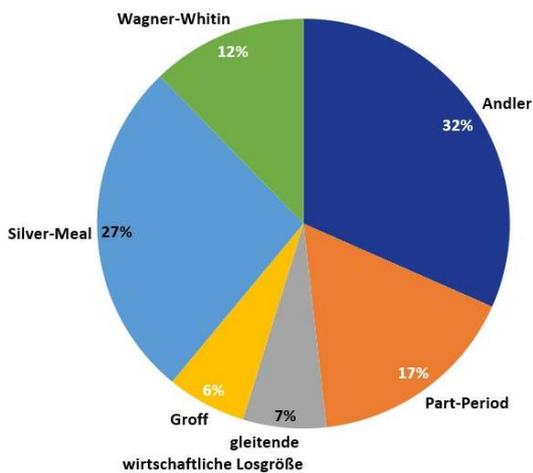


WHITE PAPER

Dr. Götz-Andreas Kemmner

Wirtschaftliche Losgrößenverfahren zur Gesamtkostenreduktion von Lagerhaltung und Beschaffungs- bzw. Rüstkosten bieten ein großes, zumeist ungenutztes Potenzial zur Kostensenkung. In der Praxis sehen Anwender vor allem in der Ermittlung der Eingangskosten ein großes Problem. Die wirkliche Herausforderung wird dabei meist übersehen.



Losgrößenoptimierung als wesentlicher Baustein der Supply Chain Optimierung

Inhalt

<p>ANALYZE – SIMULATE – AUTOMATE A QUANTUM LEAP AHEAD</p>	<p>Abels & Kemmner bringt das Optimierungspotenzial von Supply Chains ans Licht und ersetzt Bauchgefühl durch Fakten.</p>
<p>Dank unseres einzigartigen Beratungsansatzes verhelfen wir Unternehmen zu nachhaltigen Konzepten, die wir validieren und optimieren sowie sicher und agil umsetzen.</p>	<p>Als Vorreiter in logistischer Simulation und Automatisierung im Supply Chain Management kombinieren wir strategische und operative Beratung mit leistungsfähigen digitalen Methoden.</p>

Ziele der Losgrößenverfahren	2
Die klassischen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren	3
Das grundsätzlich richtige wirtschaftliche Losgrößenverfahren gibt es nicht	5
Wie man mittels Simulation das beste wirtschaftliche Losgrößenverfahren findet.....	6
Der Umgang mit den Kosten bei der wirtschaftlichen Losgrößenoptimierung	7
Welche Kosten zu berücksichtigen sind	7
Nur variable Kosten zählen	8
Auch ungenaue Kosten führen in die Nähe der wirtschaftlichen Losgröße.....	8
Kapazitätsgrenzen müssen geprüft werden.....	9
Die Digitalisierung des Supply Chain Managements macht die Berechnung wirtschaftlicher Losgrößen zum Routineprozess	10

Losgrößenoptimierung als wesentlicher Baustein der Supply Chain Optimierung

Mit Formeln aus der Theorie per Simulation zur Kostensenkung in der Praxis

Dr. Götz-Andreas Kemmner

[Linked in](#)

Wirtschaftliche Losgrößenverfahren zur Gesamtkostenreduktion von Lagerhaltung und Beschaffungs- bzw. Rüstkosten bieten ein großes, zumeist ungenutztes Potenzial zur Kostensenkung. In der Praxis sehen Anwender vor allem in der Ermittlung der Eingangskosten ein großes Problem. Die wirkliche Herausforderung wird dabei meist übersehen. Um die Potenziale jedoch umfassend ausschöpfen zu können, müssen Anwender Prinzip und Grenzen der wirtschaftlichen Losgrößenverfahren kennen und wissen, welche Klippen wie zu umschiffen sind.

Ziele der Losgrößenverfahren

Wirtschaftliche Losgrößenverfahren streben an, für einen betrachteten Artikel die Gesamtkosten aus Lagerhaltungskosten einerseits und Beschaffungskosten von Einkaufsartikeln, bzw. Rüstkosten von Eigenfertigungsartikeln andererseits zu minimieren. Dadurch wird ein kleiner wesentlicher Baustein innerhalb der gesamten Supply Chain optimiert, der in der Praxis gerne übersehen wird.

Größere Losgrößen in der Beschaffung oder der Fertigung führen zu höheren Beständen und damit höheren Lagerhaltungskosten. Diese steigen im Allgemeinen proportional zur Losgröße, während die Bestellkosten bzw. Rüstkosten – übergreifend als Losauflagekosten bezeichnet - umgekehrt proportional sinken.

Ein einfaches Beispiel:

Fallen bei einem Teil für eine Losgröße x dieselben absoluten Transportkosten an, wie für die Losgröße $2x$, dann trägt bei doppelt so vielen bestellten Teilen jedes Teil nur noch die Hälfte der Transportkosten.

Wenn bestimmten Kosten proportional zur Losgröße steigen und andere umgekehrt proportional zur Losgröße fallen, dann muss es bei einer bestimmten Losgröße ein Minimum der Gesamtkosten geben (vgl. Abb. 1).

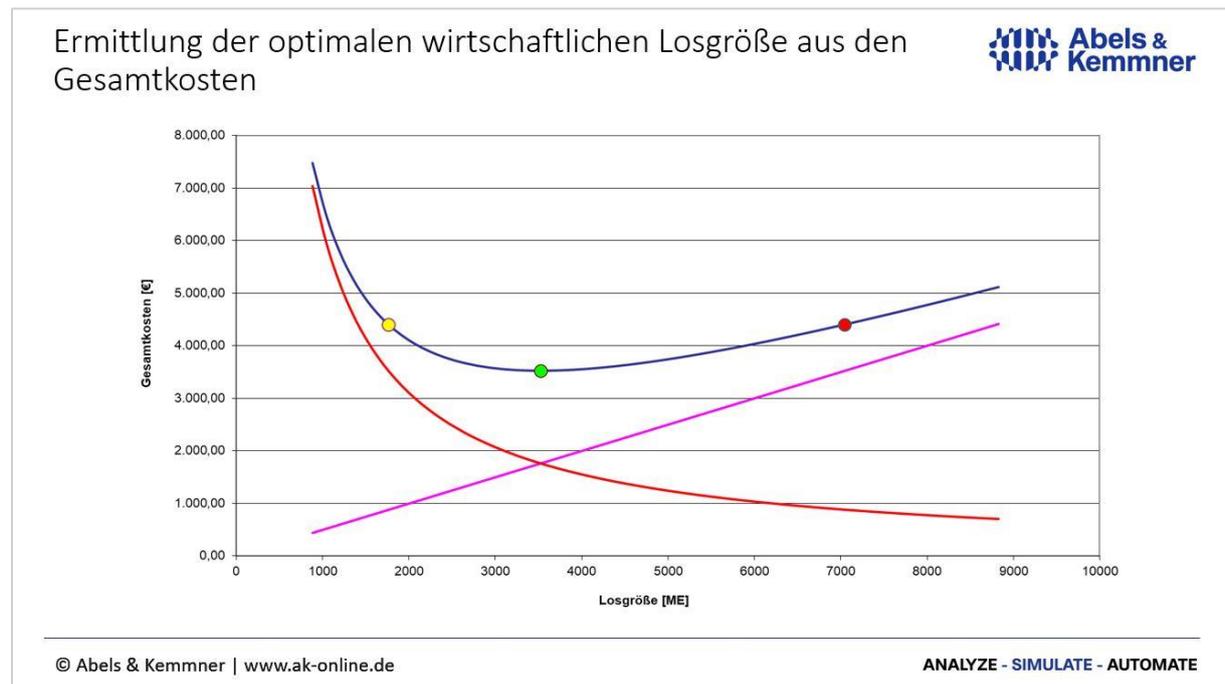


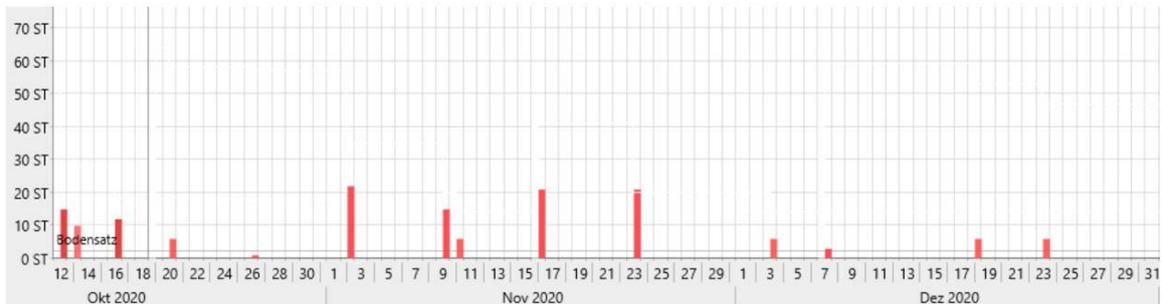
Abb. 1: Die Losgrößenoptimierung versucht, das Kostenoptimum aus Lagerhaltungs- und Beschaffungskosten zu finden

Die klassischen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren

Einer der ersten, der den Zusammenhang zwischen Lagerhaltungs- und Losauflagekosten erkannte war Kurt Andler. Er entwickelte 1929 eine Formel zur Berechnung einer wirtschaftlichen Losgröße. Die Andlerformel wird auch heute noch breit angewandt. Bei der Berechnung der optimalen Losgröße ging Andler davon aus, dass die Gesamtbedarfsmenge eines Artikels in einem Planungshorizont, z.B. ein Jahr, bekannt ist. Die Formel leitet nun aus Lagerhaltungskosten einerseits und Beschaffungskosten andererseits die Losgröße ab, mit der immer wieder bestellt werden sollte. Da die Losgröße über den Planungszeitraum konstant bleibt, spricht man auch von einem statischen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren.

In der Praxis jedoch, sind Produktions- oder Bestellbedarfe über den Planungshorizont selten gleichmäßig verteilt. Sie folgen vielmehr unregelmäßig aufeinander und fallen unterschiedlich hoch aus (Bild 2). Die entscheidende Antwort, wie man bei „dynamischen“ Bedarfen wirtschaftliche Losgrößen ermittelt gaben zwei Amerikaner bereits 1958. Die Herren Wagner und Whitin entwickelten ein wirtschaftliches Losgrößenverfahren, mit dem dynamische Losgrößen berechnet werden konnten. Diese mathematische Lösung berücksichtigt, dass mit der Entscheidung über eine erste Losgröße im Planungshorizont automatisch auch der Spielraum für die Gestaltung der zeitlich nachfolgenden Losgrößen eingeschränkt wird. Das Wagner-Whitin-Verfahren ermittelt eine Folge von Losen mit unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Zeitabständen, welche die Gesamtkosten minimiert. Das Ergebnis ist eine wissenschaftlich präzise Antwort auf die Frage der richtigen Losgrößen bei einer einstufigen Einprodukt-Fertigung ohne Kapazitätsbegrenzung.

Beispiel für den unregelmäßigen Bedarf an Fertigungs- oder Beschaffungsteilen



© Abels & Kemmner | www.ak-online.de

ANALYZE - SIMULATE - AUTOMATE

Abbildung 2: Beispiel für den unregelmäßigen Bedarf an Fertigungs- oder Beschaffungsteilen

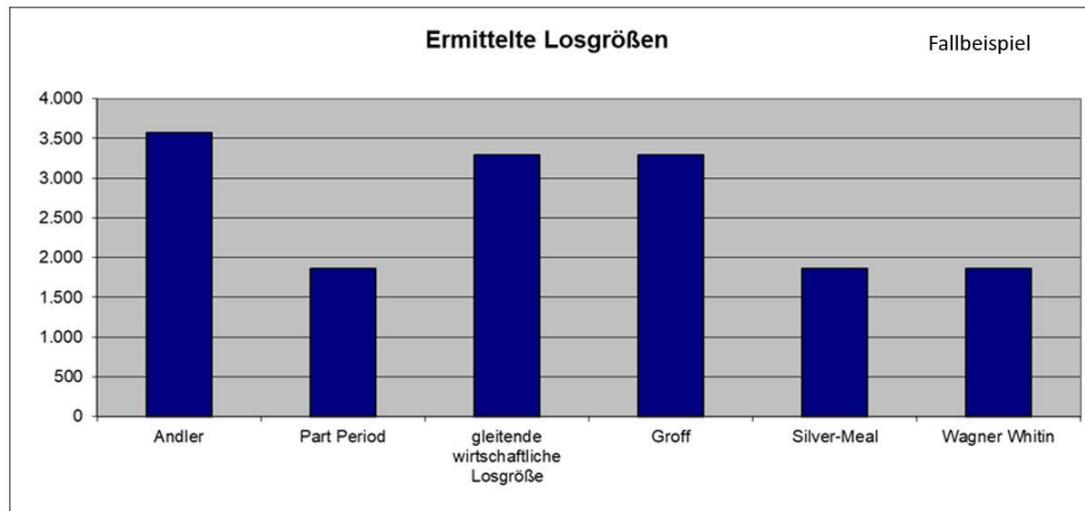
Das Wagner-Whitin-Verfahren war zu aufwändig, um es von Hand oder mit damaligen Rechenmaschinen anzuwenden. So wurden im Laufe der folgenden Jahre Näherungsverfahren entwickelt, die auf Kosten der theoretischen Genauigkeit, mit wenig Rechen- und Speicheraufwand zurecht kommen. 1968 wurden beispielsweise das Part Period-Verfahren und das Verfahren der gleitenden wirtschaftlichen Losgröße, 1973 das nach seinen Entwicklern genannte Silver-Meal-Verfahren und 1979 das Groff-Verfahren vorgestellt. Dies sind die „klassischen“ wirtschaftlichen Losgrößenverfahren, die in vielen ERP-Systemen angeboten werden. Darüber hinaus gibt es noch eine große Anzahl weiterer Verfahren zur Ermittlung optimaler Losgrößen.

Alle diese Näherungsverfahren arbeiten nach dem „Raffungsprinzip“. Wenn Material nachbestellt oder nachgefertigt werden muss, dann prüfen die Verfahren, wie viele Bedarfe in der Zukunft bereits mitbestellt werden sollten, um die Gesamtkosten über diesen Zeitraum so gering wie möglich zu halten. Bei einer Bestellung werden Bedarfe also „zusammengerafft“. Für die nächste Bestellung wird eine neuer „Raffungsprozess“ gestartet und so weiter.

Wie vorausgehend erläutert, führt die Raffungsmethode theoretisch nicht zu den geringsten Gesamtkosten im Planungshorizont. In empirischen Simulationen, wie wir sie im Rahmen vieler unserer Beratungsprojekte durchführen, zeigt sich allerdings, dass der Vorteil des Wagner-Whitin-Verfahrens in der Praxis nur bei einem Teil der Artikel greift, da sich die Bedarfsmengen und ihre Verteilung im Zeitverlauf des Planungshorizonts laufend ändern. Deshalb auf die Näherungsverfahren anstatt auf Wagner-Whitin zu setzen, führt leider nicht direkt zur korrekteren wirtschaftlichen Losgrößen. Alle Näherungsverfahren gehen von unterschiedlichen Überlegungen zur Kostenbetrachtung aus und gelangen deshalb häufig zu unterschiedlichen Werten für die wirtschaftliche Losgröße. Die Abweichungen können dabei sehr deutlich ausfallen (Abb. 3).

Suchen Sie sich Ihre Wahrheit aus...

Ermittelte Losgröße des ersten Loses in einem Planungszeitraum



© Abels & Kemmner | www.ak-online.de

ANALYZE - SIMULATE - AUTOMATE

Abbildung 3: Ergebnisse verschiedener wirtschaftlicher Losgrößenverfahren für jeweils dieselbe Bedarfszeitreihe

Das grundsätzlich richtige wirtschaftliche Losgrößenverfahren gibt es nicht

Wenn unterschiedliche wirtschaftliche Losgrößenverfahren zu deutlich unterschiedlichen Losgrößen führen, drängt sich die Frage nach dem Verfahren auf, das am nächsten an der „Wahrheit“ liegt. Man muss die wirtschaftliche Losgröße nicht genau treffen, wenn man nur nahe genug an den richtigen Wert herankäme, reichte dies schon. Leider belegen die Erfahrungen der Praxis, dass keine der Losgrößenformeln hinreichend genau rechnet, um auf ein einziges wirtschaftliches Losgrößenverfahren zu setzen.

Abb. 4 zeigt an einem Fallbeispiel, welche Kostenveränderungen sich über ein gesamtes Spektrum an Fertigungsartikeln ergäbe, wenn bei allen Artikeln konsequent eines der sechs geläufigsten wirtschaftlichen Losgrößenverfahren angewandt würde. Egal welches der Losgrößenverfahren man nutzen würde, in allen Fällen würden die Gesamtkosten zunehmen!

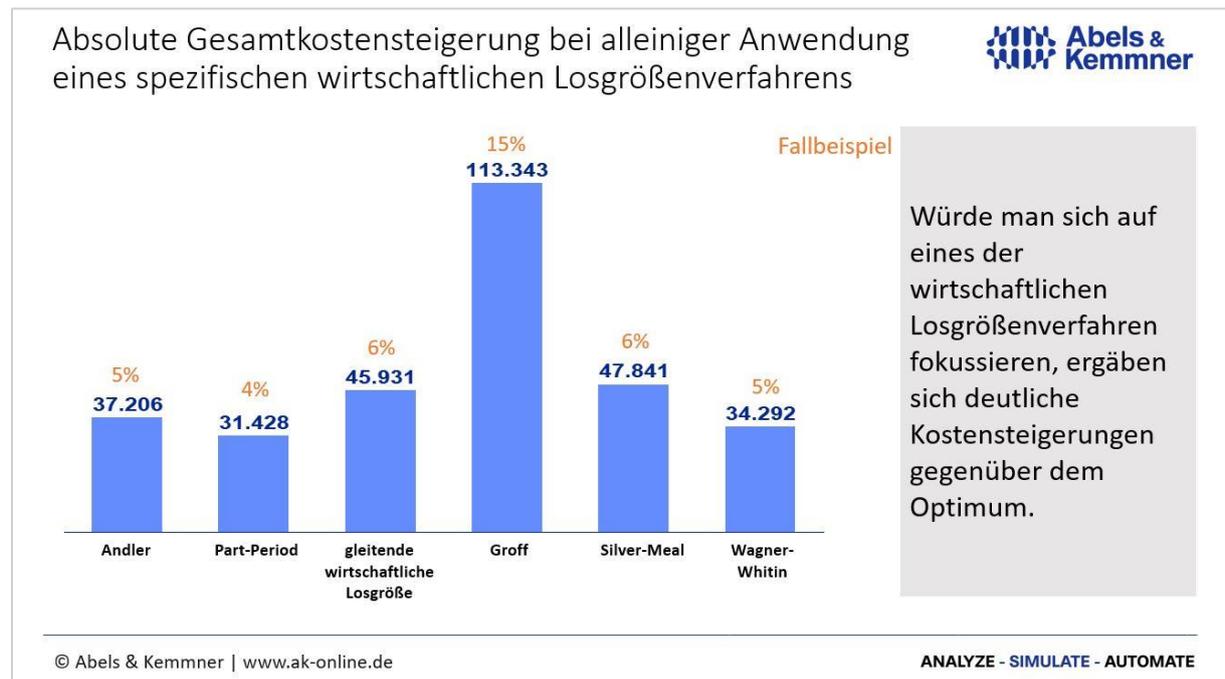


Abbildung 4: 4 Ermittelt man die Losgrößen aller Artikel mit einem einzigen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren, riskiert man, dass die Kosten insgesamt steigen; egal für welches der Verfahren man sich entscheidet.

In der Praxis ist dieser Effekt zumeist nicht bekannt, obwohl er das größte Problem bei der Anwendung wirtschaftlicher Losgrößenverfahren darstellt. Mit den üblichen Bordmitteln der Praxis kann man den dargestellten Kostenerhöhungseffekt leider nicht erkennen. Dazu benötigt man ein leistungsfähigeres Instrument in Form eines Simulationssystems.

6

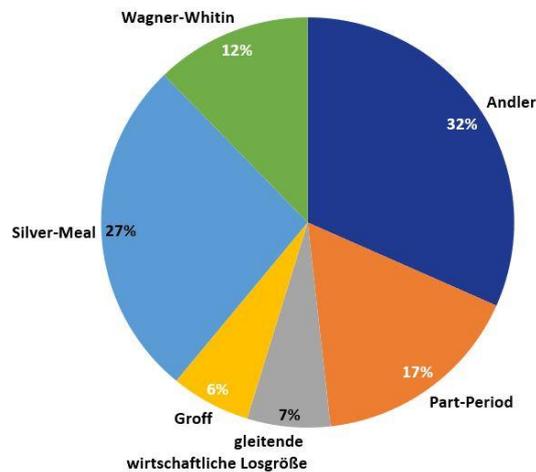
Wie man mittels Simulation das beste wirtschaftliche Losgrößenverfahren findet

Wir haben die obigen Analysen mit Hilfe des Systems **DISCOVER** durchgeführt. DISCOVER ist ein ERP-Optimierungssystem, das unter anderen dazu eingesetzt werden kann, die Dispositionsparameter eines ERP-Systems automatisch nachzupflegen und dabei die Dispositionsparameter so einzustellen, dass möglichst wirtschaftliche Dispo-vorschläge generiert werden. Um möglichst wirtschaftliche Parametereinstellungen zu finden, verfügt DISCOVER über eine Simulationsfunktion, mit der der wirtschaftliche Effekt unterschiedlicher Parameter auf Basis empirischer Werte der Vergangenheit ermittelt werden kann.

Ebenfalls mit diesem Simulationsansatz lässt sich für jeden Artikel dasjenige wirtschaftliche Losgrößenverfahren ermitteln, das zu den geringsten Gesamtkosten führt. In dem Anwendungsfall, aus dem die oben dargestellten Zahlenwerte stammen, konnten auf diese Weise die Summe der jährlichen Lagerhaltungs- und Losauflagekosten (=Gesamtkosten) um über 200.000€, entsprechend 22% bezogen auf die Gesamtkosten vor der Losgrößenoptimierung gesenkt werden.

Welches der verschiedenen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren in Analysebeispiel wie häufig als optimal identifiziert wurde, zeigt Abb. 5.

Prozentuale Verteilung der optimalen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren im Fallbeispiel



- Das generell „richtige“ wirtschaftliche Losgrößenverfahren gibt es nicht.
- Artikelspezifisch muss das geeignete Verfahren ermittelt werden.
- Durch die Anwendung der artikel-spezifisch geeigneten wirtschaftlichen Losgrößenverfahren ergebenden sich große wirtschaftliche Potenziale
- Mit modernen Softwaretools zur Dispoparameteroptimierung können die artikelspezifisch richtigen Verfahren automatisch ermittelt werden.

© Abels & Kemmner | www.ak-online.de

ANALYZE - SIMULATE - AUTOMATE

Abbildung 5: Prozentuale Verteilung der optimalen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren in einem konkreten Projektbeispiel

Die beträchtlichen Kosteneinsparungspotenziale lassen sich mit modernen Softwaremodulen zur Optimierung von Dispositionsparametern, wie z.B. DISCOVER, einfach und automatisch heben.

7

Der Umgang mit den Kosten bei der wirtschaftlichen Losgrößenoptimierung

Während man sich in der Praxis über die Gefahr falscher wirtschaftlicher Losgrößenverfahren meist keine Gedanken macht, wird viel darüber diskutiert, wie man zu korrekten Eingangskosten für die Losgrößenberechnung kommt.

Allgemein sind bei wirtschaftlichen Losgrößenverfahren zwei gegenläufig reagierende Kostenarten zu betrachten: einerseits die Lagerhaltungskosten und andererseits die Losauflagekosten, also die Beschaffungskosten bei Einkaufsartikeln bzw. die Rüstkosten bei Eigenfertigungsartikeln.

Diese beiden Kostengrößen stellen die zwei sensiblen Eingangsgrößen für die Berechnung der wirtschaftlichen Losgrößen dar. Die korrekte Ermittlung dieser Kosten wird in der Praxis meist als das größte Hindernis für die Anwendung wirtschaftlicher Losgrößenverfahren gesehen. Dabei ist das Thema der Kosten weniger herausfordernd, als gemeinhin befürchtet.

Welche Kosten zu berücksichtigen sind

Die Lagerhaltungskosten setzen sich aus einer ganzen Reihe von Kostenarten zusammen. Neben den Zinsen des gebundenen Kapitals gehören hierzu auch weitere Kostenarten, die oft noch deutlich größer ausfallen. Das sind vor allem: Kosten für Alterung und Verschleiß, Verlust und Bruch,

Transport und Handling innerhalb des Lagers, Lagerung und Abschreibung sowie Lagerverwaltung und Versicherung.

Zu den Beschaffungskosten zählen alle Kosten im Beschaffungsprozess, vor allem Bestellkosten, Mengenrabatte, Zusatzkosten bei ungünstigen Bestellmengen, Transport-, Versicherungs- und Verpackungskosten und ggfs. Wareneingangs- und Qualitätsprüfungskosten. Entsprechend können auch die Rüstkosten in der Eigenfertigung mehr umfassen als nur die Kosten für das Rüsten. Auch hier können z.B. Auftragsbearbeitungskosten, Reinigungskosten und Qualitätsprüfungskosten anfallen.

Es ist nicht möglich für jede Materialnummer in jedem Prozess präzise Kosten zu ermitteln. Üblicherweise wird bei der Betrachtung der Lagerhaltungskosten und der Losauflagekosten mit kalkulatorischen Werten gearbeitet, die Durchschnittswerte zumindest über eine Gruppe von Artikeln, tw. über alle Artikel hinweg darstellen. Dies führt im Normalfall zu akzeptablen Ergebnissen.

Nur variable Kosten zählen

Wichtig bei der Kostenbetrachtung ist, dass nicht die Vollkosten, sondern nur die variablen Kosten betrachtet werden dürfen; ein Fehler, der in der Praxis häufig anzutreffen ist. Losauflagekosten oder Komponenten von Lagerhaltungskostensätzen, die unabhängig von der Losgrößenentscheidung anfallen, spielen bei der Ermittlung der wirtschaftlichen Losgröße keine Rolle.

Nehmen wir als Beispiel den Maschinenstundensatz, der gerne dazu herangezogen wird, die Rüstkosten zu berechnen. Ein großer Teil des Maschinenstundensatzes besteht aus den Abschreibungskosten, umgelegt auf jeder Stunde der budgetierten Anlagenlaufzeit. Die Abschreibungskosten wachsen jedoch nicht proportional mit jeder Produktionsstunde der betrachteten Anlage. Vielmehr fallen sie sozusagen bereits in der ersten Sekunde des neuen Geschäftsjahres vollständig an. Ob auf dieser Maschine einmal in gesamten Jahr oder fünf Tage jede Woche gearbeitet wird, ändert nichts relevantes an den Abschreibungskosten; sie sind „eh da“ und die Praktiker sprechen deshalb gerne von den „Eh-da-Kosten“.

8

Auch ungenaue Kosten führen in die Nähe der wirtschaftlichen Losgröße

Glücklicherweise ist es nicht erforderlich ein wissenschaftliche Forschungsprojekt zur Kostenermittlung aufzusetzen. Die Auswirkungen selbst deutlicher Abweichungen der Losauflagekosten oder des Lagerhaltungskostensatzes von den „echten“ Werten führen zumeist nicht zu entsprechend großen Abweichungen bei den ermittelten optimalen Losgrößen.

Abb. 6 zeigt an einem Beispiel, wie sich die optimale Losgröße verändert, wenn man bei der Kalkulation des Lagerhaltungskostensatzes bzw. der Losauflagekosten um +/- 20% neben den „echten“ Werten liegt. Würde man mit dem Lagerhaltungskostensatz um 20% zu gering liegen, ergäbe sich aus der Berechnung eine optimale Losgröße von 87 Stück gegenüber „echten“ 77 Stück. Auf der in der Praxis wirkenden „echten“ Gesamtkostenkurve würde eine Losgröße von 87 Stück zu keinen gravierenden Gesamtkostenverschiebung gegenüber 77 Stück führen.

Unsere Erfahrung zeigt darüber hinaus, dass die vor einer wirtschaftlichen Losgrößenoptimierung angewendeten durchschnittlichen Losgrößen deutlich weiter von den jeweiligen optimalen Losgrößen entfernt liegen als die Losgrößen, die sich aus unpräzisen Kostenwerten ergeben.

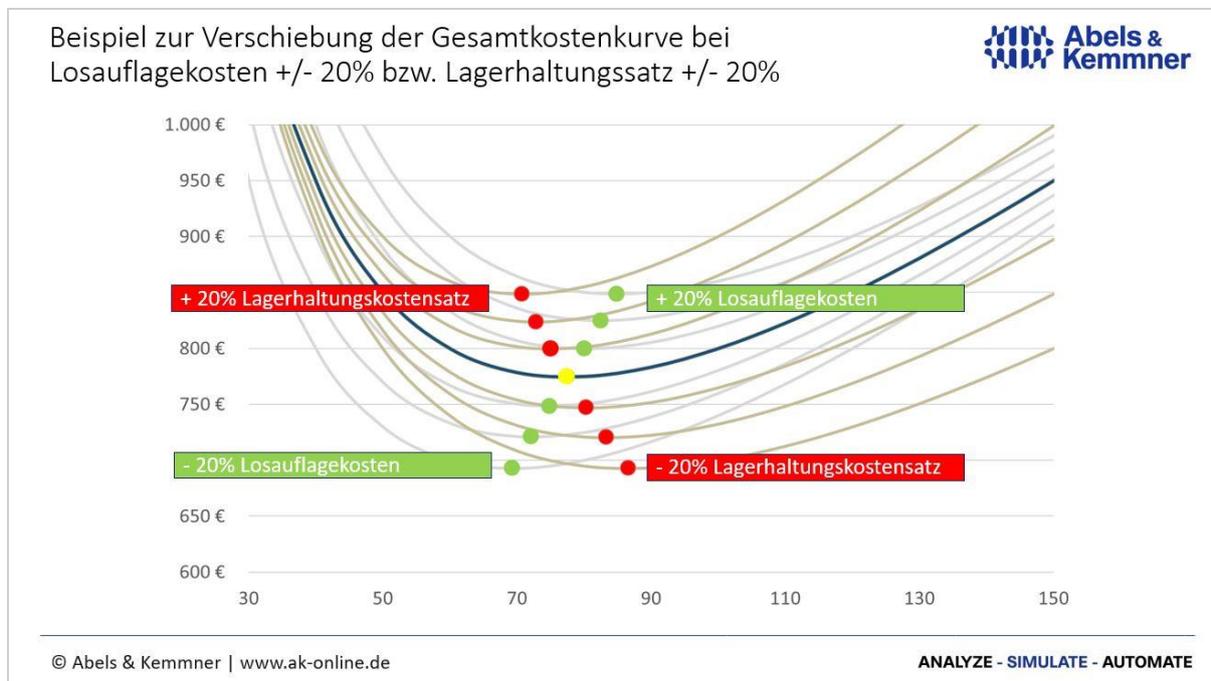


Abb. 6: Beispiel zur Verschiebung der Gesamtkostenkurve bei Losauflagekosten +/- 20% bzw. Lagerhaltungssatz +/- 20%

Kapazitätsgrenzen müssen geprüft werden

Hat man für jeden Artikel das wirtschaftlichste Losgrößenverfahren identifiziert, die Eingangskosten einigermaßen genau ermittelt und damit wirtschaftlichen Losgrößen für die betrachteten Artikel errechnet, gilt es, noch eine kleine Klippe zu meistern, über die man zuweilen stolpert.

Alle klassischen wirtschaftlichen Losgrößenverfahren betrachten eine einstufige Einprodukt-Fertigung ohne Kapazitätsbegrenzung. Weder werden Losgrößenabhängigkeiten zwischen verschiedenen Lagerstufen betrachtet, noch wird berücksichtigt, dass die Fertigungskapazität evtl. nicht ausreicht, um alle Artikel in den ermittelten wirtschaftlichen Losgrößen zu fertigen. Die Losgrößenabhängigkeiten zwischen verschiedenen Lagerstufen spielen in der dynamischen Situation der Praxis eine untergeordnete Rolle, nicht so die Fertigungskapazitäten.

Sollen nicht nur für ausgewählte Eigenfertigungsartikel, sondern für ein breites Spektrum an Eigenfertigungsartikeln wirtschaftliche Losgrößen berechnet werden, ist es wichtig zu prüfen, ob bei Anwendung der wirtschaftlichen Losgrößen, die verfügbaren Fertigungskapazitäten überschritten werden. Führt die Losgrößenoptimierung zu deutlich verringerten Fertigungslosgrößen, bedeutet dies, dass häufiger umgerüstet werden muss und damit Fertigungskapazität durch Rüsten belegt wird und nicht mehr für die Fertigung von Teilen genutzt werden kann. Ist das ERP-System in der Lage, aus

Planbedarfen, resultierenden Fertigungsaufträgen und anzuwendenden Arbeitsplänen die zukünftige Kapazitätsbelastung zu ermitteln, lässt sich schnell erkennen, ob ein solcher Engpasseffekt auftritt.

In einem solchen Falle kann über eine EPEI- (evry part every interval)-oder Rhythm Wheel Berechnung ein Losgrößenmix der verschiedenen Fertigungsteile ermittelt werden, bei dem die vorhandenen Fertigungskapazitäten ausreichen. Leistungsfähige ERP-Optimierungssysteme wie z.B. das oben angesprochene DISCOVER, können solche Kapazitätsprüfungen ebenfalls durchführen, die evtl. erforderliche EPEI-Berechnung anstoßen und die wirtschaftlichen Losgrößen so aufweiten, dass die Fertigungskapazitäten reichen.

Die Digitalisierung des Supply Chain Managements macht die Berechnung wirtschaftlicher Losgrößen zum Routineprozess

Die Ermittlung wirtschaftlicher Losgrößen stellt einen wesentlichen Baustein der Optimierung des Supply Chain Managements dar. Es gibt wenige sachliche Gründe, dem Einsatz wirtschaftlicher Losgrößen auszuweichen.

Allerdings muss man bereit sein, die digitalen Werkzeuge eines modernen Supply Chain Managements einzusetzen, um die Kostensenkungspotenziale wirtschaftlicher Losgrößen einfach, konsequent und sicher zu erschließen.

Die Kosten solcher Werkzeuge werden durch die Einsparmöglichkeiten mehr als ausgeglichen.