

Knolmayer, Gerhard

Working Paper — Digitized Version

Zur Bedeutung des Kostenausgleichsprinzips für die Bedarfsplanung mit PPS-Systemen

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 145

Provided in Cooperation with:

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

Suggested Citation: Knolmayer, Gerhard (1984) : Zur Bedeutung des Kostenausgleichsprinzips für die Bedarfsplanung mit PPS-Systemen, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 145, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/168602>

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. 145

Zur Bedeutung des Kostenausgleichsprinzips
für die Bedarfsplanung mit PPS-Systemen

Gerhard Knolmayer

Gerhard Knolmayer*

Zur Bedeutung des Kostenausgleichsprinzips für die Bedarfsplanung
mit PPS-Systemen

"Wie kann es da sinnvoll
sein, der Praxis jede dieser
Methoden gesondert zur
Anwendung zu empfehlen?"
/Koch (1971), S. 65/

Die Literatur zur Bedarfsplanung in (Produktionsplanungs- und -steuerungs- (PPS)-Systemen/empfehlt überwiegend die Anwendung der Kostenausgleichsmethode. Danach sind Bestellmengen anzustreben, bei deren Realisierung sich auftragsfixe und lagerungsabhängige Kosten ausgleichen. Die für PPS-Systeme typische Periodenbildung macht einen Teil der Lagerkosten zu unbeeinflussbaren Kosten. In der Literatur finden sich verschiedene Varianten der Kostenausgleichsmethode, die sich u.a. darin unterscheiden, wie sie die unbeeinflussbaren Lagerkosten berücksichtigen. Aus einer morphologischen Klassifikation werden 15 Varianten der Kostenausgleichsmethode entwickelt. Eine Simulationsuntersuchung zeigt, daß alle Modifikationen signifikant schlechter als die ursprüngliche Heuristik abschneiden; sie zeigt aber auch, daß diese Basisheuristik signifikante Nachteile gegenüber anderen, nicht auf dem Kostenausgleichsprinzip beruhenden Heuristiken besitzt. Die Übertragung des aus kontinuierlichen Lagerhaltungsmodellen abgeleiteten Prinzips des Kostenausgleichs auf die Bedarfsplanung in PPS-Systemen ist somit nicht gerechtfertigt.

* Professor Dr. Gerhard Knolmayer, Institut für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 2300 Kiel. Der Verfasser dankt den Herren Dipl.-Kfm. T. Romeyke und K.-P. Stuhr für ihre Mitwirkung bei der Ausführung der Simulationsstudie.

1. Problemstellung

Aufgaben der Materialwirtschaft, der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung werden heute oft EDV-gestützt mit Hilfe von PPS-Systemen bearbeitet ¹⁾. Wenngleich eine Vielzahl von PPS-Systemen entwickelt wurde, liegen ihnen doch übereinstimmende Grundkonzepte zugrunde ²⁾. Dazu gehört, daß der Planungshorizont in Perioden zerlegt und eine terminierte Sekundärbedarfsermittlung mit Hilfe von Stücklisten und Vorlaufzeiten vorgenommen wird ³⁾.

In der Regel führt die Bedarfsplanung auf den unteren Auflösungsstufen zu Bedarfsmengen, die sich in den einzelnen Perioden erheblich unterscheiden ⁴⁾. Dies hat zu einer Umorientierung der Lagerhaltungstheorie geführt: Das Interesse verlagert sich von den klassischen, auf der Annahme kontinuierlicher Bedarfe basierenden Lagerhaltungsmodellen ⁵⁾ auf Modelle, die periodenabhängige Bedarfe und diskrete Wiederbeschaffungstermine unterstellen ⁶⁾. Diese Modelle erfordern Annahmen, wie sich die Bedarfe innerhalb der Perioden entwickeln. Neben dem plötzlichen Abgang des Bedarfes zu Periodenbeginn ⁷⁾ werden auch gleichförmige intraperiodische Bedarfe ⁸⁾ sowie der plötzliche Abgang am Periodenende ⁹⁾ unterstellt. Wenn ein Periodenbedarf nicht zu Beginn der Periode auftritt, verursacht er unbeeinflussbare Lagerkosten. Um in einfacher Weise die aus der Existenz unbeeinflussbarer Lagerkosten resultierenden Konsequenzen erörtern zu können, werden im folgenden gleichförmig verlaufende intraperiodische Bedarfe unterstellt.

Für die beschriebene Problemstellung existiert mit dem Wagner-Whitin-Algorithmus ¹⁰⁾ ein "exaktes" Verfahren zur Bestimmung optimaler Auftragsmengen. Dieses auf der dynamischen Programmierung basierende Verfahren liefert dann das Optimum, wenn am Planungshorizont ein leeres Lager optimal ist. Trifft diese Voraussetzung nicht zu, so empfiehlt das "exakte" Verfahren möglicherweise eine Lagerhaltungspolitik, die mit heuristischen Methoden verbessert werden kann ¹¹⁾.

Empirische Untersuchungen zeigen, daß der Wagner-Whitin-Algorithmus in der Praxis kaum eingesetzt wird ¹²⁾. Die Anwendung und die anwendungsorientierte Forschung konzentrieren sich auf die näherungsweise Lösung des Entscheidungsproblems. Die dafür entwickelten Heuristiken bestimmen die zu realisierende Auftragsmenge so, daß die Zahl der in einem Auftragszyklus zusammengefaßten Perioden solange erhöht wird, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Die Heuristiken unterscheiden sich im verwendeten Abbruchkriterium.

In den frühen PPS-Systemen wurde die Methode der gleitenden wirtschaftlichen Bestellmenge verwendet ¹³⁾. Aussagefähiger ist die Bezeichnung "Least Unit Cost" (LUC), weil jene Auftragsmenge vorgeschlagen wird, die die auftragsfixen und lagerungsabhängigen Kosten pro Stück minimiert.

Das der LUC zugrundeliegende Abbruchkriterium gewichtet die Periodenbedarfe unplausibel. Eine plausible Gewichtung der Bedarfsmengen ergibt sich hingegen, wenn man einen Ausgleich der auftragsfixen und lagerungsabhängigen Kosten anstrebt ¹⁴⁾. Auf diesem Prinzip des Kostenausgleichs, das auf einer Eigenschaft der optimalen Auftragsmenge im klassischen Lagerhaltungsmodell mit gleichförmigen Bedarfen beruht, basieren die Part-Period-Methode (PPM) ¹⁵⁾ und die Least-Total-Cost (LTC)-Methode ¹⁶⁾; letztere wird auch als Cost-Balancing-Verfahren ¹⁷⁾, als Kostenausgleichsmethode (KAM) ¹⁸⁾ und als Stückperiodenausgleich ¹⁹⁾ bezeichnet. Simulationsuntersuchungen zeigen, daß sowohl PPM als auch KAM im Durchschnitt deutlich bessere Ergebnisse liefern als LUC ²⁰⁾. Die KAM wurde daher in viele PPS-Systeme aufgenommen und für die Anwendung empfohlen ²¹⁾.

Im folgenden wird gezeigt, daß verschiedene Versionen der KAM existieren, die sich u.a. in der Berücksichtigung der unbeeinflußbaren Lagerkosten unterscheiden. Aus entscheidungslogischer Sicht ergibt sich dabei folgendes Problem: Unterstellt man, daß die Bedarfe zu Periodenbeginn auftreten, so entfallen gegenüber dem klassischen Lagerhaltungsmodell Teile der Lagerkosten. Dies läßt einen Kostenausgleich nicht erstrebenswert erscheinen. Geht man von anderen intraperiodischen Bedarfsverläufen aus, so sollten in den Kostenausgleich zwischen auftragsfixen und lagerungsabhängigen Kosten auch die unbeeinflußbaren Lagerkosten einbezogen werden ²²⁾. Die bei gegebenen Bedarfen optimale Lagerhaltungspolitik ist unabhängig vom intraperiodischen Bedarfsverlauf; dieser wird aber bei Berücksichtigung unbeeinflußbarer Lagerkosten im Abbruchkriterium für die Bestimmung der Bestellpolitik relevant. Aus entscheidungstheoretischer Sicht muß es verwundern, daß unbeeinflußbare Kosten entscheidungsrelevant sein sollen ²³⁾. Damit erhebt sich die Frage, ob das Kostenausgleichsprinzip entscheidungslogisch verfehlt ist.

2. Die Varianten der Kostenausgleichsmethode

2.1. Die konventionellen Varianten

Die Periodenbildung in PPS-Systemen verhindert im allgemeinen einen exakten Ausgleich zwischen auftragsfixen Kosten und Lagerkosten. Für einen näherungsweisen Ausgleich soll die letzte Periode s eines in Periode r beginnenden Auftragszyklus möglichst gut bestimmt werden. Einem die Perioden r bis p umfassenden Zyklus sind die Stück-Perioden

$$L(r,p,a) = \sum_{j=r}^p (j-r+a) B_j \quad (1)$$

und die Lagerkosten

$k \cdot L(r,p,a)$ zugeordnet ²⁴⁾. Durch den Parameter $0 \leq a \leq 1$ wird der Bedarfsverlauf innerhalb der Perioden berücksichtigt. Die Varianten der KAM unterscheiden sich danach,

- welche Parameterwerte a verwendet werden
- wie sie den Kostenausgleich annähern und
- ob Kostenanpassungen erfolgen.

Diese Elemente werden als Grundlage einer morphologischen Klassifikation ²⁵⁾ verschiedener KAM-Versionen herangezogen.

Die konventionellen KAM-Varianten lassen die als gegeben unterstellten Kostenparameter (Auftragsfixe Kosten F bzw. Lagerkostensatz k) unverändert. Für den Parameter a werden insbesondere die Werte 0 und $1/2$ verwendet.

Der näherungsweise Kostenausgleich wird unter der Annahme

$$L(r,q-1,a) \leq F/k < L(r,q,a) \quad (2)$$

veranschaulicht. Man findet in der Literatur die Abrundung der Periodenzahl

$$s = q - 1 \quad (3)$$

ebenso wie ihre Aufrundung

$$s = q \quad (4)$$

und das Streben nach der geringstmöglichen Kostendifferenz je Auftragszyklus

$$\left| F/k - L(r,s,a) \right| = \text{Min} ((F/k - L(r,q-1,a)), (L(r,q,a) - F/k)). \quad (5)$$

Abb. 1a zeigt einen Fall, in dem (3) und (5), Abb. 1b eine Situation, in der (4) und (5) zu übereinstimmenden Bestellpolitiken führen.

Eine während eines längeren Zeitraumes entstehende Kostendifferenz könnte im Hinblick auf den über den Planungszeitraum hinweg angestrebten Kostenausgleich günstiger sein als eine kleinere Kostendifferenz während eines kürzeren Zeitraumes. Diese Periodenorientierung ²⁶⁾ führt auf KAM7 und KAM8, in denen s durch

$$\left| F/k - L(r,s,a) \right| / (s-r+1) = \text{Min}_{p \geq r} \left| (F/k - L(r,p,a)) \right| / (p-r+1) \quad (6)$$

bestimmt wird.

Durch die Periodenorientierung können lokale Minima auftreten ²⁷⁾. Während KAM7 und KAM8 s festlegen, sobald in (6) bei sukzessiver Erhöhung von p ein lokales Minimum erreicht ist, suchen KAM9 und KAM10 jeweils nach dem globalen Minimum. Selbstverständlich muß immer $x_r \geq B_r$ und der Bedarf jeder Bestellperiode $B_r > 0$ sein.

Tab. 1 leitet aus der morphologischen Klassifikation fünfzehn Varianten der KAM ab. Davon werden mindestens sechs in der Literatur dargestellt; zwei weitere, unter anderer Bezeichnung vertretene Heuristiken besitzen große Ähnlichkeit mit KAM11 und KAM12. Diese Vielfalt der KAM-Versionen ist in der Literatur bisher unbeachtet geblieben. Tab. 1 verweist auch auf die Autoren, die die einzelnen Varianten der KAM vertreten. In der deutschsprachigen Literatur erfreut sich die (3) verwendende KAM1, in der anglosächsischen Literatur die auf (5) basierende KAM5 besonderer Beliebtheit. Nach der Logik der KAM sollte (5) gegenüber den willkürlich erscheinenden Rundungen (3) und (4) Vorteile bringen.

Tab. 1 etwa hier

2.2. Ein modifiziertes Kostenausgleichsprinzip

Wenn unbeeinflussbare Lagerkosten im Abbruchkriterium nicht entscheidungslogisch korrekt berücksichtigt werden können, dann sollte versucht werden, auf sie zu verzichten. Um das Prinzip des Kostenausgleichs aufrechtzuerhalten, muß dann auch ein Teil der auftragsfixen Kosten unberücksichtigt bleiben ³⁶⁾. Dazu sind der Anteil der unbeeinflussbaren Lagerkosten an den gesamten Lagerkosten zu schätzen und die auftragsfixen Kosten um diesen Satz zu reduzieren. Die Schätzung kann man aus dem klassischen Lagerhaltungsmodell gewinnen, indem der Durchschnittsbedarf je Periode DB und daraus das durchschnittliche Intervall zwischen zwei Aufträgen

$$DI = \sqrt{(2 \cdot F) / (DB \cdot k)}$$

bestimmt wird. Die Lagerkosten gleichen in diesem Intervall den auftragsfixen Kosten F. Durch die Periodisierung werden gegenüber dem klassischen Modell Lagerkosten in Höhe von $(k \cdot DI \cdot DB) / 2$ unbeeinflussbar. Daher wird versucht, in (1) $a=0$ zu verwenden und für das Abbruchkriterium der KAM die auftragsfixen Kosten auf

$$\hat{F} = F - (k \cdot DI \cdot DB) / 2 = F - \sqrt{(F \cdot DB \cdot k) / 2} \quad (7)$$

zu reduzieren. Diese Parameteranpassung macht den Bedarfsverlauf innerhalb der Perioden und damit die unbeeinflussbaren Kosten für die Bestimmung der Lagerhaltungspolitik irrelevant und stellt damit auch für die KAM eine im Wagner-Whitin-Algorithmus sowie in der LUC gegebene Eigenschaft ³⁷⁾ her. Mit dieser Parameteranpassung erhält man in Tab. 1 fünf weitere Varianten KAM11 bis KAM15.

3. Vergleiche der Varianten der Kostenausgleichsmethode

3.1. Ein qualitativer Vergleich

Die konventionellen Versionen KAM1 bis KAM10 werden in drei Schritten gegenübergestellt. Zunächst zeigt der linke Teil der Tab. 2 die Auswirkungen dreier systematischer Verzerrungen, die man bei den einzelnen Versionen vermuten könnte. Quellen von Verzerrungen könnten

- die Vernachlässigung unbeeinflussbarer Lagerkosten durch $a=0$
- die Rundung gemäß (3) bzw. (4) sowie
- die fehlende Periodenorientierung von KAM1 bis KAM6 sein.

Aus dem linken Teil der Tab. 2 könnte man Tendenzaussagen für KAM8 und KAM10 ableiten.

Tab. 2 etwa hier

3.2. Ein analytischer Vergleich

Im zweiten Schritt werden die Varianten unter der Annahme übereinstimmender Periodenbedarfe $B_j = B$ ($\forall j=1,2,\dots,T$) analysiert. Dazu kann man die Kenngröße $F/(B \cdot k)$ bilden³⁸⁾ und untersuchen, für welche Werte dieser Kenngröße die Bedarfe von $r=1$ bis einschließlich Periode s zusammengefaßt werden sollen. Der rechte Teil der Tab. 2 gibt die Untergrenzen und Obergrenzen dieser Kenngrößen an, für die die konventionellen KAM-Versionen die Periode s empfehlen. Dabei zeigt sich, daß sich die verschiedenen Schwächen von KAM1 gegenüber KAM8 bzw. KAM10 aufheben und daß zu KAM6 nur geringe Abweichungen bestehen. Abb. 2 zeigt bei allen anderen Varianten deutliche Verzerrungen, die bisher nur für KAM5 erkannt worden sind³⁹⁾. Das Ausmaß, in dem diese Verzerrungen wirksam werden, hängt offenbar von den Werten der Kenngrößen und damit von den betrachteten Datenkonstellationen ab.

Für übereinstimmende Periodenbedarfe sollten die Grenzen in Tab. 2 eigentlich mit jenen der LUC übereinstimmen. Diese Eigenschaft erfüllen nur KAM1, KAM8 und KAM10. Dies deutet darauf hin, daß Veränderungen von KAM1 Nachteile mit sich bringen können, wenn deren Fehler nur partiell behoben werden und sich die verbleibenden Fehler nicht mehr kompensieren.

Abb. 2 etwa hier

3.3. Ein simulativer Vergleich

In einem dritten Schritt können die Heuristiken für unterschiedliche Periodenbedarfe B_j durch Simulation untersucht werden. In der Simulation wurden mit $F=1000$ und $k=1$ je 100 Datenkonstellationen zufällig aus 15 verschiedenen Parameterkonstellationen ausgewählt. Diese unterscheiden sich in Bedarfsmittelwerten (40, 80, 120, 160 oder 200 Stück je Periode) und Spannweite (30, 50, 70 % der Mittelwerte). Die den fünf Bedarfsmittelwerten entsprechenden Kenngrößen sind in Abb. 2 als vertikale Linien dargestellt. Der Planungshorizont umfaßt jeweils 200 Perioden. Tab. 3 gibt die mit den verschiedenen Verfahren durchschnittlich verbundenen Mehrkosten in Prozent der mit dem Wagner-Whitin-Algorithmus bestimmten Lösungen an. Durch Anwendung eines Multiple-Comparison-Vorzeichen-Tests ⁴⁰⁾ auf die Ergebnisse des gesamten Experiments zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen vielen Methoden, die in Abb. 3 für eine experimentbezogene Fehlerrate von 1 % klassifiziert sind.

Tab. 3, Abb. 3 etwa hier

Die teilweise überraschenden Ergebnisse zeigen, wie problematisch "theoretische", nicht durch Erfahrungen abgesicherte Methodenvergleiche sind und belegen zugleich die Bedeutung der Simulation für derartige Vergleiche ⁴¹⁾. Im Vergleich der 15 KAM-Varianten schneidet KAM1 im Durchschnitt am besten ab ⁴²⁾. Der erhebliche Unterschied zwischen KAM1 und KAM3 zeigt, daß es im betrachteten Zusammenhang keineswegs gleichgültig ist, ob willkürlich ab- oder aufgerundet wird. Die "aufrundenden" Verfahren KAM3 und KAM4 schneiden sogar signifikant schlechter als LUC ab! Daher werden falsche Vorstellungen vermittelt, wenn nach Darstellung von KAM3 die von Ohse für KAM1 erzielten Ergebnisse berichtet werden ⁴³⁾.

Bei KAM11 ist die auch KAM1 zugrundeliegende starre Abrundung wenig erfolgreich. Das gute Abschneiden von KAM1 ist also nicht auf das starre Abrunden ⁴⁴⁾, sondern die dadurch bewirkte Fehlerkompensation zurückzuführen. Die neu entwickelten Varianten KAM13, KAM14 und KAM15 schneiden zwar besser als die in der Literatur vorgeschlagenen Modifikationen ab, können die führende Position der KAM1 jedoch nicht gefährden. Bemerkenswert ist auch, daß KAM1 signifikant besser abschneidet als KAM8 bzw. KAM10, die im analytischen Vergleich als einzige Varianten "fehlerfrei" zu sein scheinen. Das gute Abschneiden von KAM1 kann u.a. darauf zurückzuführen sein, daß ein in der Bestellperiode auftretender Bedarf B_r für die Bestimmung der optimalen Auftragsmenge irrelevant ist; für alle KAM, die $a > 0$ verwenden oder die Fixkosten nach (7) anpassen, trifft dies nicht zu. Die Tatsache, daß die entscheidungslogisch wenig befriedigende KAM1 im Experiment so gut abschneidet, bestätigt die Zweifel an dem aus kontinuierlichen Lagerhaltungsmodellen übernommenen Kostenausgleichsprinzip ⁴⁵⁾.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die in Verbindung mit PPS-Systemen weithin empfohlene und angewandte Kostenausgleichsmethode besitzt methodische Schwächen. Erstmals wurde darauf aufmerksam gemacht, daß eine große Zahl im Detail unterschiedlicher Versionen existiert und daß viele dieser Versionen auf systematische Verzerrungen führen. Der Hinweis auf die Existenz unterschiedlicher Varianten der Kostenausgleichsmethode ist u. a. deshalb von Bedeutung, weil diese Vielfalt oft nicht überblickt ⁴⁶⁾ und daher nicht präzisiert wird, welche Variante der Kostenausgleichsmethode den Überlegungen zugrunde liegt ⁴⁷⁾. Durch einen nichtparametrischen Test der Ergebnisse einer Simulationsstudie können mehrere Klassen von Methoden unterschieden werden, die sich signifikant unterscheiden. Am besten schneidet mit KAM1 jene Version ab, mit der 1968 erstmals ein Kostenausgleich angestrebt wurde, obwohl dieses Verfahren einige Inplausibilitäten aufweist.

Diese Ergebnisse stimmen nachdenklich. Zahlreiche Autoren haben die vor mehr als 15 Jahren vorgeschlagene KAM1 in verschiedener Weise verändert. Schließt man "Übertragungsfehler" aus, so müssen die Autoren "theoretische" Plausibilitätsüberlegungen ⁴⁸⁾ angestellt und sich deshalb gegen KAM1 entschieden haben. Die vorliegende Studie zeigt, wie irreführend vordergründige Plausibilitäts Gesichtspunkte sein können: Wissenschaftlich ernst zu nehmende Heuristiken erfordern auch den Nachweis ihrer Zweckmäßigkeit durch Tests ⁴⁹⁾. Darunter kann man sicherlich nicht die Vorlage eines oder einiger weniger Beispiele verstehen, in denen eine Heuristik gut abschneidet: Die Verwendung z.B. des nur 25, sehr untypische Beispiele mit kurzem Planungshorizont umfassenden "Test-Sets" von Berry ⁵⁰⁾ zur Beurteilung der Qualität von Lagerhaltungsheuristiken ⁵¹⁾ kann wissenschaftlich nicht ernst genommen werden ⁵²⁾.

Ebenso bedenklich wie die Fehlentwicklungen im Bereich der Kostenausgleichsmethoden ist, daß andere Methoden signifikant besser als die beste Kostenausgleichsmethode KAM1 abschneiden. In der Simulation liefern die periodenorientierten Heuristiken von Silver/Meal und Groff ⁵³⁾ die besten Ergebnisse. Dies mag darauf zurückzuführen sein, daß diese Verfahren Zielfunktionen verwenden, die jener des klassischen Lagerhaltungsmodells am nächsten kommen. Da die Heuristik von Groff auch rechentechnisch besonders einfach ist, könnte sie eine praxisnahe Empfehlung der Lagerhaltungstheorie für die Bedarfsrechnung in PPS-Systemen sein. Diese Heuristik wurde meines Wissens in der deutschsprachigen Literatur überhaupt nicht und in der anglosächsischen kaum zur Kenntnis genommen worden ⁵⁴⁾. Die Betriebswirtschaftslehre erhebt zwar den Anspruch, eine Beratungsaufgabe für die Praxis wahrzunehmen, wird diesem Anspruch aber oft nicht gerecht: Statt schlüssiger Vergleiche und der Abgabe von Handlungsempfehlungen konfrontiert sie den Anwender mit einer Flut unsinniger Verfahrensvarianten, von der sich Praktiker verständlicherweise mit Kopfschütteln abwenden.

Die Unterschiede in den Kosten der einzelnen Verfahren sind gering ⁵⁵⁾. Für die praktische Anwendung mögen die Unterschiede trotz ihrer statistischen Signifikanz nicht sehr bedeutungsvoll sein. Orlicky empfiehlt, irgendeine der von ihm dargestellten Heuristiken anzuwenden ⁵⁶⁾. Für diese Aussage empfindet man Verständnis, wenn man sich der erheblichen Probleme bei der Bestimmung der Kostenparameter in Lagerhaltungsmodellen ⁵⁷⁾ bewußt ist. Sie resultieren u.a. daraus, daß in Lagerhaltungsmodellen wesentliche Interdependenzen vernachlässigt werden müssen und diese Aspekte (z.B. beschränkte Kapazitäten und mehrstufige Produktion bei Eigenfertigung, Planrevisionen bei rollierender Planung) durch Opportunitätskosten berücksichtigt werden sollten ⁵⁸⁾. Aus dieser Sicht kommt der Bedarfsplanung eher die Aufgabe zu, umfangreiches Datenmaterial einigermaßen plausibel zu verarbeiten ⁵⁹⁾ als ein von praktisch unbestimmbaren Kostenparametern determiniertes Optimum anzunähern.

AnhangSymbolverzeichnis:

a	... Parameter zur Berücksichtigung der unbeeinflussbaren Lagerkosten
B_j	... Bedarf in Periode j
DB	... Durchschnittlicher Bedarf
DI	... Durchschnittliches Intervall zwischen 2 Aufträgen
F	... Auftragsfixe Kosten
\hat{F}	... Reduzierte auftragsfixe Kosten
j,p,q	... Periodenindices
k	... Lagerkosten je Stück und Periode
L	... Stück-Perioden-Funktion
r	... Erste Periode des Bestellzyklus
s	... Letzte Periode des Bestellzyklus
T	... Planungshorizont
x_r	... Auftragsmenge zum Zeitpunkt r

Parameter	Abbruchkriterium				
	(3)	(4)	(5)	(6) lokal	(6) global
$a = 0$	KAM1 ²⁸⁾	KAM3 ³⁰⁾	KAM5 ³²⁾	KAM7	KAM9
$a = 1/2$	KAM2 ²⁹⁾	KAM4 ³¹⁾	KAM6 ³³⁾	KAM8	KAM10
$a=0, \hat{F}$ nach (7)	KAM11 ³⁴⁾	KAM12 ³⁵⁾	KAM13	KAM14	KAM15

Tab. 1: Varianten der Kostenausgleichsmethode

	Vernachlässigung unbeeinflubarer Lagerkosten	Starre Rundung	Fehlende Perioden- orientierung	Unter- grenze	Ober- grenze
				für $F/(B.k)$	
KAM1	+	-	-	$(s-1)s/2$	$s(s+1)/2$
KAM2		-	-	$s^2/2$	$(s+1)^2/2$
KAM3	+	+	-	$(s-2)(s-1)/2$	$(s-1)s/2$
KAM4		+	-	$(s-1)^2/2$	$s^2/2$
KAM5	+		-	$(s-1)^2/2$	$s^2/2$
KAM6			-	$(s-1)^2+s^2)/4$	$(s^2+(s+1)^2)/4$
KAM7, KAM9	+			$(s-1)s(2s-3)/2(2s-1)$	$s(s+1)(2s-1)/2(2s+1)$
KAM8, KAM10				$(s-1)s/2$	$s(s+1)/2$

Tab. 2: Vergleich der konventionellen Varianten der Kostenausgleichsmethode

Legende: + ... Einflußgröße kann überhöhte Auftragsmengen, Lagerbestände und Lagerkosten bewirken
 - ... Einflußgröße kann niedrige Auftragsmengen, Lagerbestände und überhöhte auftragsfixe Kosten bewirken

Methode	Mittlerer Anstieg der relevanten Kosten in % gegenüber der mit dem Wagner-Whitin-Algorithmus erzielten Lösung
Silver/Meal	1,15
Groff	1,16
KAM1	2,50
KAM13	3,25
KAM6	3,32
KAM14	3,35
KAM15	3,35
KAM11	3,38
KAM8	3,40
KAM10	3,40
KAM2	3,49
KAM5	4,15
KAM7	4,47
KAM9	4,47
LUC	4,55
KAM12	5,39
KAM4	5,45
KAM3	7,43

Tab. 3: Simulationsergebnisse zum Vergleich von 15 Kostenausgleichsmethoden, LUC sowie der Heuristiken von Silver/Meal und Groff

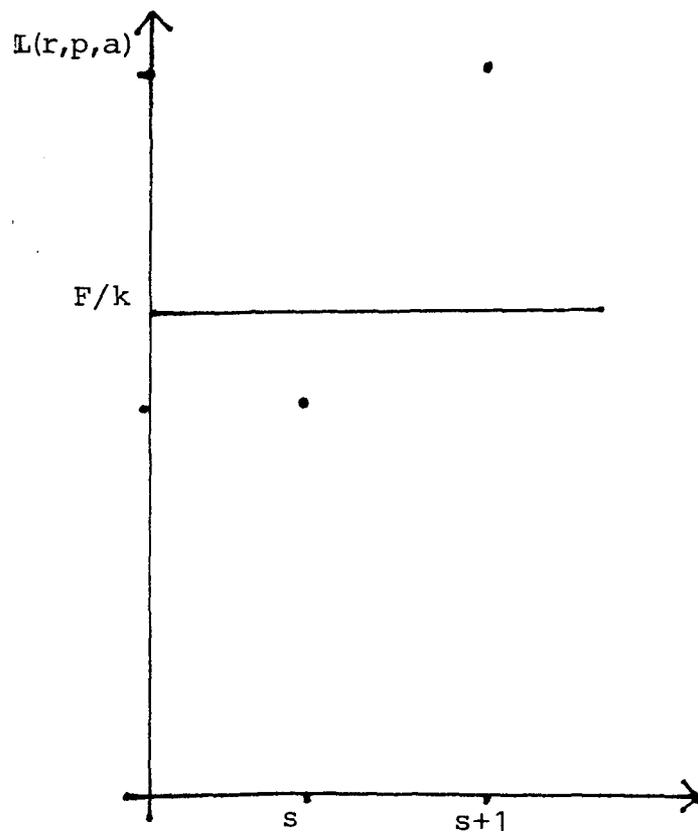


Abb. 1 a

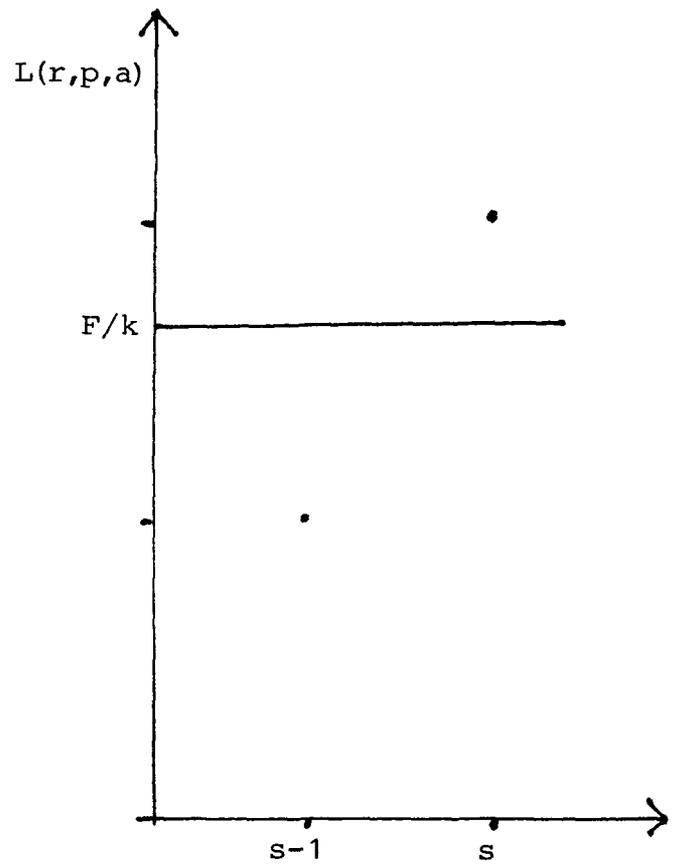


Abb. 1 b

Abb. 1: Kostenausgleich im diskreten Lagerhaltungsmodell

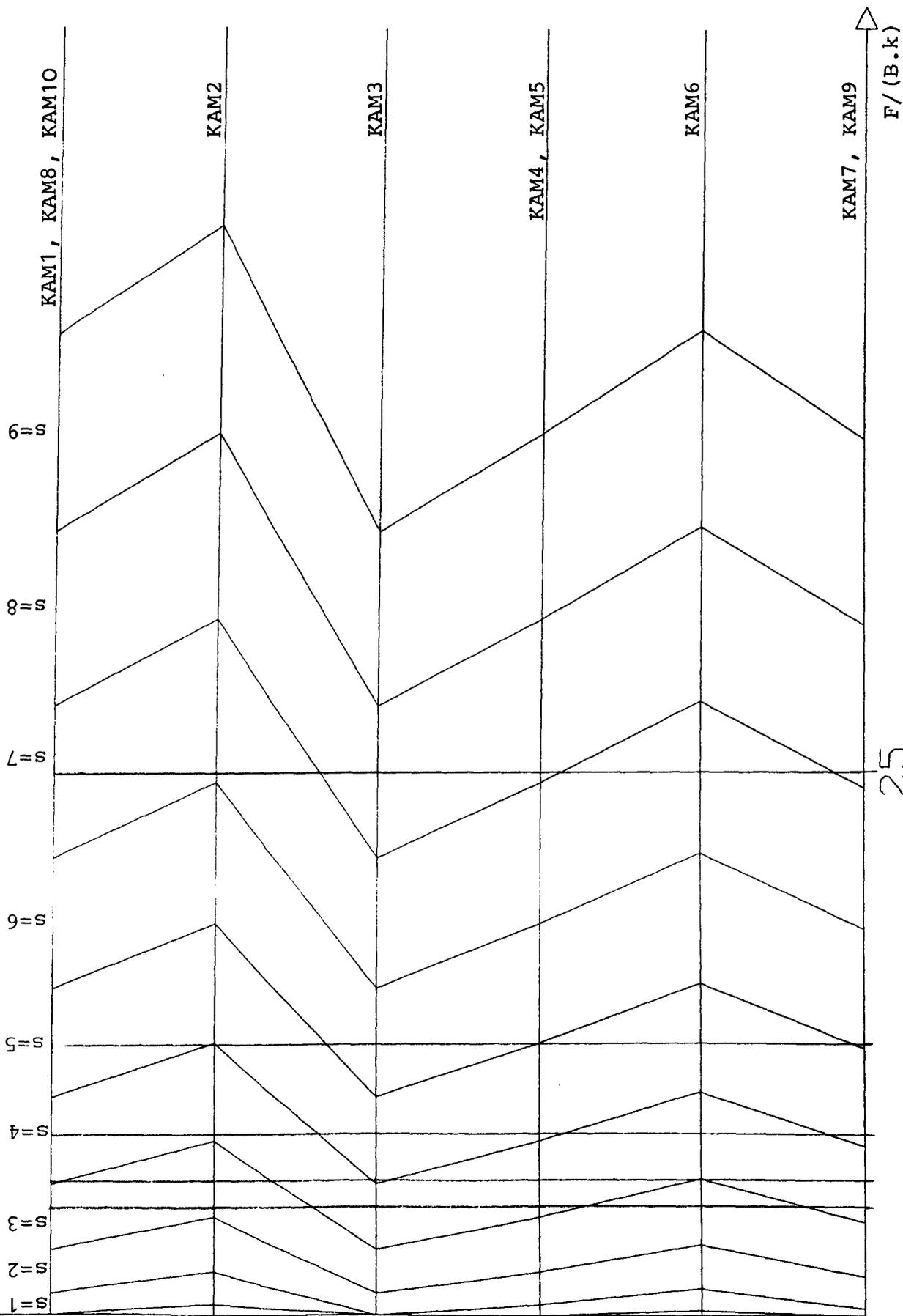


Abb. 2: Vergleich der Zykluslängen konventioneller KAM-Varianten bei gleichförmigem Bedarf

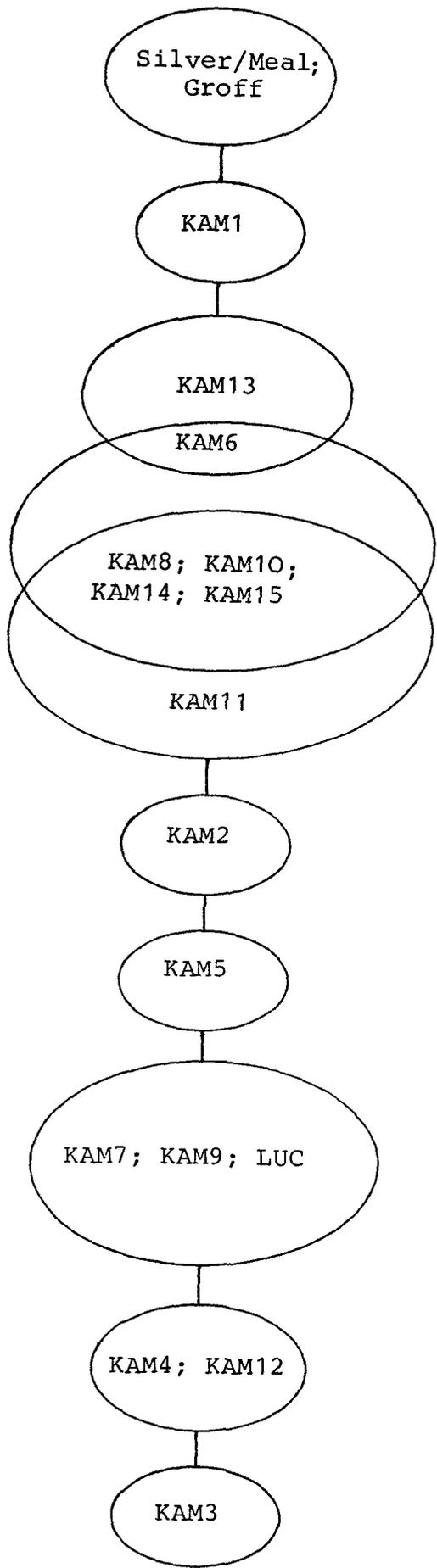


Abb. 3: Reihung von Lagerhaltungsheuristiken in Klassen mit ähnlicher bzw. signifikant unterschiedlicher Lösungsqualität

Die sich überlappenden Ellipsen sollen andeuten, daß z.B. zwischen KAM13 und KAM14, nicht aber zwischen KAM13 und KAM6 bzw. zwischen KAM6 und KAM14 signifikante Unterschiede bestehen.

Fußnoten

1. Vgl. z.B. Scheer (1983 a); Scheer (1983 b); Hackstein (1984).
2. Vgl. etwa Gray/Landvater (1981); Scheer (1983 a), S. 166.
3. Vgl. etwa Trux (1972), S. 427 ff; Scheer (1978), S. 188 ff; Zäpfel (1982), S. 212 ff.
4. Vgl. insbes. Orlicky (1975), S. 22 ff; Monks (1982), S. 492.
5. Vgl. etwa Hadley/Whitin (1963); Naddor (1971).
6. Diese Umorientierung wird von Andersson (1981), S. 24 f als Paradigmawechsel bezeichnet.
7. Vgl. z.B. Popp (1968), S. 59; Ohse (1970), S. 85; Naddor (1971), S. 121; Glaser (1973), S. 68; Glaser (1974), Sp. 518; Glaser (1975), S. 535; Tersine (1976), S. 117; Freeland/Colley (1982), S. 16; Dilworth (1983), S. 255; Deis (1983), S. 140.
8. Vgl. z.B. Schmidt (1966), S. 24 f; Trux (1969), S. 961; Berry (1972), S. 24; Trux (1972), S. 325 ff; Glaser (1973), S. 56; Steiner (1975), S. 31; Steiner (1977); Grochla (1978), S. 87; Harlander/Platz (1978), S. 227; Groff (1979), S. 48 ff; Buffa (1980), S. 331; Gaither (1981), S. 77; Arnolds/Heege/Tussing (1982), S. 81; Oeldorf/Olfert (1983), S. 222 f.
9. Vgl. Glaser (1973), S. 63.
10. Wagner/Whitin (1958).
11. Vgl. DeMatteis (1968), S. 37 f.
12. Vgl. insbes. Wemmerlov (1979), S. 40; Mertens (1983 a), S. 103.
13. Vgl. z.B. IBM (1966), S. 9 ff; Hackstein (1984), S. 169.
14. Mendoza (1968), S. 46.
15. Vgl. DeMatteis (1968); Mendoza (1968).

16. Vgl. etwa Orlicky (1975), S. 127 ff. - Während z.B. Burcher (1981), S. 333; Peterson/Silver (1979), S. 327; Buffa (1980), S. 330 ff; Tersine (1980), S. 550 zwischen PPM und den anderen genannten Methoden nicht trennen, sehen z.B. Orlicky (1975), S. 127 ff und Tersine (1976), S. 117 ff den Unterschied in einem zusätzlichen "Refinement" der PPM. Dabei werden die aus dem Kostenausgleichsprinzip resultierenden Bestellzeitpunkte unter bestimmten Voraussetzungen verändert. Offenbar existiert eine große Zahl derartiger Veränderungsmöglichkeiten, die überdies mit allen Basis-Heuristiken verknüpft werden können. Orlicky (1975), S. 131 f sowie Student (1975), S. 90 f kritisieren das in die PPM aufgenommene Refinement, das von IBM später auch gegenüber dem ursprünglichen Vorschlag modifiziert wurde (Wemmerlöv (1981), S. 104); die deutschsprachige Literatur stellt es kaum dar und macht damit keinen Unterschied zwischen PPM und Kostenausgleichsmethode. Das Refinement der PPM wird daher im folgenden vernachlässigt.
17. Vgl. etwa Ohse (1970), S. 86; Schneefeld (1978), S. 60 ff.
18. Vgl. etwa Arnolds/Heege/Tussing (1982), S. 82 f; Oeldorf/Olfert (1983), S. 233.
19. Vgl. etwa Scheer (1978), S. 197.
20. DeMatteis (1968), S. 36 ff; Ohse (1970).
21. Vgl. IBM (1974), S. 76; Wemmerlov (1979), S. 41; Scheer (1976), S. 198 f; Dilworth (1983), S. 255. - Offenbar in Unkenntnis dieses Sachverhalts empfehlen auch einige neuere Arbeiten immer noch LUC; vgl. z.B. Kochhar (1979), S. 133 f; Geitner (1980), S. 224; Geitner (1983), S. 212.
22. Vgl. Olivier (1977), S. 213: "Nicht ganz überzeugend ist, daß dabei die Lagerhaltungskosten des Materials in der Periode, in der es verbraucht wird, außer Ansatz bleiben"; Mertens (1983 a), S. 128²²: "Gibt man die Prämisse, daß die Entnahme zu Beginn einer Periode erfolgt, auf und nimmt für jede Periode einen konstanten Lagerabgang an, so erhöht sich die Lagerdauer in dieser und den übrigen Formeln für jeden Periodenbedarf um eine halbe Periode."
23. Nach der von Hummel/Männel (1980), S. 79 verwendeten Definition stimmen beeinflussbare und relevante Kosten überein: "Zukünftige Kosten, die für mehrere Entscheidungsalternativen gemeinsam anfallen, stellen keine relevanten (=alternativenspezifischen) Kosten dar."
24. Im Anhang findet sich ein Symbolverzeichnis.
25. Zur Bedeutung der morphologischen Klassifikation für die Konstruktion von Heuristiken vgl. insbes. Müller-Merbach (1976).
26. Periodenorientiert sind z.B. die von Silver/Meal (1973); Groff (1979) vorgeschlagenen Lagerhaltungsheuristiken.

27. Dies ist auch bei der Silver/Meal-Heuristik (1973) möglich; vgl. Silver/Meal (1973), S. 72.
28. Vgl. DeMatteis (1968), S. 31; Mendoza (1968), S. 39; Ohse (1970), S. 86; Zäpfel (1970), S. 201; Glaser (1973), S. 112; Glaser (1974), Sp. 519; IBM (1974), S. 78; VDI (1974), S. 68 f; Glaser (1975), S. 536; Tersine (1976), S. 117 f; Kurbel (1978), S. 159 ff; Schneefeld (1978), S. 63 ff; Bach/Glaser (1979), S. 16 f; Halevi (1980), S. 165 ff; Schirmer (1980), S. 159; Tersine (1980), S. 550 f; Bichler (1981), S. 97; Burcher (1981), S. 334; Schneeweiß (1981), S. 60; Adam/Ebert (1982), S. 530 f; Zäpfel (1982), S. 209 in der verbalen, nicht aber in der formelmäßigen Darstellung; Kurbel (1983), S. 69 f; Mertens (1983 a), S. 102 f.
29. Vgl. Glaser (1973), S. 109 f; Dilworth/Lowe (1980), S. 85 ff; Mertens (1983 a), S. 102 f in Verbindung mit S. 128²².
30. Vgl. Scheer (1976), S. 106; McLaren (1977), S. 39; Olivier (1977), S. 213 f; Scheer (1978), S. 197; Hochstädter (1979), S. 102; Scheer (1980), S. 10 f.
31. Vgl. Heß-Kinzer (1976), S. 151 sowie General Electric (1969), S. 102 ff; Olivier (1977), S. 213 f.
32. Vgl. Gorham (1968), S. 76; Theisen (1974), S. 4 f; Wight (1974), S. 173 f; Orlicky (1975), S. 127 ff; Wemmerlöv (1978), S. 97; Blackburn/Millen (1979), S. 44; Buffa/Miller (1979), S. 179 f; Peterson/Silver (1979), S. 327 f; Wemmerlöv (1981), S. 103; Zäpfel (1982), S. 209 in der formelmäßigen, nicht aber in der verbalen Darstellung; Dilworth (1983), S. 255 ff; Mitra/Cox/Blackstone/Jesse (1983), S. 474 f; Deis (1983), S. 140 f.
33. Vgl. Berry (1972), S. 24; Silver/Meal (1973), S. 69; Buffa (1980), S. 330 ff; Arnolds/Heege/Tussing (1982), S. 83; Oeldorf/Oifert (1983), S. 223.
34. In ihrer Beschreibung der auf McLaren (1977) zurückgehenden Order-Moment-Methode OMI unterstellen Lambrecht/Vander Eecken/Vanderveken (1983), S. 36 im Gegensatz zur Originalarbeit eine Abrundung. Vgl. auch Fußnote 35.
35. Eine ähnliche Vorgangsweise liegt der von McLaren (1977), S. 102 ff vorgeschlagenen Order-Moment-Methode OMI zugrunde. Diese weist allerdings neben der permanenten Aufrundung weitere systematische Verzerrungen bei der Berechnung der kritischen Part-Periods auf.
36. Entscheidungslogisch weniger plausibel und rechenaufwendiger ist der von Wemmerlöv (1981), S. 104 gewählte Weg, bei unveränderten auftragsfixen Kosten den Lagerkostensatz datenabhängig zu erhöhen.
37. Vgl. etwa Glaser (1973), S. 73 ff.

38. Die Bedeutung dieser als Lot-Sizing-Index bezeichneten Kenngröße betonen auch Blackburn/Millen (1979), S. 43 ff.
39. Zu Verzerrungen bei KAM5 vgl. Orlicky (1975), S. 128 f; Blackburn/Millen (1979), S. 45; Mitra/Cox/Blackstone/Jesse (1983), S. 475; Knolmayer (1984 a).
40. Vgl. z.B. Miller (1981), S. 138 ff.
41. Vgl. Knolmayer (1983).
42. Zu Details vgl. Knolmayer (1984 a).
43. So Olivier (1977), S. 214; Scheer (1978), S. 198.
44. Vgl. auch Student (1975), S. 89: "The decision to always round down is, of course, also in error."
45. Vgl. auch Brown (1977), S. 232 f: "One common fallacy argues ... that the minimum total cost must be where the cost to acquire is equal to the cost to hold. This coincidence ... is not true in general, especially when usage is not uniform, so that the average inventory is not half the lot size."
46. Statt vieler Schneeweiß (1982), S. 68: "Für dieses ... Modell existieren zwei (!) approximierende Heuristiken, nämlich das Kostenabgleich-Verfahren und das Verfahren der gleitenden Losgröße."
47. Vgl. insbes. Lambrecht/Vander Eecken/Vanderveken (1981), S. 82: "Application of these heuristics is straightforward and needs no further explanation." Angaben fehlen z.B. auch bei Biggs (1979); Biggs/Hahn/Pinto (1980); Collier (1980); Gaither (1981); Karni (1981); Goodman/Janaro/Brechtel (1982).
48. Adam (1980), S. 147 erhebt "Plausibilität" zu einer konstitutiven Eigenschaft von Heuristiken.
49. So z.B. auch Adam (1980), S. 148.
50. Vgl. Berry (1972), S. 27 ff.
51. So etwa Berry (1972), S. 26 ff; Silver/Meal (1973), S. 68 ff; Groff (1979), S. 50 ff; Karni (1980), S. 32 ff; Gaither (1981), S. 83 ff; Freeland/Colley (1982), S. 17 ff; Mitra/Cox/Blackstone/Jesse (1983), S. 475 ff.
52. Vgl. Lowerre (1975), S. 42 ff; Blackburn/Millen (1979), S. 43; Knolmayer (1984 b).
53. Silver/Meal (1973); Groff (1979).
54. Nur Wemmerlöv (1982), S. 11.4.23 hebt sie als "good and simple rule" hervor.

55. Größere Unterschiede erhält man bei $F=1000$ und $k=1$ z.B. für einen Bedarfsmittelwert von 800, weil sich in diesem Fall sehr kurze Auftragszyklen und damit deutlichere Verzerrungen ergeben. Die in Abb. 3 dargestellte Reihung verändert sich aber nur bei ohnedies schlechten Varianten (z.B. bei KAM2), während die Reihung der besten Verfahren unverändert bleibt.
56. Orlicky (1975), S. 137.
57. Vgl. z.B. Gardner (1980).
58. In der Literatur wird neuerdings versucht, die zahlreichen in Lagerhaltungsmodellen vernachlässigten Interdependenzen durch Anpassung von Kostenparametern zu berücksichtigen; vgl. etwa Carlson/Jucker/Kropp (1979); Schneeweiß (1979); Schneeweiß (1981), S. 70 ff; Blackburn/Millen (1982); Lambrecht/Vander Eecken/Vanderveken (1983), S. 35 ff.
59. Ähnlich Mertens (1983 b), S. 483 für die betriebliche Anwendung von Prognoseverfahren.

Literaturhinweise

Adam, D., Kurzlehrbuch Planung, 1980.

Adam, Jr., E.E., Ebert, R.J., Production and Operations Management, 2nd ed., 1982.

Andersson, J., A framework for distributed computerized inventory control systems, in: A. Chikán (Ed.), The Economics and Management of Inventories, Part B, 1981, S. 23 - 33.

Arnolds, H., Heege, F., Tussing, W., Materialwirtschaft und Einkauf, 3. Aufl., 1982.

Bach, W., Glaser, H., Materialwirtschaft, Produktion und Personalwesen, 2. Aufl., 1979.

Berry, W.L., Lot Sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis, in: Production & Inventory Management 13 (1972), Nr. 2, S. 19 - 34.

Bichler, K., Beschaffungs- und Lagerwirtschaft, 1981.

Biggs, J.R., Heuristic Lot-Sizing and Sequencing Rules in a Multistage Production-Inventory System, in: Decision Sciences 10 (1979), S. 96 - 115.

Biggs, J.R., Hahn, C.K., Pinto, P.A., Performance of Lot-Sizing Rules In an MRP System With Different Operating Conditions, in: Academy of Management Review 5 (1980), S. 89 - 96.

Blackburn, J.D., Millen, R.A., Selecting a Lot-Sizing Technique for a Single-Level Assembly Process: Part I - Analytical Results, in: Production & Inventory Management 20 (1979), Nr. 3, S. 42 - 48.

Blackburn, J.D., Millen, R.A., Improved Heuristics for Multi-Stage Requirements Planning Systems, in: Management Science 28 (1982), S. 44 - 56.

Brown, R.G., Materials Management Systems, 1977.

Buffa, E.S., Modern production/operations management, 6th ed., 1980.

Buffa, E.S., Miller, J.G., Production-Inventory Systems: Planning and Control, 3rd ed., 1979.

Burcher, P.G., Material Requirements Planning, in: C.D. Lewis (Ed.), Operations Management in Practice, 1981, S. 317 - 342.

Carlson, R.C., Jucker, J.V., Kropp, D.H., Less Nervous MRP Systems: A Dynamic Economic Lot-Sizing Approach, in: Management Science 25 (1979), S. 754 - 761.

Collier, D.A., The Interaction of Single-Stage Lot Size Models in a Material Requirements Planning System, in: Production & Inventory Management 21 (1980), Nr. 4, S. 11 - 20.

- Deis, P., Production and Inventory Management in the Technological Age, 1983.
- DeMatteis, J.J., An economic lot-sizing technique I, The part-period algorithm, in: IBM Systems Journal 7 (1968), S. 30 - 38.
- Dilworth, J.B., Production and Operations Management, 2nd ed., 1983.
- Dilworth, J.B., Lowe, T.H., A Part-Period Algorithm for Production Lot Sizing, in: Production & Inventory Management 21 (1980), Nr. 2, S. 84 - 91.
- Freeland, J.R., Colley, Jr., J.L., A Simple Heuristic Method For Lot Sizing in a Time-Phased Reorder System, in: Production & Inventory Management 23 (1982), Nr. 1, S. 15 - 22.
- Gaither, N., A Near-Optimal Lot-Sizing Model for Material Requirements Planning Systems, in: Production & Inventory Management 22 (1981), Nr. 4, S. 75 - 89.
- Gardner, Jr., E.S., Inventory Theory and the Gods of Olympus, in: Interfaces 10 (1980), Nr. 4, S. 42 - 45.
- Geitner, U.W., EDV-Gesamtplanung für Produktionsbetriebe, 1980.
- Geitner, U.W., Betriebsinformatik für Produktionsbetriebe, Teil 1, Grundlagen, 1983.
- General Electric (Ed.), General Electric Inventory Management System, XCPB-1545, 1969.
- Glaser, H., Zur Bestimmung kostenoptimaler Bestellmengen bei deterministisch gleichbleibendem und deterministisch schwankendem Bedarf, Diss. Köln 1973.
- Glaser, H., Beschaffungsplanung, in: E. Grochla, W. Wittmann (Hrsg.), Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 4. Aufl., 1974, Sp. 512 - 523.
- Glaser, H., Verfahren zur Bestimmung wirtschaftlicher Bestellmengen bei schwankendem Materialbedarf, in: Angewandte Informatik 17 (1975), S. 534 - 542.
- Goodman, S.H., Janaro, R.E., Brechtel, D.L., The Effects of Demand Patterns on Requirements Planning Lot Sizing Methods, in: American Institute for Decision Sciences (Ed.), Proceedings 14th Annual Meeting, Volume 2, 1982, S. 82 - 84.
- Gorham, T., Dynamic Order Quantities, in: Production & Inventory Management 9 (1968), Nr. 1, S. 75 - 81.
- Gray, C., Landvater, D., MRP II Software: The History, The Problems, The Future, in: Computerworld In Depth, 5.10.1981, S. 15 - 31.
- Grochla, E., Grundlagen der Materialwirtschaft, 3. Aufl., 1978.

- Groff, G.K., A Lot Sizing Rule for Time-Phased Component Demand, in: Production & Inventory Management 20 (1979), Nr. 1, S. 47 - 53.
- Hackstein, R., Produktionsplanung und -steuerung (PPS), 1984.
- Hadley, G., Whitin, T.M., Analysis of Inventory Systems, 1963.
- Halevi, G., The Role of Computers in Manufacturing Processes, 1980.
- Harlander, N., Platz, G., Beschaffungsmarketing und Materialwirtschaft, 1978.
- Heß-Kinzer, D., Produktionsplanung und -steuerung mit EDV, 1976.
- Hochstädter,, D., Lagerhaltung, in: M.J. Beckmann, G. Menges, R. Selten (Hrsg.), Handwörterbuch der Mathematischen Wirtschaftswissenschaften, Band 3, Unternehmensforschung, 1979, S. 95 - 109.
- Hummel, S., Männel, W., Kostenrechnung 1, 2. Aufl., 1980.
- IBM (Hrsg.), Lagerdisposition mit MINCOS auf IBM System/360, IBM-Form 80630-1, 1966.
- IBM (Hrsg.), COPICS, Kapitel 5: Materialplanung und -steuerung, IBM-Form GE12-1233-1, 1974.
- Karnf, R., A Uniform Order Quantity (UOQ) Lot Sizing Technique for Varying Demand Rates, in: Production & Inventory Management 21 (1980), Nr. 3, S. 29 - 36.
- Karni, R., Maximum Part-Period Gain (MPG) - A Lot Sizing Procedure für Unconstrained and Constrained Requirements Planning Systems, in: Production & Inventory Management 22 (1981), Nr. 2, S. 91 - 98.
- Knolmayer, G., Die Simulation als Instrument zur Gestaltung computergestützter Planungssysteme - Literaturübersicht und Schlußfolgerungen, in: Angewandte Informatik 25 (1983), S. 25 - 33.
- Knolmayer, G., Ein Vergleich von 32 "praxisnahen" Lagerhaltungsheuristiken, Manuskripte aus dem Institut für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Kiel 1984 a (erscheint demnächst).
- Knolmayer, G., LTC2: Only a first step in the right direction, Manuskript Nr. 143 aus dem Institut für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Kiel 1984 b.
- Koch, H., Die betriebswirtschaftliche Theorie als Handlungsanalyse, in: G. v. Kortzfleisch (Hrsg.), Wissenschaftsprogramm und Ausbildungsziele der Betriebswirtschaftslehre, 1971, S. 61 - 78.
- Kochhar, A.K., Development of Computer-Based Production Systems, 1979.

Kurbel, K., Simultane Produktionsplanung bei mehrstufiger Serienfertigung, 1978.

Kurbel, K., Software Engineering im Produktionsbereich, 1983.

Lambrecht, M.R., Vander Eecken, J., Vanderveken, H., Review of Optimal and Heuristic Methods for a Class of Facilities in Series Dynamic Lot-Size Problems, in: L.B. Schwarz (Ed.), Multi-Level Production/Inventory Control Systems: Theory and Practice, 1981, S. 69 - 94.

Lambrecht, M.R., Vander Eecken, J., Vanderveken, H., A Comparative Study of Lot Sizing Procedures for Multi-Stage Assembly Systems, in: OR Spektrum 5 (1983), S. 33 - 43.

Lowerre, Jr., W.M., Lot Size Rules, A One Act Play, in: Production & Inventory Management 16 (1975), Nr. 2, S. 41 - 50.

McLaren, B.J., A Study of Multiple Level Lot Sizing Procedures for Material Requirements Planning Systems, Diss. Purdue University, 1977.

Mendoza, A.G., An economic lot-sizing technique II, Mathematical analysis of the part-period algorithm, in: IBM Systems Journal 7 (1968), S. 39 - 46.

Mertens, P., Industrielle Datenverarbeitung, Band I, Administrations- und Dispositionssysteme, 5. Aufl., 1983 a.

Mertens, P., Prognoserechnung - ein Überblick, in: BFuP 35 (1983 b), S. 469 - 483.

Miller, Jr., R.G., Simultaneous Statistical Inference, 2nd ed., 1981.

Mitra, A., Cox, J.F., Blackstone, Jr., J.H., Jesse, Jr., R.R., A re-examination of lot sizing procedures for requirements planning systems: some modified rules, in: International Journal of Production Research 21 (1983), S. 471 - 478.

Monks, J.G., Operations Management, 2nd ed., 1982.

Müller-Merbach, H., Morphologie heuristischer Verfahren, in: ZOR 20 (1976), S. 69 - 87.

Naddor, E., Lagerhaltungssysteme, 1971.

Oeldorf, G., Olfert, K., Materialwirtschaft, 3. Aufl., 1983.

Ohse, D., Näherungsverfahren zur Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge bei schwankendem Bedarf, in: elektronische datenverarbeitung 12 (1970), S. 83 - 88.

Olivier, G., Material- und Teiledisposition, 1977.

Orlicky, J., Material Requirements Planning, 1975.

Peterson, R., Silver, E.A., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, 1979.

Popp, W., Einführung in die Theorie der Lagerhaltung, 1968.

Scheer, A.-W., Produktionsplanung auf der Grundlage einer Datenbank des Fertigungsbereichs, 1976.

Scheer, A.-W., Wirtschafts- und Betriebsinformatik, 1978.

Scheer, A.-W., Elektronische Datenverarbeitung und Operations Research im Produktionsbereich - zum gegenwärtigen Stand von Forschung und Anwendung, in: OR Spektrum 2 (1980), S. 1 - 22.

Scheer, A.-W., DV-gestützte Planungs- und Informationssysteme im Produktionsbereich, in: R. Kay (Hrsg.), Management betrieblicher Informationsverarbeitung, 1983 a, S. 165 - 188.

Scheer, A.-W., Stand und Trends der computergestützten Produktionsplanung und -steuerung (PPS) in der Bundesrepublik Deutschland, in: ZfB 53 (1983 b), S. 138 - 155.

Schirmer, A., Dynamische Produktionsplanung bei Serienfertigung, 1980.

Schmidt, H., Lagerhaltung und Simulation, in: IBM Nachrichten 16 (1966), S. 17 - 27.

Schneefeld, W., Die wirtschaftliche Bestellmenge, 1978.

Schneeweiß, C., Zur Problematik der Kosten in Lagerhaltungsmodellen, in: ZfB 49 (1979), S. 1 - 17.

Schneeweiß, C., Modellierung industrieller Lagerhaltungssysteme, 1981.

Schneeweiß, C., Industrielle Lagerhaltungsmodelle - eine modellierungstheoretische Übersicht, in: OR Spektrum 4 (1982), S. 63 - 77.

Silver, E.A., Meal, H.C., A Heuristic for Selecting Lot Size Quantities for the Case of a Deterministic Time-Varying Demand Rate and Discrete Opportunities for Replenishment, in: Production & Inventory Management 14 (1973), Nr. 2, S. 64 - 74.

Steiner, J., Optimale Bestellmengen bei variablem Bedarfsverlauf, 1975.

Steiner, J., Lagerhaltungsmodelle bei variablem Periodenbedarf: Eine kritische Analyse und Erweiterungen praktisch eingesetzter Verfahren, in: Angewandte Informatik 19 (1977), S. 415 - 421.

Student, A Note on the Part-Period-Balancing Method of Determining an EOQ, in: Production & Inventory Management 16 (1975), Nr. 2, S. 88 - 91.

Tersine, R.J., Materials Management and Inventory Systems, 1976.

Tersine, R.J., Production/Operations Management, 1980.

Theisen, Jr., E.C., "New Game in Town - The MRP Lot Size!", in: Production & Inventory Management 15 (1974), Nr. 2, S. 1 - 13.

Trux, W.R., Bestellrechnung, in: Management-Enzyklopädie, Erster Band, 1969, S. 946 - 964.

Trux, W.R., Einkauf und Lagerdisposition mit Datenverarbeitung, 2. Aufl., 1972.

VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (Hrsg.), Elektronische Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung und -steuerung IV, Materialbestands- und -bestellrechnung, 1974.

Wagner, H.M., Whitin, T.M., Dynamic version of the economic lot size model, in: Management Science 5 (1958), S. 89 - 96.

Wemmerlöv, U., Aspekter på partiiformning i samband med materialbehovsplanering (MRP), Institutionen för Industriell Organisation, Lunds Tekniska Högskola, 1978.

Wemmerlov, U., Lot Sizing in MRP Systems: Research and Application, in: Scandinavian Journal of Materials Administration 5 (1979), Nr. 3, S. 16 - 45.

Wemmerlöv, U., The Part-Period Balancing Algorithm and its Look Ahead-Look Back Feature: A Theoretical and Experimental Analysis, in: American Institute for Decision Sciences (Ed.), Proceedings 13th Annual Meeting, Volume 2, 1981, S. 103 - 105.

Wemmerlöv, U., Inventory Management and Control, in: G. Salvendy (Ed.), Handbook of Industrial Engineering, 1982, S. 11.4.1 - 11.4.23.

Wight, O.W., Production and Inventory Management in the Computer Age, 1974.

Züpfel, G., Entscheidungsprobleme bei der Beschaffung von Stoffen für ein gegebenes Fertigungsprogramm, Diss. Karlsruhe 1970.

Züpfel, G., Produktionswirtschaft, 1982.