen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 59 (1989), S. 875-887.
- Salomon, M. / Kroon, L.G. / Kuik, R. / Van Wassenhove, L.N.:** Some extensions of the discrete lotsizing and scheduling problem. *Management Science*, Vol. 37 (1991), S. 801-812.

- Schenk, H.Y.:** Entscheidungshorizonte im deterministischen dynamischen Lagerhaltungsmodell. Heidelberg (Physica) 1991.
- Schneeweiß, Chr.:** Zur Problematik der Kosten in Lagerhaltungsmodellen. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 49 (1979), S. 1-17.
- Tempelmeier, H.:** Material-Logistik - Grundlagen der Bedarfs- und Losgrößenplanung in PPS-Systemen. Berlin (Springer) 1992.
- Tempelmeier, H. / Helber, S.:** A heuristic for dynamic multi-item multi-level capacitated lot-sizing for general product structures. Arbeitspapier, TU Braunschweig 1992 (erscheint in European J. of Operational Research).
- Thizy, J.-M. / Van Wassenhove, L.N.:** Lagrangean relaxation for the multi-item capacitated lot-sizing problem: A heuristic implementation. IIE Transactions, Vol. 17 (1985), S. 308-313.
- Wagelmans, A. / van Hoesel, S. / Kolen, A.:** Economic lot sizing: An $O(n \log n)$ algorithm that runs in linear time in the Wagner-Whitin case. Operations Research, Vol. 40 (1992), S. S145-S156.
- Zäpfel, G.:** Produktionslogistik - Konzeptionelle Grundlagen und theoretische Fundierung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 61 (1991), S. 209-235.
- Zäpfel, G. / H. Missbauer:** New concepts for production planning and control. European J. of Operational Research, Vol. 67 (1993), S. 297-320.
- Ziegler, H. / Hildebrandt, B.:** Bestimmung wirtschaftlicher Bestellmengen bei Ressourcenknappheit. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 53 (1983), S. 172-182.
- Zoller, K. / Robrade, A.:** Dynamische Bestellmengen- und Losgrößenplanung - Verfahrensübersicht und Vergleich. OR Spektrum, Bd. 9 (1987), S. 219-233.

Zusammenfassung: Die Losgrößen- und Ablaufplanung stellt ein in PPS-Systemen wiederholt zu lösendes Problem dar. Wir zeigen zunächst mit Hilfe eines einfachen Beispiels, welche Probleme aus der Vernachlässigung der Abhängigkeiten innerhalb einer mehrstufigen Erzeugnisstruktur entstehen. Anschließend präsentieren wir ein neues Modell zur mehrstufigen Mehrprodukt-Losgrößen- und Ablaufplanung bei dynamischer Nachfrage. Schließlich werden die wesentlichen Komponenten eines Verfahrens beschrieben, das auf der Verwendung von randomisierten Opportunitätskosten als lokales Entscheidungskriterium beruht. Diese Methode ist gleichermaßen einfach und effizient.

Summary: Lotsizing and scheduling comprises activities which have to be done repeatedly within MRP-systems. First, we show via a simple example the deficiencies arising within the MRP-context by neglecting the interrelationships of multi-stage systems. Second, we propose a new model for multi-item, multi-stage, capacitated, dynamic lotsizing and scheduling. Third, a simple stochastic backward algorithm with biased sampling via randomized regrets is presented. This method is simple and effective.