

Dimensionierung von Fertigungslosgrößen

Diskussion wirtschaftlich orientierter Ansätze vor dem Hintergrund logistischer Zielgrößen

Ben Münzberg, Matthias Schmidt und Peter Nyhuis,
Leibniz Universität Hannover



Dipl.-Wirtsch.-Ing. Ben Münzberg arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Produktionsmanagement am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover.



Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Matthias Schmidt leitet die Ressorts Forschung und Beratung am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover.



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis leitet das Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover mit den Bereichen Arbeitswissenschaft, Fabrikplanung, Produktionsgestaltung und Produktionsmanagement und ist geschäftsführender Leiter der Integrierten Produktion Hannover GmbH.

schaftlichkeit von Fertigungs- und Montageprozessen. In der Vergangenheit wurden zahlreiche verschiedene Verfahren entwickelt, welche allerdings alle demselben Grundansatz folgen. Die sich ergebenden Resultate sind dementsprechend recht ähnlich. Eine gemeinsame Schwäche ist die begrenzte Betrachtung logistikinduzierter Kosten, welche mit zunehmender Losgröße steigen und deren Berücksichtigung dementsprechend zu generell kleineren Losgrößen führen würde. Dieser Beitrag vergleicht Funktionen und Ergebnisse unter-

schiedlicher Ansätze zur Bestimmung von Produktionslosgrößen und diskutiert die klassisch vernachlässigten Kostenfaktoren.

Die Ermittlung wirtschaftlicher Losgrößen ist für die betriebliche Praxis eine wichtige betriebswirtschaftliche Aufgabe, was durch die zunehmende Variantenvielfalt und der damit verbundenen Abhängigkeiten bei der Ressourcenbelegung verstärkt wird. Entsprechend der Bedeutung existiert eine große Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen und entwickelter Verfahren.

Die betriebliche Losgrößenplanung stellt eine der zentralen Aufgaben innerhalb der Produktionsplanung und -steuerung dar und ist damit ein wesentlicher Einflussfaktor für die Wirt-

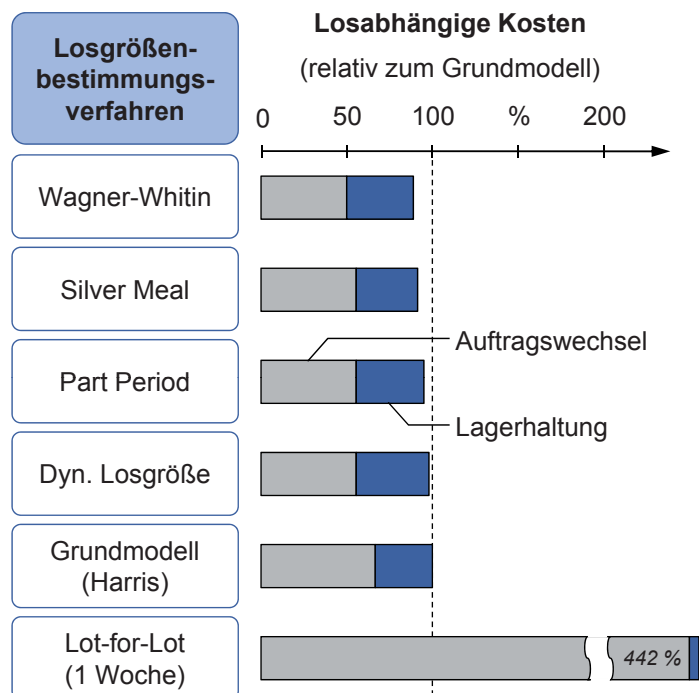


Bild 1: Losabhängige Kosten bei der Anwendung verschiedener Verfahren.

Kontakt

Leibniz Universität Hannover
Produktionstechnisches Zentrum Hannover
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA)
An der Universität 2
30823 Garbsen
Tel.: +49 511 / 762-2440
E-Mail: office@ifa.uni-hannover.de
URL: http://www.ifa.uni-hannover.de

Über die betriebswirtschaftliche Eignung der heute bekannten Verfahren wird jedoch konträr diskutiert. Zudem wird häufig die Forderung nach einem One-Piece-Flow und einer Abkehr von wirtschaftlich orientierten Berechnungsverfahren erhoben, um damit den Anforderungen an die logistische Leistungsfähigkeit gerecht werden zu können. In diesem Spannungsfeld wird auf der Basis realer Anwendungsfälle analysiert, welche betriebswirtschaftliche und logistische Relevanz der Ermittlung von Fertigungslosgrößen zukommt und welche Schlussfolgerungen sich daraus ableiten lassen.

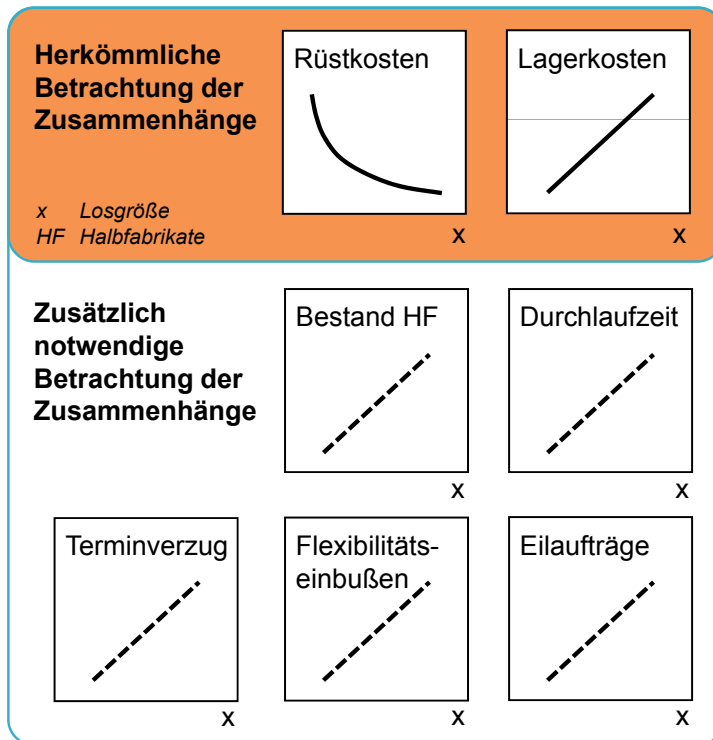
Vergleich gängiger Verfahren zur Losgrößenbestimmung

In produzierenden Unternehmen erfolgt die Losgrößenbestimmung im Rahmen der Eigenfertigungsplanung. Hierbei werden Bedarfsmengen entweder zu Fertigungslosen zusammengefasst oder auf kleinere Lose aufgeteilt. Es existieren zahlreiche Verfahren zur Ermittlung einer wirtschaftlich orientierten Losgröße, welche sich vereinfacht in statische, dynamische und stochastische Verfahren untergliedern lassen.

Die statischen Verfahren unterteilen den Gesamtbedarf eines Betrachtungszeitraums in gleich große Lose. Das setzt neben zahlreichen Modellannahmen vor allem einen konstanten Bedarfsverlauf voraus. Unter anderem sind der von Harris [1] entwickelte Ansatz der „economic order quantity“ (EOQ), welcher als Grundmodell bezeichnet wird, und der diesem ähnliche Ansatz von Andler [2] dieser Klasse zuzuordnen.

Bei einer bedarfsgesteuerten Disposition besteht die Möglichkeit, die Bedarfe über den Planungszeitraum entsprechend prognostizierter Bedarfe in eine dynamische Losgröße zu überführen. Wagner und Within [3] entwickelten ein exaktes dynamisches Lösungsverfahren zur Berücksichtigung schwankender Bedarfe. Seine hohe Komplexität und zeitintensive Anwendung riefen seit seiner Entwicklung Näherungslösungen auf den Plan, die unter Verzicht auf ein

Bild 2: Einfluss der Losgröße auf logistische Zielgrößen.



optimales Ergebnis vereinfachte Berechnungsvorschriften beinhalten. Beispielfähig seien an dieser Stelle die Arbeiten von Silver und Meal [4], das Part Period Verfahren [5] sowie die dynamische bzw. gleitende wirtschaftliche Losgrößenbestimmung [6, 7] genannt.

Bei den zuvor vorgestellten deterministischen Modellen wird stets ein bekannter Lagerabgang pro Zeiteinheit vorausgesetzt. Ist dies nicht der Fall, kommen stochastische Verfahren, wie der Lot-for-Lot-Ansatz zum Einsatz, bei denen zu einem fest vorgegebenen Zeitpunkt der Bedarf für eine definierte Reichweite als Auftrag erteilt wird [8]. Die Verfahren dieser Gruppe folgen keinem Optimierungsziel und sind daher nicht als wirtschaftlich orientiert zu bezeichnen.

Die verschiedenen Ansätze zur wirtschaftlichen Losgrößendimensionierung weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile auf. Einer hohen Exaktheit der dynamischen Verfahren und der Berücksichtigung der zukünftigen Bedarfssituation steht ein hoher Aufwand der Produktionsplanung durch zeitintensive und komplexe Berechnungen gegenüber. Das Grundmodell von Harris dagegen besticht durch

seine Einfachheit und die wenigen notwendigen Daten, setzt aber oftmals marktferne Rahmenbedingungen voraus.

Praxisuntersuchungen und Simulationsstudien der Autoren zeigen allerdings, dass sich die Ergebnisse der wirtschaftlich orientierten Verfahren – trotz unterschiedlicher Kostenstrukturen – nur geringfügig unterscheiden [9]. Bild 1 visualisiert diesen Sachverhalt für verschiedene Ansätze, in dem es die losabhängigen Auftragswechsel- und Lagerhaltungskosten je Verfahren in Relation zum Grundmodell (Harris) darstellt. Der Vergleich der durch die Losbildung verursachten Kosten zeigt, dass der Ansatz nach Wagner und Within bspw. 12 % unter dem Ergebnis des Grundmodells liegt. Die weiteren aufgeführten dynamischen Verfahren liegen bereits bei über 90 % der nach Harris ermittelten Kosten.

Das Ergebnis überrascht wenig, führt man sich vor Augen, dass alle betriebswirtschaftlich orientierten Verfahren letztlich auf dem gleichen Grundansatz – der Bewertung von Lagerhaltungs- und Auftragswechselkosten – basieren. Sie unterscheiden sich lediglich im Rechengang und der Frage, ob und wie

dynamische Bedarfsverläufe berücksichtigt werden.

Bei Betrachtung des Grundmodells zeigt sich zudem, dass die resultierende Gesamtkostenfunktion im Bereich der wirtschaftlichen Losgröße sehr flach verläuft [10]. Das erklärt, warum die losabhängigen Kosten, trotz je Verfahren abweichend berechneter Lose, kaum Unterschiede aufweisen. Wird die Betrachtung auf die Stückkostenebene transformiert, werden die geringen Unterschiede noch deutlicher [11]. Die Ausnahme bildet der Lot-for-Lot-Ansatz mit relativ unwirtschaftlichen Ergebnissen, da dieser keinem Optimierungsziel folgt.

Für Unternehmen ist bei der Auswahl eines Losgrößenbestimmungsverfahrens demnach nicht entscheidend, welches Verfahren, sondern vielmehr dass ein optimierendes Verfahren eingesetzt wird.

Einfluss der Losgröße auf logistische Zielgrößen

Die große Bedeutung der Losgrößenbestimmung liegt in ihrem Einfluss auf verschiedene unternehmerische Ziele. So werden durch die Dimensionierung von Losgrößen sowohl Kosten in der Produktion und in Lagerbereichen als auch die entsprechende logistische Leistungsfähigkeit des Unternehmens direkt und indirekt beeinflusst. Dies verdeutlicht Bild 2.

Gängige Losgrößenverfahren, die auf dem Grundmodell aufbauen, berücksichtigen in der Regel nur die Lagerhaltungskosten auf der einen und die Auftragswechselkosten auf der anderen Seite (Bild 2). Die Auftragswechselkosten betreffen unmittelbar den Produktionsprozess an einem Arbeitssystem. Mit zunehmender Losgröße sinken die Auftragswechselkosten, da aufgrund der großen Lose weniger Rüstvorgänge durchzuführen sind. Des Weiteren bestimmt die Fertigungslosgröße unmittelbar den Losbestand in der nachfolgenden Lagerstufe. Je größer die Lose gewählt werden, desto stärker steigen wegen der zunehmenden mittleren Verweilzeit der Artikel im Lager die Kosten für die Lagerung und

die Verzinsung des im Lager gebundenen Kapitals.

Diese rein kostenorientierten Losgrößenbestimmungsverfahren stoßen zunehmend auf Kritik, da sie die negativen logistische Effekte, welche große Lose mit sich bringen, außer Acht lassen (Bild 2). Es wird unterstellt, dass neben den Rüstkosten lediglich die Kapitalbindung im Lager beeinflusst wird. Diese Überlegung trifft aber nur solange zu, wie sich das Arbeitssystem im Überlastungszustand befindet. Sind jedoch die Fertigungsabläufe soweit optimiert, dass das Arbeitssystem im Übergangsbereich der Produktionskennlinien operiert, so lassen sich neben den Durchführungszeiten auch die Übergangszeiten als Funktion der Losgrößen ansehen. [12, 13]. Die sich daraus zusammensetzenden Durchlaufzeiten und somit auch die Kapitalbindungskosten durch den Halbfabrikatebestand in der Produktion werden also maßgeblich von der Losgröße beeinflusst. Mit zunehmenden Durchlaufzeiten steigt zudem deren Streuung, was sich negativ auf die Termintreue der Produktion auswirkt. Die Anzahl

der Eilaufträge und damit die Kosten für den Steuerungsaufwand werden erhöht. Insgesamt steigen durch lange Durchführungszeiten der Lose an den Arbeitssystemen die Flexibilitätseinbußen der Produktion.

Ansatz zur Bestimmung eines tatsächlichen Losgrößenoptimums

In diesem Abschnitt werden die Erkenntnisse aus den ersten Kapiteln aufgegriffen und in eine zusammenfassende Systematik überführt. Der obere Teil von Bild 3 zeigt den produktunabhängigen Verlauf der losabhängigen Mehrkosten bei Abweichung von der optimalen Losgröße nach dem Grundmodell. Es ist zu erkennen, dass Abweichungen in beide Richtungen zusätzliche Kosten verursachen. Bis zu einem bestimmten Abweichungsniveau sind die zusätzlich entstehenden Kosten noch gering während bei starken Abweichungen ein signifikanter Kostenanstieg zu verzeichnen ist [14].

Werden die Auswirkungen auf die Logistikleistung berücksichtigt, zeigt

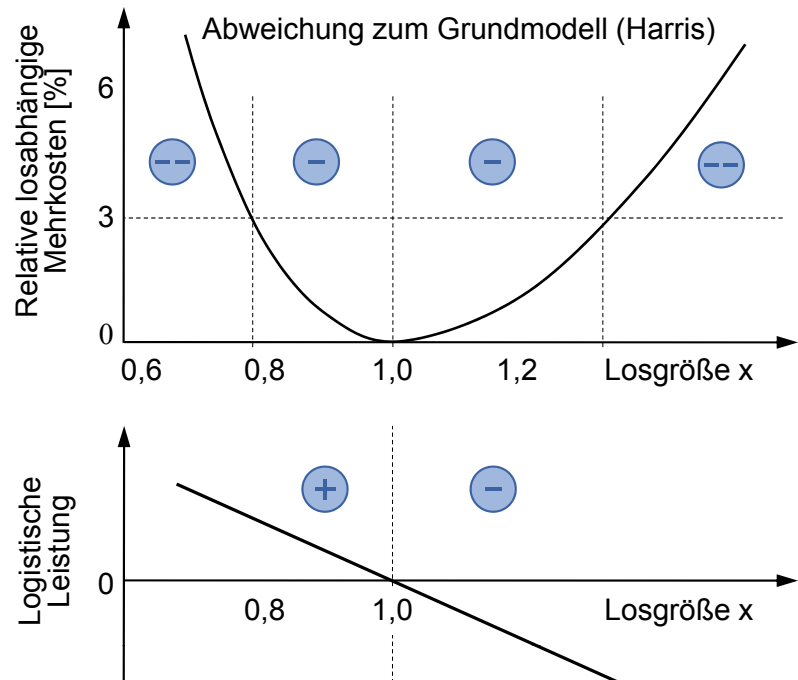


Bild 3: Auswirkungen der Abweichung von der optimalen Losgröße nach dem Grundmodell.

sich ein anderes Bild. Mit zunehmender Losgröße ist eine sinkende Logistikleistung zu verzeichnen, was sich unter anderem in längeren und stärker streuenden Durchlaufzeiten und einer geringeren Termintreue widerspiegelt. Wird eine Losgröße gewählt, welche kleiner als die nach Harris berechnete ist, wirkt sich das positiv auf die Logistikleistung aus, was der qualitative Kurvenverlauf im unteren Bildteils von Bild 3 verdeutlicht.

Das legt zunächst nahe, sich an dem berechneten Optimum zu orientieren und bei der Notwendigkeit einer Abweichung vom vermeintlichen Optimum – bspw. Aufgrund von Behältergrößen – hin zu kleineren Losgrößen zu tendieren. Dies trifft allerdings nicht den Kern der Sache. In Bild 4 wurden neben den traditionellen betriebswirtschaftlichen Größen logistische Kenngrößen zur Veranschaulichung in Kostenfunktionen transformiert und über der Losgröße additiv aufgetragen. Zu nennen sind unter anderem die durch längere und stärker streuende Durchlaufzeiten entstehenden Kosten. Diese entstehen neben einer erhöhten Kapitalbindung durch die in der Produktion befindlichen Halbfabrikate durch einen erhöhten Steuerungsaufwand, um zugesagte Liefertermine weitestgehend halten zu können. Der Verlauf dieser Kostenfunktionen ist qualitativer Natur, scheint aber bis auf die Steigung prinzipiell logisch.

Gängige Verfahren, wie hier bspw. das Grundmodell nach Harris, berücksichtigen neben den Auftragsauflege- und den Lagerhaltungskosten in der Regel keine weiteren Kosten, obwohl sie sich signifikant auf die Produktivität der Produktion auswirken. Einige wenige Verfahren beziehen diese teilweise mit ein. Als Beispiel sei hier die Durchlauforientierte Losgrößenbestimmung genannt (DOLOS), die neben den Auftragswechsel- und den Lagerkosten die Kapitalbindungskosten durch den Fertigungsbestand in der Produktion berücksichtigt und damit den konventionellen Ansätzen sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch logistischer Sicht überlegen ist [9, 15]. Bereits hier

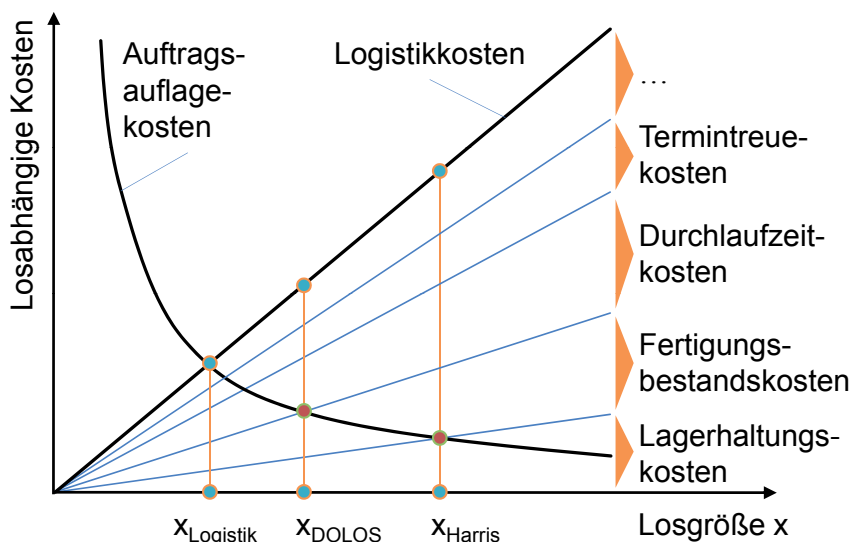


Bild 4: Lage des tatsächlichen Losgrößenoptimums.

zeigen sich signifikante Abweichungen von den nach klassischen betriebswirtschaftlichen Verfahren bestimmten Losgrößen (Bild 4).

Werden noch weitere logistische Kosten, wie Termintreue- oder Flexibilitätskosten berücksichtigt, ergibt sich als summierende Funktion eine Logistikkostenfunktion, die alle den Auftragsauflegekosten gegenüberzustellenden Kosten aggregiert. Hieraus ergibt sich ein Optimum bei deutlich kleineren Losgrößen als nach dem Grundmodell.

Bild 4 verdeutlicht, dass klassische betriebswirtschaftliche Verfahren signifikant vom wirklichen Kostenoptimum abweichen, da sie einen Großteil der entstehenden Kosten nicht berücksichtigen.

Derzeit können die logistikrelevanten Kostenbestandteile nicht hinreichend genau ermittelt werden. Wesentliche Aussagen lassen sich aber bereits ableiten, wenn die Wirkung der Berücksichtigung logistikrelevanter Kosten über Parameterstudien analysiert wird. Im Rahmen derartiger Studien wurden verschiedene logistikseitige Kostenaufschläge auf die Lagerbestandskosten und die resultierenden Auswirkungen auf die sich ergebende optimale Losgröße für Artikel mit verschiedenen Kosten- und Verbrauchsstrukturen analysiert. Artikelspezifisch zeigte sich, dass bereits bei angenommenen Logistikkos-

tenaufschlägen von 300 % der Lagerbestandskosten die logistikorientierte optimale Losgröße bis zu 50 % unter der Losgröße nach dem Grundmodell liegt.

Ableitung von Hypothesen

Die diskutierten und überwiegend auch analytisch nachgewiesenen Sachverhalte lassen sich in nachfolgende Hypothesen und Gesetzmäßigkeiten zusammenfassen:

Stückkosten eines Eigenfertigungsteils sind weitgehend unabhängig vom eingesetzten Losgrößenbestimmungsverfahren. Der Verzicht auf eine wirtschaftlich orientierte Losgrößenbestimmung kann die Stückkosten eines Eigenfertigungsteils allerdings stark negativ beeinflussen, da bei starken Abweichungen von der optimalen Losgröße ein erheblicher Kostenanstieg zu verzeichnen ist.

Bei rein betriebswirtschaftlich orientierten Losgrößenbestimmungsverfahren werden ökonomisch relevante Interdependenzen unzulässigerweise vernachlässigt. So ist z.B. durch die Kernlinientheorie [15] nachweisbar, dass - und in welchem Umfang - die in einer Produktion realisierbaren Bestände und Durchlaufzeiten unmittelbar durch die Fertigungslosgrößen beeinflusst werden.

Muss aus beliebigen Gründen von einem „betriebswirtschaftlichen Optimum“ abgewichen werden, sollte daher immer eine kleinere als die berechnete „optimale Losgröße“ gewählt werden. Die Kosten reagieren bei Abweichung in Richtung größerer Lose zwar nicht so sensibel – was eine Entscheidung in dieser Richtung nahelegen könnte. Dem stehen allerdings negative logistische Effekte gegenüber, welche mit Kosten zu deren Begrenzung verbunden sind. Wenn also schon mehr Geld ausgegeben werden muss als für ein vermeintliches berechnetes Optimum, dann sollen damit wenigstens logistische Vorteile finanziert werden.

Werden logistische Kriterien in die Losgrößenbestimmung mit einbezogen, so führt dies immer zu kleineren Losgrößen und insbesondere zu harmonisierten Auftragszeiten in der Fertigung.

Je mehr logistische Kriterien in ein Losgrößenberechnungsverfahren einbezogen werden können, desto kleiner wird das rechnerische Optimum.

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt zunächst die Ergebnisse diverser Losgrößenbestimmungsverfahren gegenüber. Diese Analyse verdeutlicht, dass die jeweiligen optimalen Losgrößen in ihrer Beeinflussung der Auftragswechsel- und Lagerkosten in der Regel sehr dicht beieinander liegen.

Es wird gezeigt, dass die nach diesen herkömmlichen Verfahren bestimmten optimalen Losgrößen nur Scheinoptima darstellen, da sie durchgängig relevante Aspekte, wie den Einfluss der Losgröße auf die Logistische Leistungsfähigkeit von Unternehmen, vernachlässigen.

Mit diesem Beitrag wird nicht der Anspruch verfolgt, einen geschlossenen mathematischen Ansatz zu entwickeln, bei dem wirtschaftliche und logistische Kriterien gleichermaßen berücksichtigt

werden. Die Vielfältigkeit und Komplexität der Wirkzusammenhänge lässt eine derartige Lösung nach heutigem Kenntnisstand nicht zu. Zudem haben sich bislang in der Praxis nur solche Verfahren durchgesetzt, die einfach und praktikabel sind und nur geringe Anforderungen an das Verfahren selbst und die bereitzustellenden Daten haben.

Um Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können, welche die Losgrößenbildung im industriellen Umfeld praxistauglich und systematisch unterstützen, befassen sich aktuelle und zukünftige Forschungsarbeiten aber mit der Ermittlung bzw. Abschätzung einer logistikorientierten optimalen Losgröße. Ziel ist es, mit möglichst wenigen Parametern eine Losgröße zu bestimmen, die dem realen Optimum nahe kommt.

Literatur

- [1] Harris, F. W.: How Many Parts to Make at Once Factory. In: The Magazine of Management 10 (1913) 2, S. 135-136.
- [2] Andler, K.: Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße. München 1929.
- [3] Wagner, H. M. and Whitin, T. M.: Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. In: Management Science 5 (1958) 1, S. 89 - 95.
- [4] Silver, E. A.; Meal, H. C.: A heuristic for selecting lotsize quantities for the case of a deterministic time - varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. In: Production and Inventory Management 14 (1973) 2, S. 64-74.
- [5] De Matteis, J. J.; Mendoza, A. G.: An Economic Lot - Sizing Technique. In: IBM Systems Journal 7 (1968) 1, S. 30-46.
- [6] Gahse, S.: Lagerdisposition mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen. In: Neue Betriebswirtschaft 18 (1965) 1, S. 4-8.
- [7] Trux, W.: Elektronische Datenverarbeitung in der Materialwirtschaft eines Industriebetriebes. In: Zeitschrift für Datenverarbeitung 4 (1966) 2, S. 94-106.
- [8] Swamidass P. M.: Encyclopedia of production and manufacturing management, Kluwer Academic Publishers, Boston 2000, S. 381.
- [9] Nyhuis, P.: Durchlauforientierte Losgrößenbestimmung. Düsseldorf 1991, S. 72.
- [10] Wiendahl, H.P.: Throughput-oriented lot sizing. In: Annals of the CIRP 39 (1990) 1, S. 509-512.
- [11] Stadler, H.: How Important Is It to Get the Lot Size Right? In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 77 (2007) 4, S. 407-416.
- [12] Nyhuis, P.: Logistic Production Operating Curves – Basic Models of the Theory of Logistic Operating Curves. In: Annals of the CIRP 55 (2006) 1, S. 441-444.
- [13] Nyhuis, P.: Practical Application of Logistic Operating Curves. In: Annals of the CIRP 56 (2007) 1, S. 483-486.
- [14] Müller - Mehrbach, H.: Sensibilitätsanalyse der Losgrößenbestimmung. In: Unternehmensforschung 6 (1962) 2 , S.79-88.
- [15] Nyhuis, P., Wiendahl, H.-P.: Fundamentals of production logistics: theory, tools and applications. Berlin 2008.

Schlüsselwörter:

Logistik, Produktion, Produktionsplanung und -steuerung, Losgrößenplanung

Discussion of Lot Sizing Approaches Concerning Their Influence on Economic Production

Lot sizing is a substantial factor of economic production. There are various lot sizing approaches considering the same cost factors in different ways. Their results are usually quite similar. A common weakness of all lot sizing approaches is the limited consideration of relevant cost factors. The costs which are neglected usually rise with increasing lot sizes. This leads to illusory exact results because too large lots are calculated generally. This paper compares functions and results of different lot sizing approaches and discusses neglected cost factors.

Keywords:

logistics, production, production planning, lot sizing