

Wie funktionieren die Lagerplanungsmodelle der Oracle Anwendungen?

Dr. Volker Thormählen

Bull GmbH

Köln

Schlüsselwörter

Bestellmengenrechnung, Bestellpunktsystem, Bestellrhythmusssystem, Bestellzeitpunkt, Bestellintervall, Geschäftsprozess, Lagerbestandsführung, Lagerbestandsrechnung, Lagerdisposition, Lagerplanungsmodell, Meldemengensystem, Min-Max-System

Zusammenfassung

Die im Modul "Lager" der Oracle Anwendungen R10.7 enthaltenen Lagerplanungsmodelle werden im Detail dargestellt und erläutert. Die dazugehörigen modulübergreifenden Geschäftsprozesse werden ebenfalls beschrieben. Abschließend werden die wichtigsten Merkmale der von Oracle unterstützten Lagerplanungsmodelle vergleichend gegenübergestellt. Auf Verbesserungsmöglichkeiten wird hingewiesen.

1 Abgrenzung des Themas

Dieser Beitrag beschäftigt sich in erster Linie mit den im Modul "Lager" enthaltenen Lagerplanungsmodellen (siehe Abb. 1, linker Zweig).

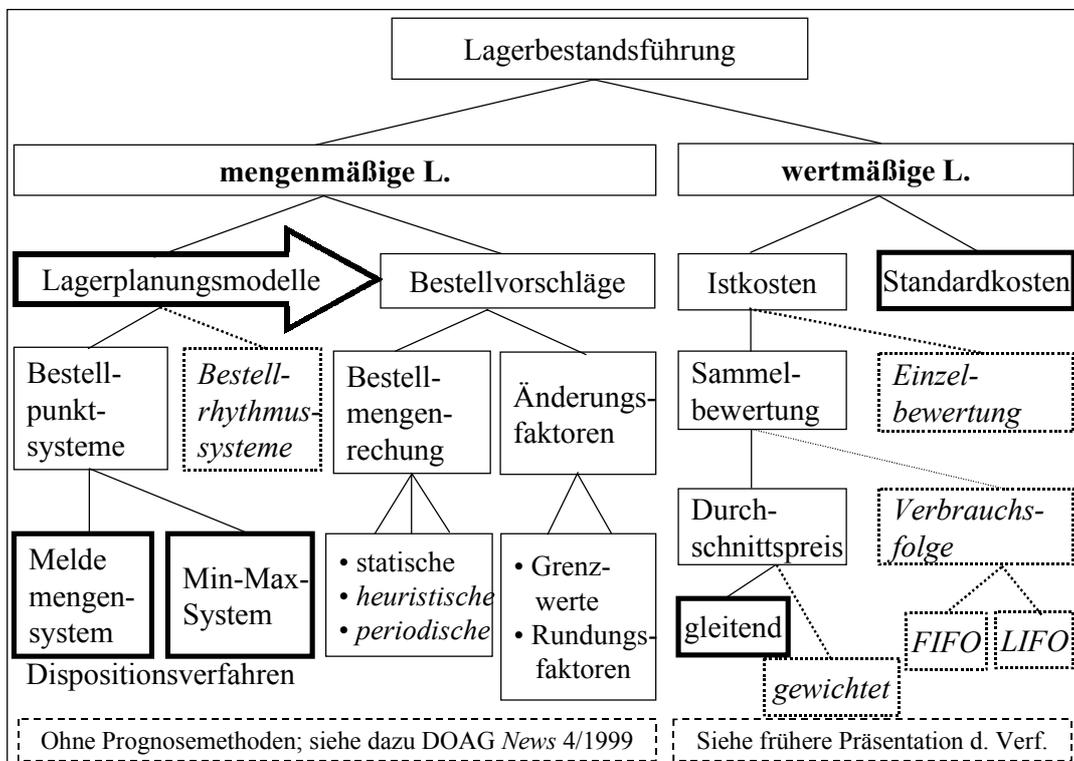


Abb. 1: Ausgewählte Funktionsbereiche der Lagerbestandsführung

Ziel der *verbrauchsgesteuerten* Lagerdisposition ist, bei festgestellter Bedarfsunterdeckung einen *Bestellvorschlag* zu erzeugen. Die Bestellmenge eines Bestellvorschlags wird dabei unter Berücksichtigung der im Artikelstamm gespeicherten *Grenzwerte* und *Rundungsfaktoren* bestimmt.

Der gesamte Funktionsbereich der *wertmäßigen* Lagerbestandsführung wird *nicht* behandelt. Die gebräuchlichen Methoden der Bestands- und Verbrauchsbewertung sind bereits anlässlich einer früheren Tagung der Apps-SIG vorgestellt worden (siehe [THO96]).

Auch die Methoden der Bedarfsprognose werden hier nur soweit wie notwendig abgedeckt. Eine ausführliche Darstellung der von Oracle unterstützten *Prognosemethoden* wird in den DOAG News Nr. 4/1999 erscheinen.

Abb. 1 veranschaulicht die beschriebene Themenabgrenzung. In gestrichelten Boxen oder *kursiv* dargestellte Funktionen sind im Modul "*Lager*" standardmäßig *nicht* enthalten.

2 Allgemeiner Überblick

Die im Modul "*Lager*" der Oracle Anwendungen enthaltenen Lagerplanungsmodelle zielen auf die Unterstützung der verbrauchsgesteuerten Lagerdisposition mittels statistischer Methoden. Die verbrauchsgesteuerte Lagerdisposition beruht auf Lagerplanungsmodellen, die sich anhand von zwei Fragestellungen einteilen lassen:

- Wie viel soll beschafft werden? (\Rightarrow *Bestellmenge*)
- Wann soll beschafft werden? (\Rightarrow *Bestellintervall*)

Diese Fragestellungen können gelöst werden, indem eines der vier in Abb. 2 aufgeführten Lagerplanungsmodelle (oder eine Variante davon) eingesetzt wird.

Bestellmenge ⇒ Bestellintervall ↓	fest	variabel
variabel	Meldemengen- system Bestellrhythmus: v Bestellmenge: f Maximalbestand: v	Min-Max-System Bestellrhythmus: v Bestellmenge: v Maximalbestand: f
konstant	<i>Periodische</i> Beschaffung in <i>konstanter</i> Höhe in ‚Oracle Lager‘ <u>nicht</u> vorgesehen	<i>Periodische</i> Beschaffung in <i>variabler</i> Höhe in ‚Oracle Lager‘ <u>nicht</u> vorgesehen
Anmerkungen: f:= fest; v:= variabel Obige Einteilung der Lagerplanungsmodelle berücksichtigt <i>nicht</i> die Anpassung der Bestellmenge durch die Mindest- / Höchstbestellmenge bzw. durch die Losbildungstechnik.		

Abb. 2: Einteilung der Lagerplanungsmodelle nach den Merkmalen Bestellmenge und Bestellintervall

Die in Abb. 2 dargestellten Entscheidungsregeln betreffen die Bestellmenge, die entweder fest vorgegeben oder variabel sein kann, und den zeitlichen Abstand zwischen zwei Bestellungen, der ebenfalls fest vorgegeben oder variabel sein kann.

Das Modul "Lager" der Oracle Anwendungen unterstützt nur Lagerplanungsmodelle mit *variablen* Bestellintervall:

- Die Kombination mit einer *festen* Bestellmenge führt zu einem Lagerplanungsmodell, das unter den Bezeichnungen Meldebestandssystem, Bestellpunktsystem oder 2-Behälter-System bekannt ist. Im Folgenden wird es immer als Meldemengensystem bezeichnet. Bei diesem System wird jeweils bei Erreichen oder Unterschreiten der Meldemenge eine kurzfristig konstante Menge bestellt.
- Die Kombination mit einer *variablen* Bestellmenge führt zu einem Lagerplanungsmodell, das gewöhnlich Min-Max-System genannt wird. Auch die Bezeichnungen "Auffüllung bis Maximalbestand" und "Bestellpunktsystem mit Höchstbestand" kommen dafür vor. Bei diesem System wird jeweils beim Erreichen oder Unterschreiten der Mindestlagermenge die Menge bestellt, die erforderlich ist, um die festgelegte Höchstlagermenge bei Lieferung zu erreichen.

Lagerplanungsmodelle mit gleich langen Bestellintervallen werden gewöhnlich unter dem Begriff Bestellrhythmusverfahren zusammengefasst. Ihr Einsatz ist erforderlich, wenn eine Bestellung (aus welchen Gründen auch immer) nicht sofort bei Unterschreitung der Meldemenge oder der Mindestlagermenge ausgelöst werden kann, sondern nur zu bestimmten Zeitpunkten. Beim Bestellrhythmusverfahren ist also eine zusätzliche Sicherheitsmenge zur Auf-

rechterhaltung der Lieferbereitschaft bis zum nächsten festen Bestelltermin erforderlich. Tendenziell führt das Bestellrhythmusverfahren zu höheren Lagerbeständen als das Meldemengensystem. Die Anwendung des Bestellrhythmusverfahrens ist vorteilhaft bei Sammelbestellungen (\Rightarrow Verbunddisposition statt Einzeldisposition) und dort, wo die tatsächlichen Lagerbestände nicht ständig überprüft werden können.

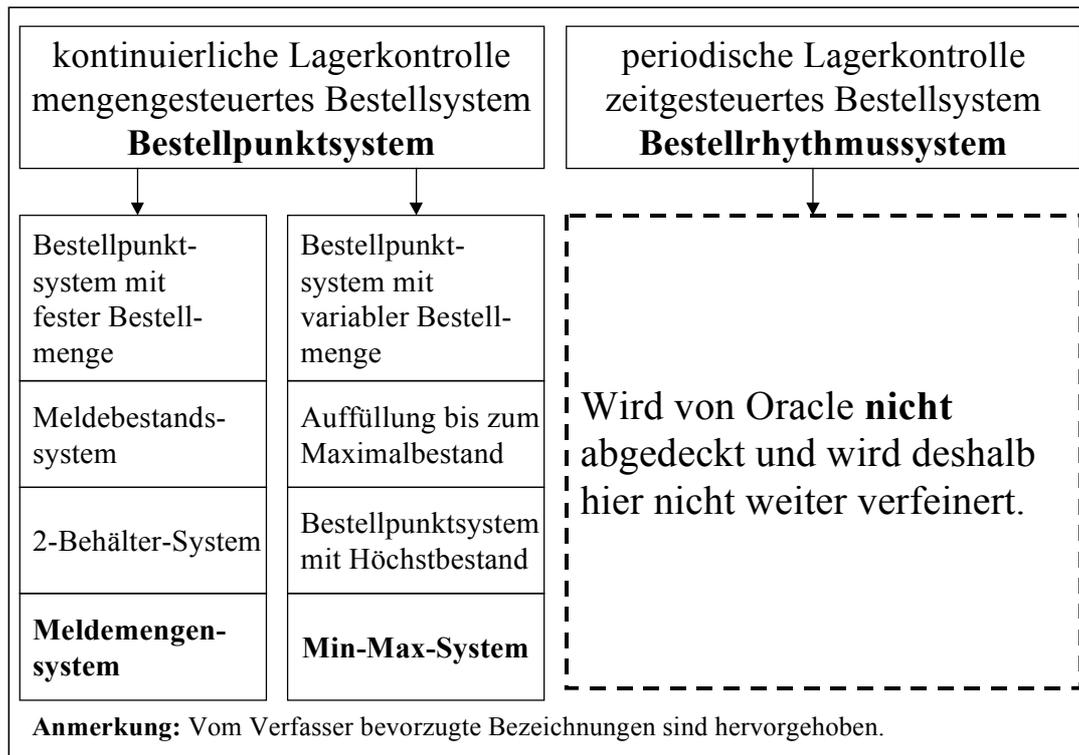


Abb. 3: Synonyme Bezeichnungen der Lagerplanungsmodelle

Im Materialwirtschaftsmodul des SAP R/3-Systems besteht die Möglichkeit zur *"rhythmischen Disposition"*. Dieses verbrauchsgesteuerte Dispositionsverfahren kommt typischerweise zum Einsatz, wenn ein Lieferant einen Artikel nur zu festen Zeitpunkten (gemäß Lieferrhythmus) liefert. Außerdem besteht die Möglichkeit, die *"rhythmische Disposition"* mit der *"Bestellpunktdisposition"* zu kombinieren. In diesem Fall wird ein Artikel nicht nur periodisch, sondern auch mengenmäßig disponiert, nämlich auch dann, wenn die Meldemenge durch einen Lagerabgang unterschritten wird.

Im Folgenden werden nur die im Modul *"Lager"* der Oracle Anwendungen enthaltenen Lagerplanungsmodelle behandelt. Zuvor werden kurz die modulübergreifenden Prozesse bei der verbrauchsgesteuerten Lagerdisposition skizziert.

3 Modulübergreifende Geschäftsprozesse

Die (Netto-) Bedarfsplanung mit dem Meldemengensystem oder dem Min-Max-System führt zunächst zu den Basisdaten für Bedarfsanforderungen (siehe Abb. 4).

Die Bedarfsanforderungen werden an das Modul *"Einkauf"* weitergeleitet und dort entweder in Bestellanforderungen (bei Fremdbezug) oder interne Anforderungen (bei Eigenfertigung) umgewandelt. Interne Anforderungen werden an das Modul *"Auftrag"* weitergeleitet und führen dort zu Innen- oder Betriebsaufträgen.

Für untergeordnete Läger ohne permanente Inventur¹ kann das Min-Max-System ebenfalls eingesetzt werden. Diese Möglichkeit wird hier jedoch nicht gesondert beschrieben.

¹ Sie werden im Original als "*non-tracked subinventories*" bezeichnet.

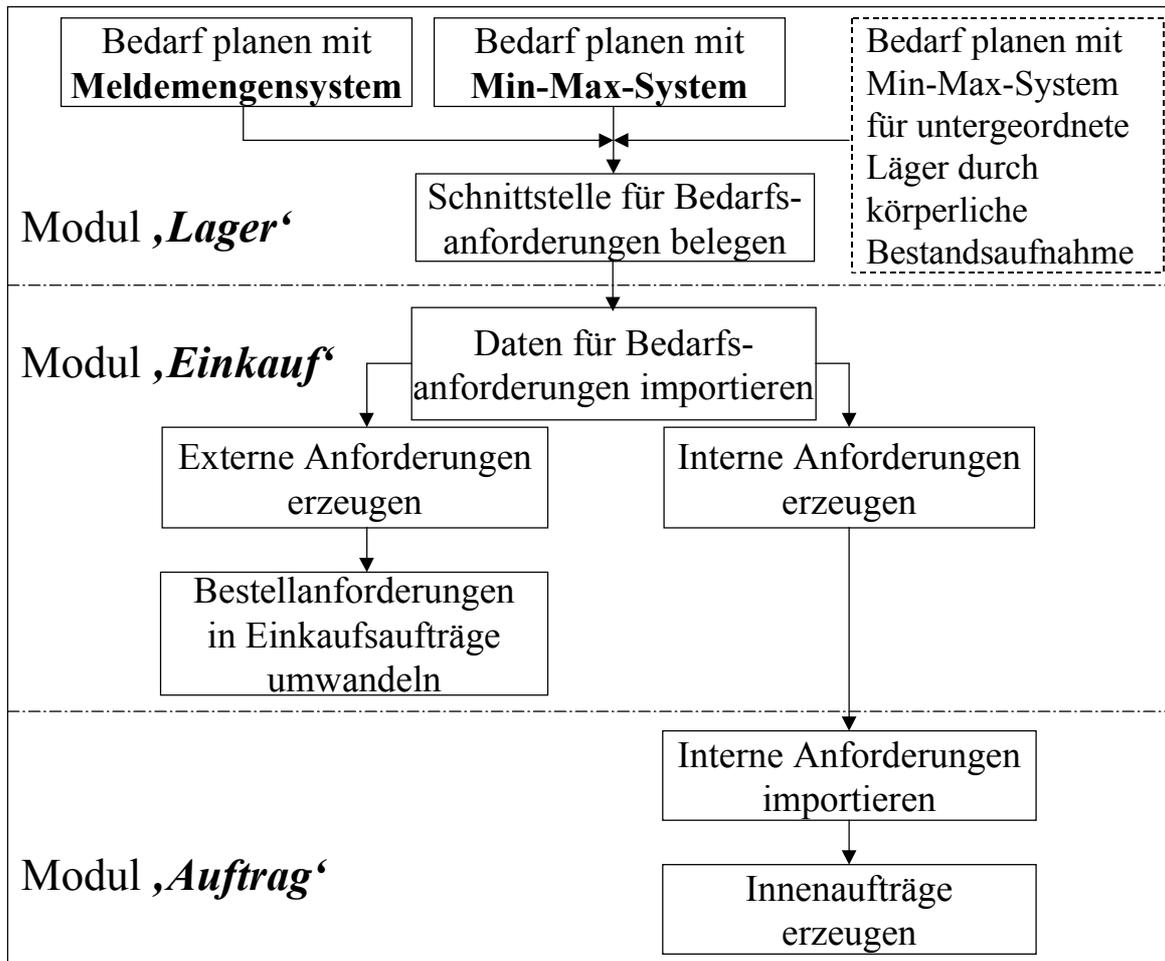


Abb. 4: Modulübergreifende Geschäftsprozesse bei der verbrauchsgesteuerten Lagerdisposition

4 Einsatzvoraussetzungen

Die Lagerplanungsmodelle des Moduls "Lager" beruhen auf folgenden drei grundlegenden Voraussetzungen:

- Lagerartikel
- verbrauchsgesteuerte Lagerdisposition
- permanente Inventur²

Lagerartikel sind solche, die einerseits lagerfähig sind und die andererseits auf Vorrat bestellt (Fremdbezug) oder erzeugt (Eigenfertigung) werden. In diesem Sinne sind Kosten-, Dienstleistungs- und Fremdbearbeitungsartikel keine Lagerartikel. Auch Investitionsgüter und langlebige Gebrauchsartikel, die im Anlagevermögen geführt werden, sind definitionsgemäß keine Lagerartikel.

² Der Begriff "cycle count" wird in der deutschen Lokalisierung des Moduls "Lager" mit "permanente Inventur" übersetzt. Das ist irreführend.

Die Lagerdisposition kann entweder *manuell* oder *maschinell* erfolgen. Im zuletzt genannten Fall kommen gewöhnlich die in Abb. 5 genannten Dispositionsarten zum Einsatz:

Dispositionsart	Planungsanstoß		Bedarfsrechnung	Bestellpolitik
	Industrie	Handel		
plan-gesteuert	Produktionsplan (bei Programm-fertigung)	Absatzplan	determinis-tisch	anonym
bedarfs-gesteuert	Kunden-auftrag (bei Auftrags-fertigung)	Kunden-auftrag (bei auftrags-abhängiger Beschaffung)	determinis-tisch (Stücklisten-auflösung)	auftrags-bedingte Bestellungen
verbrauchs-gesteuert	Verbrauchs-statistik	Absatz-statistik	statistisch	anonym

Abb. 5: Überblick über die Arten der Lagerdisposition und deren Begriffsfeld

Bei *plangesteuerter* Disposition entfallen bis auf die notwendigen Pufferläger alle Materialbestände.

Bei *bedarfsgesteuerter* Disposition werden Bedarfsanforderungen auf dem Weg über die Primär- und Sekundärbedarfsdisposition erzeugt. Die Addition von Primär- und Sekundärbedarf ergibt den Periodenbedarf. Wird davon die verfügbare Lagermenge abgesetzt, ergibt sich der zu beschaffende Nettoperienbedarf.

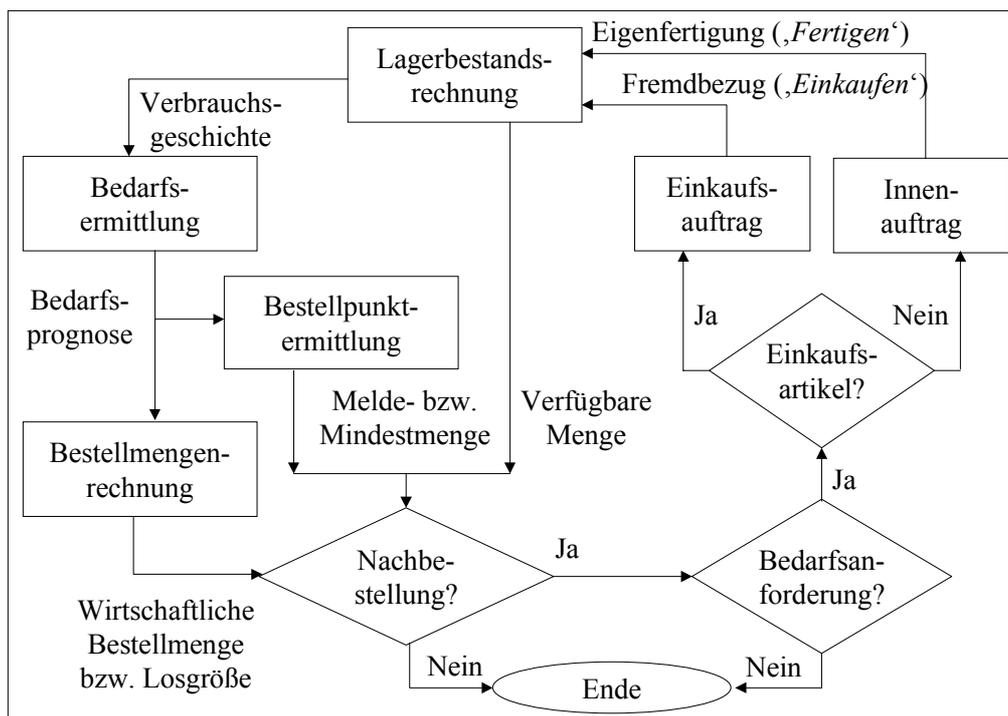


Abb. 6: Grundschemata der verbrauchsgesteuerten Lagerdisposition in den Oracle Anwendungen

Die *verbrauchsgesteuerte* Disposition des Moduls "Lager" (siehe Abb. 6) ist eine *Einzel-disposition* für anonyme Nachfrage. Sie beruht auf der Verbrauchs- oder Absatzstatistik und der verfügbaren Lagermenge eines Lagerartikels ohne direkte Verbindung zu entsprechenden Kundenaufträgen. Die verbrauchsgesteuerte Disposition erfolgt im Modul "Lager" mit den beiden weiter oben genannten Lagerplanungsmodellen. Bedarfsanforderungen werden bei Unterschreitung einer festgelegten Meldemenge (\Rightarrow Meldemengensystem) oder einer Mindestlagermenge (\Rightarrow Min-Max-System) ausgelöst.

Im Modul "Lager" erfolgt stets die permanente Inventur³ für Lagerartikel. Dabei wird der mengen- und wertmäßige Buchbestand bei allen Lagerbewegungen laufend wie folgt aktualisiert:

$$(1) \text{ Neuer Buchbestand} = \text{Alter Buchbestand} + \text{Zugänge} - \text{Abgänge}$$

Bei der permanenten Inventur müssen alle Lagerzugänge und -abgänge lückenlos registriert werden, damit der jeweilige Buchbestand mit der tatsächlichen Lagermenge so weit wie möglich übereinstimmt. Daher sind oftmals "geschlossene Läger" erforderlich.

Mit einer Stichtagsinventur⁴ oder einer zeitlich verteilten Inventur⁵, die eine körperliche Bestandsaufnahme mittels Messen, Wiegen oder Zählen bedingen, werden periodisch die Buchbestände (laut permanenter Inventur) mit den effektiven Inventurbeständen abgeglichen.

³ Die permanente Inventur ("perpetual inventory") stellt im Gegensatz zur Stichtagsinventur keine körperliche Bestandsaufnahme dar.

⁴ Im Original "physical inventory" genannt.

⁵ Im Original "cyclical inventory" genannt.

5 Einheitliche Terminologie

Zur verbalen und formalen Beschreibung des Meldemengensystems und des Min-Max-Systems werden folgende Begriffe benutzt:

Begriff / Variable	Dimension	Referenz
Ausstehende Liefermenge	Mengeneinheiten	Unreceived Order Quantity
Beschaffungszeit ⁶	Werktage	Order Lead Time
Bestellfixkosten	Geldeinheiten/Bestellung	Order Cost
Bestellmenge	Mengeneinheiten	Reorder Quantity
Bestellzeit	Werktage	Preprocessing Leadtime
Enddatum für Lagerabgänge	Tagesdatum	Demand Cutoff Date
Enddatum für Lagerzugänge	Tagesdatum	Supply Cutoff Date
Feste Bestellmenge	Mengeneinheiten	Fixed Order Quantity
Fester Losmultiplikator	Mengeneinheiten	Fixed Lot Size Multiplier
Gesamte Lagermenge	Mengeneinheiten	Total Inventory Quantity
Gute Lagermenge	Mengeneinheiten	Quantity On Hand
Höchstbestellmenge	Mengeneinheiten	Maximum Order Quantity
Höchstlagermenge	Mengeneinheiten	Maximum Quantity
Jahresbedarf	Mengeneinheiten/Jahr	Annual Actual Demand
Lagerkostenprozentsatz	Prozent/Jahr	Carrying Cost Percent
Lieferzeit	Werktage	Processing Leadtime
Meldemenge	Mengeneinheiten	Reorder Point
Mindestbestellmenge	Mengeneinheiten	Minimum Order Quantity
Mindestlagermenge	Mengeneinheiten	Minimum Quantity
Mittlere Bedarfsmenge	Mengeneinheiten/Werktag	Average Demand
Reservierte Lagermenge	Mengeneinheiten	Unshipped Sales Quantity
Servicegrad	Prozent	Service Level
Sicherheitsmenge	Mengeneinheiten	Safety Stock Quantity
Sicherheitsprozentsatz	Prozent	Safety Stock Percent
Stückkosten	Geldeinheiten/Mengeneinheit	Unit Cost
Überbrückungsmenge	Mengeneinheiten	Bridge-over Quantity
Verfallene Lagermenge	Mengeneinheiten	Expired Lot Quantity
Verfügbare Lagermenge	Mengeneinheiten	Total Available Quantity
Vorhergesagte Bedarfsmenge	Mengeneinheiten/Periode	Forecasted Demand
Wareneingangszeit	Werktage	Postprocessing Leadtime
Wirtschaftliche Bestellmenge	Mengeneinheiten	Economic Order Quantity

Tab. 1: Begriffe zur Darstellung der Lagerplanungsmodelle des Moduls "Lager"

Die in der ersten Spalte der Tab. 1 enthaltenen Begriffe stimmen nicht in jedem Fall überein mit den Feldnamen der einschlägigen Bildschirmmasken der deutschen Lokalisierung des

⁶ Falls das Stücklisten-Modul (BOM) installiert ist, kann die Beschaffungszeit automatisch berechnet werden und ersetzt dann den manuellen Eintrag.

Moduls "*Lager*", weil die Übersetzung aus dem US-Englischen oftmals unzutreffend oder uneinheitlich ist. Spalte 3 enthält eine Querverbindung zur Terminologie des Originalsystems.

6 Mengenmäßige Lagerbestandsführung

Im Rahmen der permanenten Inventur ist die mengenmäßige Lagerbestandsführung unabdingbare Voraussetzung für das Meldemengensystem und das Min-Max-System (vgl. Abschnitt 3).

Zur mengenmäßigen Bestandsführung zählt die Fortschreibung der effektiven Lagerbestände, der Bestellbestände (= *geplante Lagerzugänge*) und möglicherweise der Reservierungsbestände (= *geplante Lagerabgänge*). Letztere sind bei der verbrauchsgesteuerten Lagerdisposition in Handels- und Vertriebsunternehmen üblich.

Folgende drei Formeln gelten für die im Modul "*Lager*" geführten Bestandsarten:

- (2) Verfügbare Lagermenge = gute Lagermenge⁷ + ausstehende Liefermenge
- (3) Gute Lagermenge = gesamte Lagermenge - (Haltbarkeitsschalter * verfallene Lagermenge⁸)
- (4) Ausstehende Liefermenge = Σ Bestellmengen mit geplantem Zugangsdatum \leq Enddatum für Lagerzugänge
+ Σ Unterwegs befindliche Liefermengen mit geplantem Zugangsdatum \leq Enddatum für Lagerzugänge
+ Σ Interne Bedarfsanforderungen mit geplantem Zugangsdatum \leq Enddatum für Lagerzugänge

Der frei disponible Lagerbestand besitzt die gleiche Bedeutung wie die verfügbare Lagermenge.

"Reservierbar" ist eine Eigenschaft eines Artikels. Die für Aufträge reservierte Lagermenge⁹ wird bei der Berechnung der verfügbaren Lagermenge *nicht* berücksichtigt. Es werden lediglich die gute Lagermenge und die ausstehende Liefermenge herangezogen.

Das Enddatum für Lagerabgänge¹⁰ bewirkt nur, dass bis zu diesem Datum noch nicht erfüllte Bedarfsmengen (zum Beispiel offene Kundenaufträge) in den entsprechenden Auswertungen ausgewiesen werden. Diese Bedarfsmengen besitzen jedoch *keinen* Einfluss auf die Melde- oder Bestellmenge.

⁷ Die noch *nicht* verfallene Lagermenge wird hier als 'gute' Lagermenge bezeichnet.

⁸ Die verfallene Lagermenge ist dadurch gekennzeichnet, dass Verfalldatum < Tagesdatum ist

⁹ Die reservierte Lagermenge wird auch als Reservierungsbestand sowie als vorgemerker, vornotierter, verfügbarer, verplanter oder disponierter Lagerbestand bezeichnet. Diese Bestandsart wird üblicherweise wie folgt berechnet:

Verfügbare Lagermenge = Lagerbestand + Bestellbestand - Reservierungsbestand

Genehmigte Rücklieferungen von Kunden stellen geplante Lagerzugänge dar und sind deshalb ggf. in obige Formel aufzunehmen. Genehmigte Rücklieferungen und der Reservierungsbestand werden von Oracle bei der Nettobedarfsermittlung *nicht* berücksichtigt!

¹⁰ Im Original "*Demand Cutoff Date*" genannt.

In Formel (3) stellt der Haltbarkeitsschalter eine 0, 1-Variable dar. Der Haltbarkeitsschalter dient hier dazu, verfallene Lagermengen¹¹ bei der Berechnung der verfügbaren Lagermenge einzubeziehen oder außen vor zu lassen:

```
WENN "Vollständige Lossteuerung" UND "Verfallsüberwachung" gewählt, DANN ...
    Haltbarkeitsschalter = 1
SONST
    Haltbarkeitsschalter = 0
ENDE WENN
```

In Formel (4) wird der Planungshorizont für die ausstehende Lagermenge wie folgt bestimmt:

```
WENN zugesagter Anlieferungstermin vorhanden ist, DANN ...
    geplantes Zugangsdatum  $\Leftarrow$  zugesagter Anlieferungstermin
SONST
    geplantes Zugangsdatum  $\Leftarrow$  gewünschter Anlieferungstermin
ENDE WENN
```

Wesentlicher Bestandteil der ausstehenden Lagermenge ist der Bestellbestand (siehe Formel (4)) als Summe der laufenden ("*offenen*") Bestellungen, die noch *nicht* im Lager eingegangen sind, jedoch *geplante Lagerzugänge* darstellen.

¹¹ Das sind solche Lagermengen, bei denen das Verfalldatum überschritten wurde.

7 Meldemengensystem

7.1 Graphische Darstellung

Das Meldemengensystem arbeitet mit einer festen Bestellmenge (siehe Abb. 7 und Abb. 8). Zu den Zeitpunkten t_i ($i = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$) ist die verfügbare Lagermenge gerade kleiner als die Meldemenge. Diese Situation entspricht der Entscheidungsregel des Systems. Deshalb wird zum Zeitpunkt t eine Bestellung mit der festen Bestellmenge q_t vorgenommen. Der Lagerzugang der jeweiligen Bestellung wird (nach Ablauf der Beschaffungsdauer d) zum Zeitpunkt $t + d$ erwartet und führt dann zu einem sprunghaften Anstieg der Lagermenge (siehe Abb. 8).

Die Meldemenge (auch Signalmenge genannt) setzt sich aus zwei Bestandteilen zusammen:

$$(6) \text{ Meldemenge} = \text{Überbrückungsmenge} + \text{Sicherheitsmenge}$$

Die Meldemenge ist in der tatsächlichen Lagermenge enthalten. Die Überbrückungsmenge soll die Lieferfähigkeit während der (Wieder-) Beschaffungszeit sicherstellen. Sie wird wie folgt berechnet:

$$(7) \text{ Überbrückungsmenge} = \text{mittlere Bedarfsmenge} * \text{Beschaffungszeit}$$

In Formel (7) wird die mittlere Bedarfsmenge durch Anwendung einer vom Anwender ausgewählten Prognosemethode bestimmt.

Die Beschaffungsdauer (auch Eindeck- oder Vorlaufzeit genannt) setzt sich aus 3 Zeitspannen zusammen:

- Bestellzeit (Zeit zur internen Vorbereitung einer Bestellung)
- Lieferzeit (Zeit zwischen Bestellausgang und Wareneingang)
- Wareneingangszeit¹² (Zeit für Wareneingangsprüfung und Einlagerung)

$$(8) \text{ Beschaffungszeit} = \text{Bestellzeit} + \text{Lieferzeit} + \text{Wareneingangszeit}$$

Die (Wieder-) Beschaffungsdauer umfasst also die gesamte Zeitspanne zwischen der Auslösung einer Bedarfsanforderung und Lagerverfügbarkeit. Bei Eigenfertigung wird in Formel (8) die Durchlaufzeit statt der Lieferzeit angesetzt.

Die Sicherheitsmenge (auch eiserner Bestand genannt) soll vor folgenden Unsicherheiten schützen:

- höhere Verbrauchs- oder Absatzgeschwindigkeit als vorhergesagt
- längere Beschaffungszeit als erwartet

¹² Die Wareneingangszeit beinhaltet auch die Zeit zur Erfassung der Lagerzugänge im Modul "Lager".

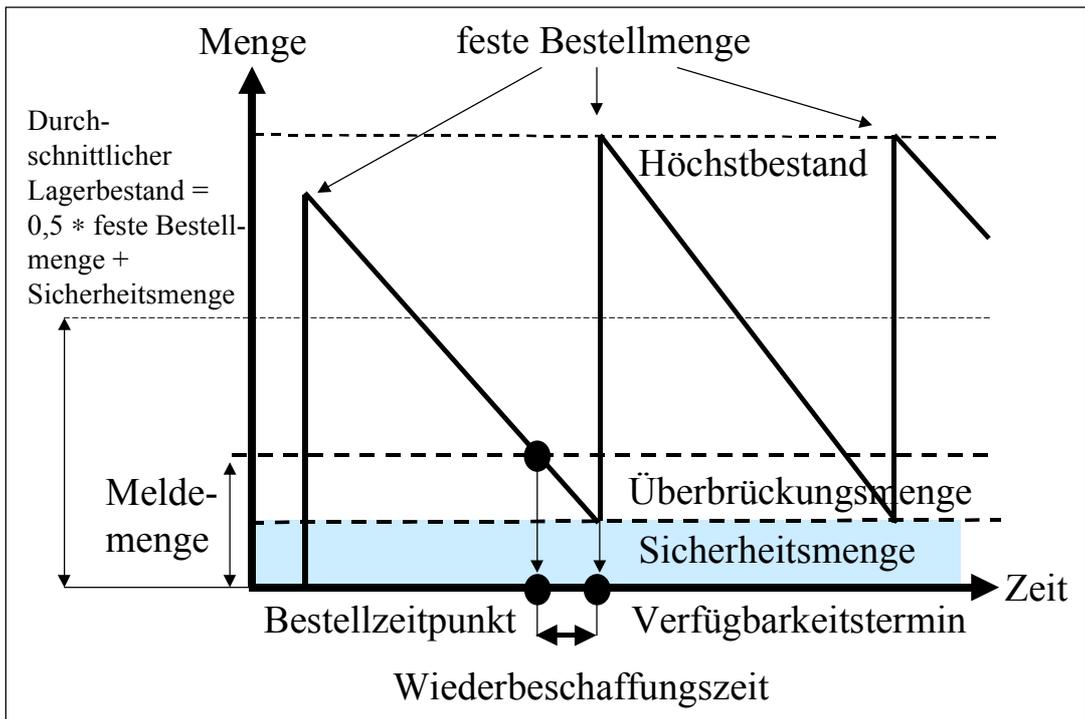


Abb. 7: Meldemengensystem bei gleichförmigem Bedarf und konstanter Beschaffungszeit

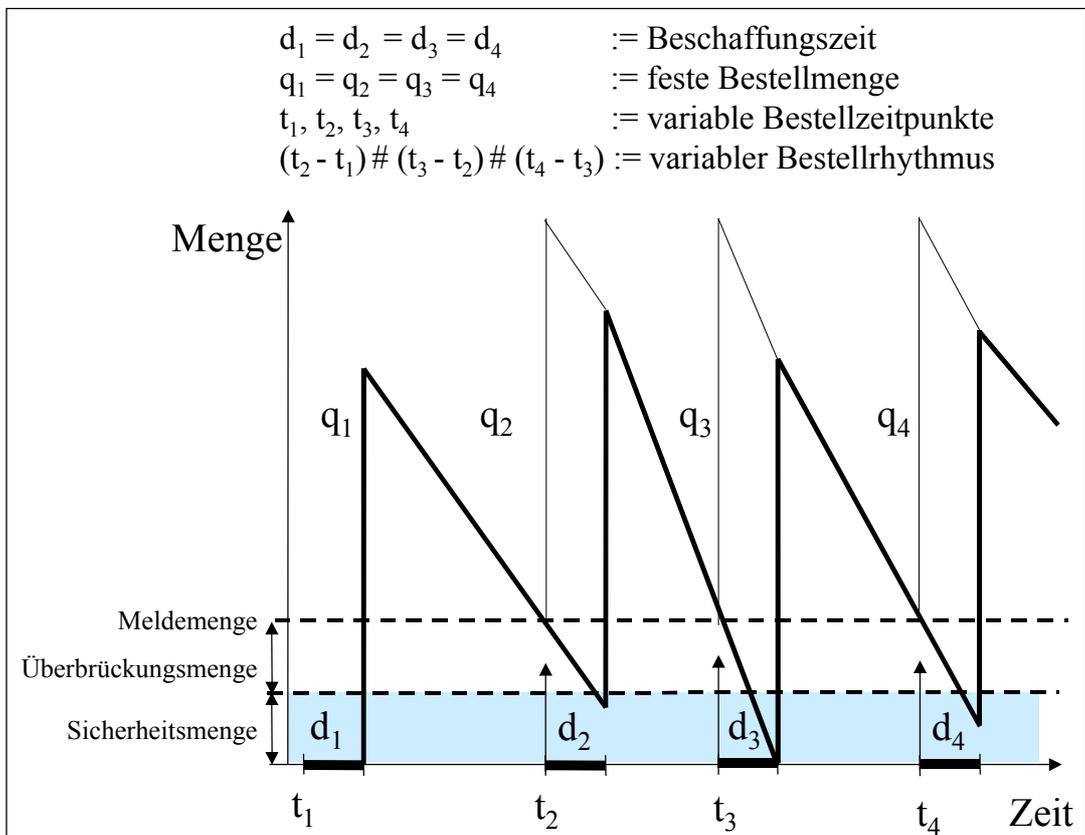


Abb. 8: Meldemengensystem bei schwankendem Bedarf und konstanter Beschaffungszeit

- Kontinuierlicher Lagerabgang in kleinen Mengen, so dass eine Unterschreitung der Meldemenge sofort erkannt werden kann.
- Laufende Überwachung der Lagerbestände (= permanente Inventur)
- Jederzeitige Bestellmöglichkeit in Höhe der festen bzw. wirtschaftlichen Bestellmenge.
- Konstante Beschaffungszeit (Mögliche Streuungen der Wiederbeschaffungszeit werden nicht geplant!)
- Konstanter, gleichmäßig verteilter Jahresbedarf (Gleicher Mittelwert u. gleiche Streuung des Bedarfs werden unterstellt!)
- Der Jahresbedarf kann gedeckt werden. (Das ist unmöglich, wenn häufiger Fehlmengensituationen auftreten!)

Abb. 9: Wesentliche Voraussetzungen des Meldemengensystems

Die bisherige Darstellung des Meldemengensystems beruht auf den in Abb. 9 genannten Voraussetzungen. Diese begrenzen in der Praxis die Einsatzmöglichkeiten des Meldemengensystems. Zum Beispiel kann mit einer konstanten Beschaffungszeit in der Praxis kaum gerechnet werden. Eine automatische Anpassung der Lieferzeit (vgl. Formel (8)) wäre deshalb vorteilhaft¹³. Die im Modul "Lager" von Oracle realisierte Variante des Meldemengensystems lässt eine dynamische Anpassung der Beschaffungszeit *nicht* zu.

7.2 Eingabewerte

Die Planungsebene für das Meldemengensystem ist die Lagerorganisation.

(9) Planungsebene = {"Organisation"}

Das bedeutet, dass keine Feineinstellung der Parameter für das Meldemengensystem je untergeordnetem Lager möglich ist.

Die Eingabewerte für das Meldemengensystem werden in folgenden Masken erfasst:

Maske	Maskenname	Menüpfad
M1	Artikel definieren (verwalten) ¹⁴	Navigieren, Artikel, Definieren (bzw. Verwalten)
M2	Sicherheitsbestand definieren	Navigieren, Planung, Sicherheitsbestand
M3	Bestellpunkt-Planung	Navigieren, Planung, Bestellpunkt
M7	Artikel-Kosten definieren	Navigieren, Kosten, Artikel, Definieren

¹³ Andererseits wird nicht selten die Ansicht vertreten, dass die Lieferzeit nicht vorhergesagt, sondern *dispositiv gesteuert* werden sollte. Das setzt allerdings eine erhebliche Nachfragemacht voraus.

¹⁴ Vorwiegend werden die Artikelattribute mit der Maske "Artikel verwalten" gepflegt. Die Maske "Artikel definieren" sollte nur beim erstmaligen Anlegen genutzt werden.

Folgende 6 Eingabewerte werden für das Meldemengensystem unbedingt benötigt:

Eingabewert	Maske
• Planungsmethode = "Bestellpunkt-Planung"	M1
• Methode für Sicherheitsbestand (4 Wahlmöglichkeiten, siehe weiter unten)	M2
• Sicherheitsmenge, Sicherheitsprozentsatz oder Servicegrad (vgl. Abschn. 6.3)	M2
• Bestellzeit (siehe Formel (8))	M1
• Lieferzeit	M1
• Wareneingangszeit	M1

Wahlweise sind noch folgende 3 Eingabewerte möglich, die zur Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge herangezogen werden:

Eingabewert	Maske
• Stückkosten (als Standard- oder gleitende Durchschnittskosten je nach Methode der Lagerbewertung ¹⁵)	M7
• Bestellfixkosten	M1
• Lagerkostenprozentsatz	M1

Der für die Berechnung der wirtschaftlichen Bestellmenge notwendige Jahresbedarf wird nicht eingegeben. Statt dessen wird er aus der jeweiligen Bedarfsprognose auf 1 Jahr hochgerechnet. Dies setzt voraus, dass eine entsprechende Bedarfshistorie bereits vorhanden ist.

Folgende 3 Eingabewerte sind wahlfrei. Wenn vorhanden, werden sie bei der endgültigen Bestimmung der Bestellmenge (bzw. Losgröße) berücksichtigt:

Eingabewert	Maske
• Mindestbestellmenge	M1
• Höchstbestellmenge	M1
• Fester Losmultiplikator	M1

Folgende Eingabewerte werden für die Lagerbestandsrechnung benötigt (vgl. Formel (4)):

Eingabewert	Maske
• Enddatum für Lagerzugänge	M3
• Enddatum für Lagerabgänge	M3

7.3 Sicherheitsmenge

Die Sicherheitsmenge dient hauptsächlich als Puffer zum Ausgleich von Bedarfs- und Lieferzeitschwankungen.

Zur Festlegung des Sicherheitsbestands gibt es im Modul "Lager" 4 Methoden:

¹⁵ Die Bewertungsmethode kann *nicht* auf Articlebene, sondern nur auf der Ebene der einzelnen Lagerorganisationen vorgegeben werden.

- Benutzerdefinierte Menge (Bedingt die Eingabe eines Datums „gültig ab“!)
- Benutzerdefinierter Prozentsatz der vorhergesagten Bedarfsmenge (Bedingt eine definierte Prognosemethode!)
- Mittlere absolute Abweichung (Bedingt eine definierte Prognosemethode sowie einen vorgegebenen *mengenmäßigen* Servicegrad!)
- Keine Festlegung (Sicherheitsmenge = 0)

Abb. 10: Methoden zur Festlegung des Sicherheitsbestands

Die folgende Fallstruktur verdeutlicht, wie die Sicherheitsmenge in Abhängigkeit von obiger Methodenwahl (siehe Abb. 10) bestimmt wird:

FALL

FALL 1 Methode für Sicherheitsmenge = "*Benutzerdefinierte Menge*"

Sicherheitsmenge = feste Bestandsmenge

FALL 2 Methode für Sicherheitsmenge = "*Benutzerdefinierter Prozentsatz*"

Sicherheitsmenge = vorhergesagte Bedarfsmenge * Sicherheitsprozentsatz / 100

FALL 3 Methode für Sicherheitsmenge = "*Mittlere absolute Abweichung*"

Sicherheitsmenge = $z * (1,25 * MAD)$

FALL 4 Methode für Sicherheitsmenge nicht spezifiziert

Sicherheitsmenge = 0

ENDE FALL

wobei:

z := Abszissenwert der standardisierten Normalverteilung ($\mu = 0, \delta = 1$) für den gewünschten Servicegrad, wobei $50 \leq \text{Servicegrad} < 100$.

1,25 := Annäherungswert für die Standardabweichung des absoluten Prognosefehlers, wenn dieser normalverteilt ist.

MAD:= Mittlerer abs. Prognosefehler; mittlere absolute Abweichung zwischen vorhergesagter und tatsächlicher Bedarfsmenge¹⁶.

Bei Fall 3 wird der konstante Faktor 1,25 in der Dokumentation (vgl. dazu [ORA94, S. 9-283]) *nicht* erklärt. In [VOL92, S. 721], kann die oben angegebene Bedeutung dieses Faktors nachgeschlagen werden.

7.3.1 Benutzerdefinierte Menge

¹⁶ Wie viele Perioden dabei von Oracle berücksichtigt werden, konnte vom Verfasser nicht ermittelt werden!

In diesem Fall ist die Höhe des Sicherheitslagers konstant. Neben der Menge ist ein dazugehöriges Beginndatum einzugeben.

7.3.2 Benutzerdefinierter Prozentsatz

Diese Option für die Sicherheitsmenge bedingt zwei Eingaben:

- die Bezeichnung einer Bedarfsvorhersage
- den gewählten Prozentsatz für die Höhe des Sicherheitsbestands

Beispiel:

Prognosemenge = 120 Stück/Periode
Prozentsatz für die Sicherheitsmenge = 10 Prozent

$$(10) \text{ Sicherheitsmenge} = \text{Prognosemenge} * \text{Prozentsatz für Sicherheitsmenge} / 100$$
$$12 = 120 * 10 / 100$$

7.3.3 Mittlere absolute Abweichung

Diese Option für die Sicherheitsmenge bedingt zwei Eingaben:

- die Bezeichnung einer Bedarfsvorhersage
- den Prozentsatz für den gewünschten mengenmäßigen Servicegrad

Der mengenmäßige Servicegrad¹⁷ ist wie folgt definiert:

$$(11) \text{ Mengenmäßiger Servicegrad in \%} = (\text{Anzahl sofort bedienter Entnahmewünsche} / \text{Gesamtzahl der Entnahmewünsche}) * 100$$

Die Erstellung einer Bedarfsvorhersage mittels exponentieller Glättung und die Berechnung der mittleren absoluten Abweichung werden im Folgenden anhand eines Zahlenbeispiels (siehe Tab. 2) in nachvollziehbarer Weise erläutert. Anschließend wird der Begriff "Servicegrad" ebenfalls anhand eines einfachen Zahlenbeispiels (siehe Tab. 5) erklärt.

Bei der kurzfristigen Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung der Zeitreihe der tatsächlichen Bedarfsmengen lässt sich nur eine gewünschte Lieferfähigkeit von 50 Prozent erreichen. Zur Berücksichtigung der Absatzunsicherheit kann die *mittlere absolute Abweichung* zwischen tatsächlicher und vorhergesagter Bedarfsmenge herangezogen werden. Diese Abweichungsgröße wird auch MAD (**M**ean **A**bsolute **D**eviation) genannt. Die Sicherheitsmenge, die zur Vorhersagemenge zugeschlagen werden muss, ergibt sich aus der Multiplikation von MAD mit einem Faktor für die gewünschte Lieferbereitschaft. Letzterer wird auch Servicegrad genannt.

Angenommen die tatsächliche (A_t) und vorhergesagte (F_t) Bedarfsmenge für Woche t habe sich in den letzten 20 Wochen wie in Tab. 2 (erste 3 Spalten) entwickelt. Außerdem wird angenommen, dass folgende Formel für das Grundmodell der exponentiellen Glättung¹⁸ mit einem Glättungsfaktor $\alpha = 0,1$ benutzt wird:

¹⁷ Der wertmäßige Servicegrad ergibt sich, indem in Formel (11) jeweils der *Bestellwert* statt der Zahl der Entnahmewünsche eingesetzt wird. In den Oracle Anwendungen ist offenbar stets der mengenmäßige Servicegrad gemeint.

¹⁸ Die Prognosemethoden der Oracle Anwendungen sind in [TH099] ausführlich dargestellt.

$$\begin{aligned}
 (12) \text{ Neue Prognose} &= \text{ Alte Prognose} + \text{ Glättungsfaktor} * (\text{Istabsatz} - \text{alte Prognose}) \\
 F_{t+1} &= F_t + \text{Alpha} * (A_t - F_t)
 \end{aligned}$$

Als Periode t kann 1 Tag, 1 Woche oder 1 Monat gewählt werden¹⁹. Der Glättungsfaktor liegt meist bei $0,1 \leq \text{Alpha} \leq 0,3$. Der Glättungsfaktor legt fest, in welchem Ausmaß der Prognosefehler ($A_t - F_t$) bei der neuen Prognose (F_{t+1}) berücksichtigt wird. Die exponentielle Glättung ist als Methode der kurzfristigen Bedarfsprognose beliebt, weil bei Anwendung der einfachsten Variante nur drei Werte gespeichert werden müssen:

- Tatsächliche Bedarfsmenge in Periode t, A_t
- Vorhergesagte Bedarfsmenge für Periode t, F_t
- Glättungskonstante, Alpha

Periode (Woche)	Absatzmenge (Ist)	Prognosemenge	Prognosefehler	Glättungskonstante * Prognosefehler	Absoluter Prognosefehler
t	A_t	F_t	$A_t - F_t$	Alpha * ($A_t - F_t$)	$ A_t - F_t $
1	104	100,2	3,8	0,38	3,8
2	105	100,6	4,4	0,44	4,4
3	103	101,0	2,0	0,20	2,0
...
18	98	100,0	-2,0	-0,20	2,0
19	104	99,8	4,2	0,42	4,2
20	?	100,2	?	?	?
Σ_A	1905		1,6	Σ	47,2
\emptyset_A	100,3			MAD = $\Sigma/19$	2,5
s_A	2,82				
Symbol	Bedeutung				
t	Periode (hier Woche)				
A_t	tatsächliche Bedarfsmenge in Periode t				
F_t	vorhergesagte Bedarfsmenge für Periode t				
$A_t - F_t$	Prognosefehler				
$ A_t - F_t $	absoluter Prognosefehler				
MAD	mittlerer absoluter Prognosefehler = $1/n * \Sigma A_t - F_t $, wobei hier $n = 19$				
Σ	Summe				
\emptyset	arithmetisches Mittel				
s	Standardabweichung				
Alpha	Konstanter Glättungsfaktor für exponentielle Glättung (hier 0,1 gewählt)				

Tab. 2: Tatsächliche und vorgesagte Bedarfsmenge nach Wochen

¹⁹ Für Artikel mit unregelmäßigem Absatz wird häufig das *Quartal* benutzt. Dieses Zeitraster kann im Modul "Lager" jedoch *nicht* gewählt werden.

Jede mögliche Normalverteilung gehorcht zwei Parametern μ (Mittelwert auf der Merkmalsachse) und δ (Streuung, Weite der Verteilung). Zur Standardisierung beliebiger Normalverteilungen wird gewöhnlich $\mu = 0$ und $\delta = 1$ gesetzt. Eine Normalverteilung mit den Merkmalswerten X_t wird standardisiert, indem folgende Transformation vorgenommen wird, um z_t zu erhalten:

$$(13) z_t = (X_t - \mu) / \delta$$

Tab. 3 enthält einen Auszug aus einer Tabelle für die standardisierte Normalverteilung:

Abszissenwert der NV (0, 1) (Zahl der Standardabweichungen)	Ordinatenwert der NV (0, 1)	Fläche unter der NV (0, 1) bei 1-seitiger Betrachtung	Fläche unter dem rechtem Endstück der NV (0,1) bei 1-seitiger Betrachtung	Fläche unter der NV (0, 1) bei 2-seitiger Betrachtung
z	$f(z)$	$F(z)$	$1 - F(z)$	$2 * F(z) - 1$
0,00	0,39894	0,500000	0,500000	0,000000
1,00	0,24197	0,841345	0,158655	0,682690
2,00	0,05399	0,977250	0,022750	0,954500
3,00	0,00443	0,998650	0,001350	0,997300
4,00	0,00013	0,999968	0,000032	0,999936

Anmerkung: Die gesamte Fläche unter der Normalverteilungskurve beträgt **1**. *Einseitige Betrachtung* bedeutet, dass nur die Fläche rechts vom Mittelwert betrachtet wird, deren Anteil an der Gesamtfläche **0,5** beträgt.

Tab. 3: Ausgewählte Ordinatenwerte und Flächen der standardisierten Normalverteilung (mit $\mu = 0$ und $\delta = 1$) in Abhängigkeit vom Abszissenwert z

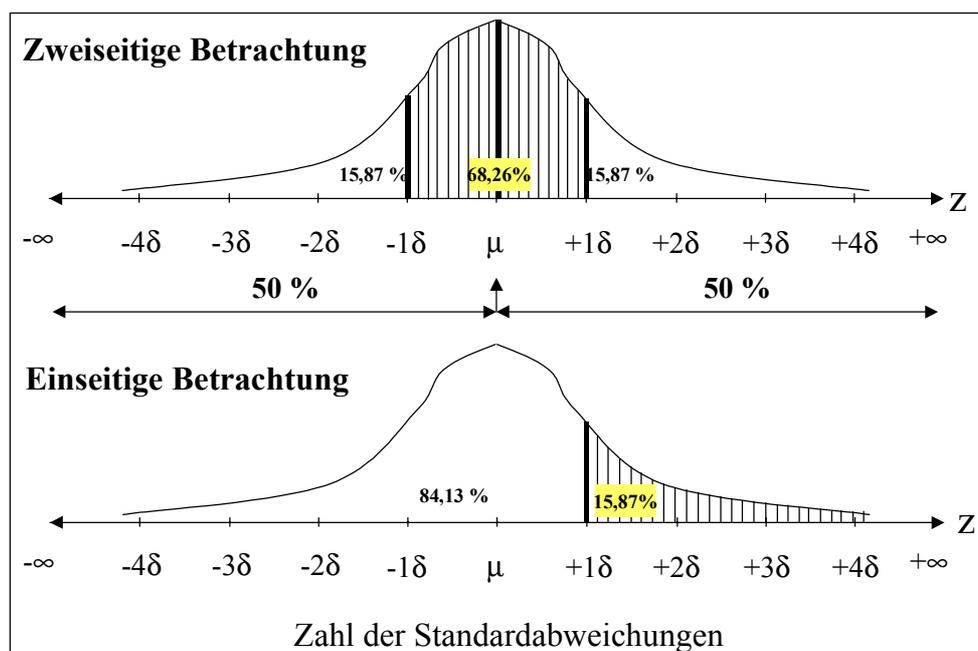


Abb. 11: Illustration der ein- und zweiseitigen Betrachtung der standardisierten Normalverteilung (mit $\mu = 0$ und $\delta = 1$)

- Bei *zweiseitiger* Betrachtung (siehe Abb. 11, oben) repräsentiert 1 Standardabweichung 68,26 Prozent der Fläche unter der Normalverteilungskurve.
- Bei *einseitiger* Betrachtung (siehe Abb. 11, unten) repräsentiert 1 Standardabweichung 15,87 Prozent der Fläche unter der Normalverteilungskurve.

Tab. 4 beinhaltet bezüglich des Abszissenwerts z und der Fläche $F(z)$ unter der Normalverteilungskurve grundsätzlich die gleiche Information wie Tab. 3, jedoch geordnet nach ausgewählten Servicegraden von 85 bis 99,5 Prozent (siehe dazu auch Abb. 23 in Anhang 3).

Servicegrad (%)	z	Servicegrad (%)	z	Servicegrad (%)	z	Servicegrad (%)	z
85,0	1,0364	90,0	1,2816	95,0	1,6449	97,5	1,9600
86,0	1,0803	91,0	1,3406	95,5	1,6954	98,0	2,0538
87,0	1,1264	92,0	1,4051	96,0	1,7507	98,5	2,1701
88,0	1,1750	93,0	1,4758	96,5	1,8119	99,0	2,3264
89,0	1,2265	94,0	1,5548	97,0	1,8806	99,5	2,5759

Servicegrad (%) entspricht $F(z) * 100$ (vgl. Tab. 3)
 z := Abszissenwert der standardisierten Normalverteilung (mit $\mu = 0$ und $\delta = 1$)
 Zur Ermittlung der Abszissenwerte z ohne Verwendung einer Normalverteilungstabelle siehe Anhang 2.

Tab. 4: Ausgewählte Servicegrade in Prozent und dazugehörige Abszissenwerte z der standardisierten Normalverteilung (mit $\mu = 0$ und $\delta = 1$)

Bei einem Servicegrad von 95 Prozent (siehe Hervorhebung in Tab. 4) ergibt sich ein Abszissenwert z der standardisierten Normalverteilung von 1,6449. Damit und mit der in Tab. 2 ermittelten mittleren absoluten Abweichung ($MAD = 2,5$) errechnet sich die Sicherheitsmenge wie folgt:

$$\text{Sicherheitsmenge} = z * 1,25 * MAD$$

$$(14) \text{ Sicherheitsmenge} = 1,6449 * 1,25 * 2,5 = 5,1403 \approx 5$$

Bei einem Servicegrad von 90 Prozent ergibt sich dementsprechend:

$$\text{Sicherheitsmenge} = z * 1,25 * MAD$$

$$(15) \text{ Sicherheitsmenge} = 1,2816 * 1,25 * 2,5 = 4,005 \approx 4$$

Wenn der Prognosezeitraum nicht mit der Beschaffungszeit übereinstimmt, muss die mittlere absolute Abweichung (MAD) wie folgt angepasst werden (vgl. dazu [VOL92, S. 721]):

$$(16) \text{ Sicherheitsmenge} = z * 1,25 * MAD * \sqrt{m}$$

Dabei stellt m die Beschaffungszeit dar, ausgedrückt als Vielfaches des Prognoseintervalls. Ob \sqrt{m} im Modul "Lager" von Oracle programmintern berücksichtigt wird, konnte vom Verfasser nicht ermittelt werden.

Angenommen der jährliche Bedarf beträgt 5210 Stück. Ein Servicegrad von 95 Prozent bedeutet, dass 5 Prozent des Jahresbedarfs nicht ausgeliefert werden kann. Das entspricht $(0,05 * 5210 =)$ 260,5 Stück. Wenn die Bestellmenge zum Beispiel 418 Stück beträgt, dann ergibt sich folgende Bestellhäufigkeit:

$$(17) \text{ Bestellhäufigkeit} = \text{Jahresbedarf} / \text{Bestellmenge} = 5210 / 418 = 12,5$$

Die durchschnittliche Fehlmenge je Bestellzyklus beträgt dann:

$$(18) \text{ Fehlmenge je Bestellzyklus} = \text{Fehlmenge je Jahr} / \text{Bestellhäufigkeit} = 260,5 / 12,5 = 20,9 \approx 21 \text{ (siehe Hervorhebung in Tab. 5)}$$

Service-grad (%)	100 - Servicegrad	Jahresbedarf	Fehlmenge je Jahr	Bestellmenge	Bestellhäufigkeit	Fehlmenge je Bestellzyklus
(a)	(b) = 100 - (a)	(c)	(d) = (b)/100 * (c)	(e)	(f) = (c)/(e)	(g) = (d)/(f)
90	10	5210	521,0	418	12,5	41,8
91	9	5210	468,9	418	12,5	37,6
92	8	5210	416,8	418	12,5	33,4
93	7	5210	364,7	418	12,5	29,3
94	6	5210	312,6	418	12,5	25,1
95	5	5210	260,5	418	12,5	20,9
96	4	5210	208,4	418	12,5	16,7
97	3	5210	156,3	418	12,5	12,5
98	2	5210	104,2	418	12,5	8,4
99	1	5210	52,1	418	12,5	4,2

Tab. 5: Fehlmenge je Bestellzyklus in Abhängigkeit vom gewünschten Servicegrad

7.3.4 Keine Sicherheitsmenge

In diesem Fall wird eine Sicherheitsmenge nicht gewünscht.

7.4 Bestellzeitpunkt

Die Entscheidungsregel für den Bestellzeitpunkt beim Meldemengensystem lautet wie folgt:

```

WENN verfügbare Lagermenge < Meldebestand, DANN ...
    Bestellvorschlag erstellen
    WENN Anforderung erstellen = "Ja", DANN ...
        Bedarfsanforderung erzeugen und Bestellung auslösen
    ENDE WENN
ENDE WENN
    
```


7.5 Bestellmengenrechnung

Die Bestellmengenrechnung ermittelt im Rahmen der Bedarfsplanung die Menge eines Artikels, die zu einem bestimmten Zeitpunkt, dem Bestellzeitpunkt²⁰, bestellt werden soll. Bei selbst hergestellten Artikeln wird in diesen Zusammenhang von *Losgrößenermittlung* gesprochen.

Abb. 12 bietet einen Überblick über die bekanntesten Methoden der Bestellmengenrechnung. Die vom Modul "Lager" unterstützten Methoden sind darin besonders hervorgehoben.

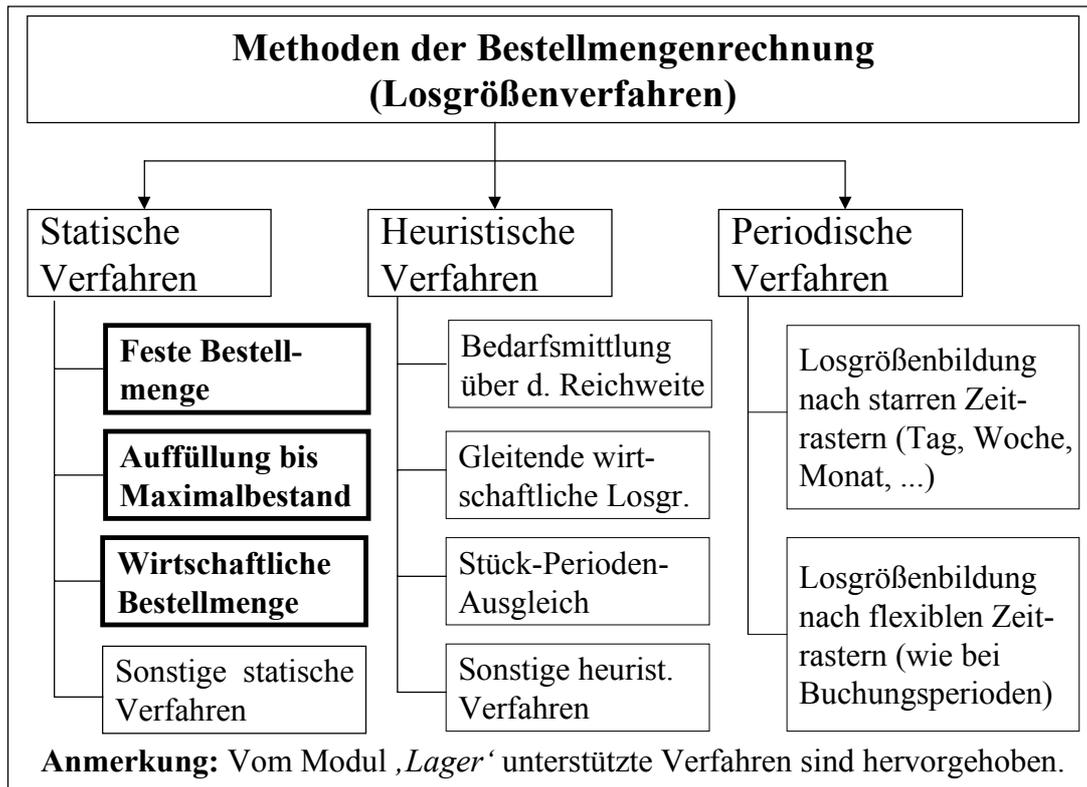


Abb. 12: Überblick über gebräuchliche Methoden der Bestellmengenrechnung

7.5.1 Wirtschaftliche Bestellmenge

Die Berechnung der wirtschaftlichen Bestellmenge (bzw. Losgröße) erfolgt gemäß folgender Entscheidungslogik:

WENN Stückkosten = 0, DANN ...

Wirtschaftliche Bestellmenge = 0

SONST

(19) Wirtschaftliche Bestellmenge = $\sqrt{((200 * \text{Bestellfixkosten} * \text{Jahresbedarf}) / (\text{Stückkosten} * \text{Lagerkostenprozentsatz}))}$

ENDE WENN

²⁰ Der *Bestellzeitpunkt* wurde bereits in Abb. 7 illustriert.

Die Konstante 200 in Formel (19) ergibt sich durch den Ansatz eines Lagerkostenprozentsatzes. Die in der Dokumentation (siehe [ORA94, S. 9-282]) angegebene Formel für die

wirtschaftliche Bestellmenge führt nur dann zum gleichen Ergebnis, wenn dort der Lagerkostenprozentsatz vorher durch 100 dividiert wird.

Abb. 13 veranschaulicht eine Möglichkeit zur graphischen Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge durch Bildung der Summenkurve aus den Kurven für die Lager- und Bestellkosten.

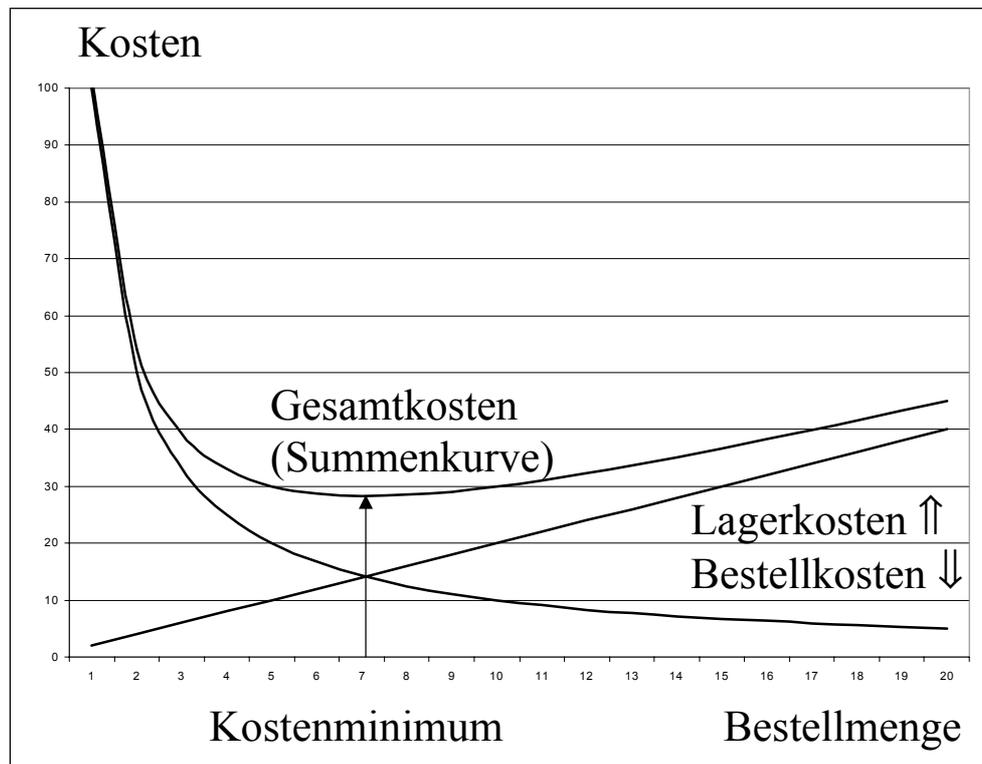


Abb. 13: Graphische Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge

Je nach der Zahl der Kalenderperioden = {12, 13} je Jahr wird der Jahresbedarf in Formel (19) wie folgt berechnet (also *nicht* eingegeben):

WENN Kalender mit 13 Perioden verwendet wird, DANN ...

Jahresbedarf \Leftarrow vorhergesagte Bedarfsmenge der aktuellen Periode * 13

SONST

Jahresbedarf \Leftarrow vorhergesagte Bedarfsmenge der aktuellen Periode * 12

ENDE WENN

Die wirtschaftliche (optimale) Bestellmenge beruht auf folgender Kostenfunktion K , die zu minimieren ist.

$$(20) K(\text{Bestellmenge}) = \text{Bestellfixkosten} * \text{Bestellhäufigkeit} + \text{Lagerwert} * \text{Lagerkostenprozentsatz}/100$$

Wird Formel (17) in (20) eingesetzt und der Lagerwert mit $(1/2 * \text{Bestellmenge} * \text{Stückkosten})$ angesetzt, ergibt sich folgende Kostenfunktion:

$$(21) K(\text{Bestellmenge}) = \text{Bestellfixkosten} * (\text{Jahresbedarf} / \text{Bestellmenge}) + (1/2 * \text{Bestellmenge} * \text{Stückkosten}) * \text{Lagerkostenprozentsatz}/100$$

Wird diese Kostenfunktion nach der Bestellmenge differenziert ergibt sich:

$$(22) dK(\text{Bestellmenge}) / d \text{Bestellmenge} = \text{Bestellfixkosten} * (\text{Jahresbedarf} / \text{Bestellmenge}^2) + 1/2 * \text{Stückkosten} * \text{Lagerkostenprozentsatz}/100$$

Wird der Differentialquotient in (22) gleich null gesetzt und nach der Bestellmenge aufgelöst, ergibt sich die klassische Wurzelformel (19) für die wirtschaftliche Bestellmenge²¹. Abb. 14 beinhaltet die wesentlichen Schwächen des klassischen Ansatzes.

- Erfordert *je Artikel* eine genaue Ermittlung der Bestell- und Lagerkosten.
- Setzt *konstanten* Jahresbedarf voraus.
- Unterstellt *linearen* Verlauf der Lagerkosten.
- Vernachlässigt *Staffelpreise*.
- Berücksichtigt keine *Degression* der Frachtkosten.
- Optimiert nicht *gleichzeitig* die Meldemenge. (Ein Algorithmus zur *simultanen* Optimierung von Bestell- und Meldemenge ist in Anhang 1 dargestellt.)
- Benutzt eine „*falsche*“ *Maßgröße* für die Verursachung der jährlichen Gesamtkosten. (Benutzt die Bestellmenge als „Kostentreiber“ *statt* Zahl der jährlichen Bestellpositionen.)

Abb. 14: Schwächen der klassischen Bestellmengenformel

Beispiel zur Berechnung der optimalen Bestellmenge:

²¹ Die klassische Wurzelformel zur Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge bzw. Losgröße berücksichtigt weder Preissprünge aufgrund von gestaffelten Mengenrabatten noch mögliche Kosteneinsparungen durch volle Ausnutzung von Transport- und/oder Ladeeinheiten. In Industriebetrieben mögen die jährlichen Bestellkosten jeweils von der Bestellmenge einzelner Materialien abhängen, in Handelsbetrieben (ggf. mit Verbunddisposition) dagegen werden die Bestellkosten hauptsächlich bestimmt durch die Zahl der Einkaufsaufträge und deren Umfang (\Rightarrow Zahl der Bestellpositionen). - Zur Kritik der klassischen Wurzelformel aus handelsbetrieblicher Sicht siehe u. a. [SMI78, "New Concepts of EOQ", S. 87 - 108]

Bestellfixkosten	=	150 DM
Jahresbedarf	=	5210 Stück
Stückkosten	=	90 DM
Lagerkostenprozentsatz	=	10 % je Jahr

$$(23) \text{ Optimale Bestellmenge} = \sqrt{((200 * 150 * 5210)/(90 * 10))} = 417,7 \approx \mathbf{418}$$

Die Bestellhäufigkeit beträgt dann:

$$(24) \text{ Jahresbedarf / Bestellmenge} = 5210 / 418 = 12,46 \text{ Bestellungen je Jahr}$$

Bei einer ganzzahlig gerundeten optimalen Bestellmenge von 418 Stück ergeben sich minimale Gesamtkosten je Jahr in Höhe von:

$$(25) K(\mathbf{418}) = (150 * 12,46) + (1/2 * \mathbf{418} * 90) * (10/100) = 1869,00 + 1881,00 = \mathbf{3750,00}$$

DM je Jahr (vgl. Formel (21))

7.5.2 Anpassung der Bestellmenge

Die Entscheidungsregel für die Ermittlung der endgültigen Bestellmenge (bzw. Losgröße) beim Meldemengensystem besteht aus zwei Schritten:

In einem *ersten* Schritt wird die Bestellmenge gleich der wirtschaftlichen Bestellmenge gesetzt:

$$(26) \text{ Bestellmenge} = \text{wirtschaftliche Bestellmenge}$$

In einem *zweiten* Schritt wird die Bestellmenge mittels folgender Größen angepasst (siehe Abb. 15):

Anpassung der Bestellmenge mittels ...

- Grenzwerte
 - Mindestbestellmenge
 - Höchstbestellmenge
- fester Losmultiplikator (Das ganze Vielfache einer Losgröße wird bestellt. Die Grenzwerte besitzen Vorrang.)

Abb. 15: Änderungsgrößen für die Bestellmenge

Im Einzelnen erfolgt die Anpassung der Bestellmenge gemäß folgender Logik²²:

```
WENN  Bestellmenge < Mindestbestellmenge, DANN ...
      Bestellmenge  $\leftarrow$  Mindestbestellmenge
SONST
      WENN  fester Losmultiplikator > 0, DANN ...
            WENN  (Bestellmenge mod fester Losmultiplikator) = 0, DANN ...
                  Bestellmenge  $\leftarrow$  fester Losmultiplikator * Ganzzahl (Bestellmenge / fester
                  Losmultiplikator)
            SONST
                  Bestellmenge  $\leftarrow$  fester Losmultiplikator * (Ganzzahl (Bestellmenge / fester
                  Losmultiplikator) + 1)
            ENDE WENN
      ENDE WENN
      WENN  Höchstbestellmenge > 0 UND Bestellmenge > Höchstbestellmenge, DANN ...
            Bestellmenge  $\leftarrow$  Höchstbestellmenge
      ENDE WENN
ENDE WENN
```

7.5.3 Feste Bestellmenge

Es gibt grundsätzlich die Möglichkeit, eine *"feste Bestellmenge"* vorzugeben. Dieses Artikelattribut ist jedoch *nur* für MPS/MRP²³ geplante Artikel anwendbar. Dort kann die Bestellvorschlagsmenge vorgegeben werden, welche bei MPS/MRP dann für die Erzeugung von Bestellvorschlägen benutzt wird. Wenn die Bestellvorschlagsmenge vorgegeben wird, dann werden die Artikelattribute *"Mindestbestellmenge"* und *"fester Losmultiplikator"* außer Kraft gesetzt.

8 Min-Max-System

8.1 Graphische Darstellung

Unterschreitet die verfügbare Lagermenge die festgelegte Mindestlagermenge, wird eine Bestellung in Höhe der Differenz zwischen Höchstlagermenge und verfügbarer Lagermenge ausgelöst, um den Bestand wieder bis zur Höchstlagermenge aufzufüllen. Die Länge der Bestellintervalle schwankt. Die Bestellmengen wechseln ebenfalls, jedoch geringfügig (siehe Abb. 16.).

Durch die Festlegung einer Obergrenze für die Lagermenge sollen unnötig hohe Lagerbestände verhindert werden.

²² $a \bmod b = a - \text{Ganzzahl}(a/b) * b$; lies a Modulo b. Zahlenbeispiel: $13 \bmod 9 = 4$

²³ **M**aster **P**roduction **S**chedule = Primärbedarfsdisposition; **M**aterial **R**equirements **P**lanning = Sekundärbedarfsdisposition.

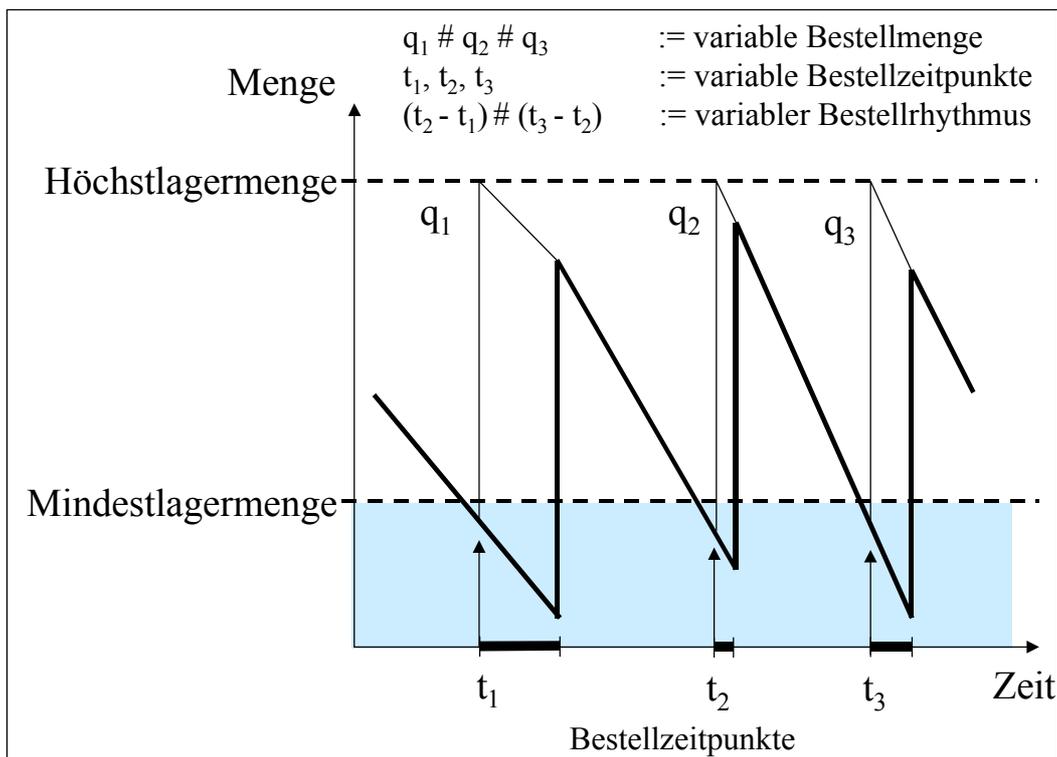


Abb. 16: Graphische Darstellung des Min-Max-Systems bei schwankendem Bedarf und schwankender Wiederbeschaffungszeit

In dem Ausmaß, in dem die Mindestlagermenge unterschritten wird, variiert die jeweilige Bestellmenge (siehe Abb. 16).

Zahlenbeispiel:

Höchstlagermenge = 60
 Mindestlagermenge = 50
 Verfügbare Lagermenge = 49 (unterschreitet die Mindestlagermenge, deshalb ...)
 Bedarf = Bestellmenge = 60 - 49 = 11
 (Voraussetzung: Mindestbestellmenge \leq 11 \leq Höchstbestellmenge)

8.2 Eingabewerte

Die Planungsebene für das Min-Max-System ist entweder die gesamte Lagerorganisation oder ausgewählte untergeordnete Läger:

(27) Planungsebene = {"Organisation", "Lager"}

Wenn die Planungsmethode "MinMax-Planung" auf Articlebene spezifiziert wird, dann gilt sie für die gesamte Lagerorganisation einschließlich der dazugehörigen Unterläger. Wenn diese Planungsmethode auf der Ebene der Lagerorganisation und der Unterläger angewandt werden soll, müssen Minimum- und Maximumwerte auf beiden Ebenen erfasst werden.

Je nach vorgegebener Planungsebene werden die dazugehörigen Grenzwerte für den Lagerbestand bei der Bestellmengenrechnung berücksichtigt:

WENN Planungsebene = "Organisation", DANN ...
 Benutze die auf Organisationsebene festgelegten Minimum- und Maximumwerte
 SONST
 Benutze die auf Unterlagerebene festgelegten Minimum- und Maximumwerte
 ENDE WENN

Die Eingabewerte für das Min-Max-System werden in folgenden Masken erfasst:

Maske	Maskenname	Menüpfad
M1	Artikel definieren (verwalten)	Navigieren, Artikel, Definieren (bzw. Verwalten)
M4	Artikel- / Lager-Daten definieren	Navigieren, Artikel, Steuerungen, Lager, Artikel-Lager
M5	Daten Lager / Artikel definieren	Navigieren, Artikel, Steuerungen, Lager, Lager-Artikel
M6	MinMax-Planung	Navigieren, Planung, MinMax

Folgende 3 Eingabewerte werden für das Min-Max-System unbedingt benötigt:

Eingabewert	Maske
• Planungsmethode = "MinMax-Planung"	M1
• Mindestlagermenge	M1
• Höchstlagermenge	M1

Folgende 3 Eingabewerte sind wahlfrei. Wenn vorhanden, werden sie bei Bestimmung der Bestellmenge (bzw. Losgröße) berücksichtigt:

Eingabewert	Maske
• Mindestbestellmenge	M4 oder M5
• Höchstbestellmenge	M4 oder M5
• Fester Losmultiplikator	M4 oder M5

Folgende beiden Eingabewerte werden für die Lagerbestandsrechnung benötigt (vgl. Formel (4)):

Eingabewert	Maske
• Enddatum für Lagerzugänge	M6
• Enddatum für Lagerabgänge	M6

8.3 Bestellzeitpunkt

Die Entscheidungsregel für den Bestellzeitpunkt beim Min-Max-System lautet wie folgt:

WENN verfügbare Lagermenge < Mindestlagermenge, DANN ...
 Bestellvorschlag erstellen
 WENN Anforderung erstellen = "Ja", DANN ...
 Bedarfsanforderung erzeugen und ggf. Bestellung auslösen

ENDE WENN
 ENDE WENN

8.4 Bestellmengenrechnung

8.4.1 Variable Bestellmenge

Die Bestellmenge (bzw. Losgröße) wird bestimmt, indem die verfügbare Lagermenge von der jeweils gültigen Höchstlagermenge abgezogen wird. Je nach der Höhe der verfügbaren Lagermenge schwankt deshalb die Bestellmenge:

(28) Bestellmenge = Höchstlagermenge - verfügbare Lagermenge

8.4.2 Anpassung der Bestellmenge

Die nach Formel (28) bestimmte Bestellmenge wird mit der gleichen Logik angepasst, die bereits beim Meldemengensystem beschrieben wurde (vgl. Abschnitt 6.5.2). Voraussetzung dafür ist, dass die wahlfreien Anpassungsgrößen definiert sind (vgl. Abschnitt 7.2).

Repräsentative Zahlenbeispiele:

Mindestbestand	Höchstbestand	Lagermenge	Bestellbestand	Verfügb. Menge	Bedarf	Min.Best.-menge	Max.Best.-menge	Losmultiplikator	Bestellmenge
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)=(c)+(d)	(f)=(b)-(e)	(g)	(h)	(i)	(j)
700	800	396	3	399	401	10	1000	10	410
700	800	395	5	400	400	10	1000	10	400
200	300	151	0	151	149	20	30	15	30
150	300	0	10	10	290	0	0	0	290
150	300	55	0	55	245	0	0	0	245
150	300	119	0	119	181	0	0	0	181
300	400	180	10	190	210	0	0	0	210
200	400	210	0	210	0	50	80	0	0

Tab. 6: Zahlenbeispiele zu Anpassung der Bestellmenge (bzw. Losgröße)

In Zeile 1 ist zum Beispiel ein Bedarf von 401 Mengeneinheiten ausgewiesen. 40 Lose je 10 Mengeneinheiten ergeben jedoch nur 400 statt der erforderlichen 401 Mengeneinheiten. Daher sind 41 Lose zu beschaffen, so dass die Bestellmenge auf 410 Mengeneinheiten erhöht wird. Die Mindest- und Höchstbestellmenge werden eingehalten: $10 \leq \text{Bestellmenge} \leq 1000$.

In Zeile 3 wirkt die Höchstbestellmenge (30) begrenzend, die hier ein ganzes Vielfaches des Losmultiplikators (15) darstellt. Trotz eines Bedarfs in Höhe von 149 Mengeneinheiten werden deshalb nur 30 bestellt.

9 Vergleichende Gegenüberstellung

Im folgenden Diagramm (siehe Abb. 17) werden die wichtigsten Merkmale der im Modul "Lager" unterstützten Lagerplanungsmodelle vergleichend gegenübergestellt.

Merkmale ↓	System ⇒	Meldemengen-	Min-Max-
Bestellmenge		fest	variabel
Wirtschaftliche Bestellmenge		ja	nein
Auffüllen bis Höchstbestand		nein	ja
Bestellintervall		variabel	variabel
Höchstlagermenge		nein	ja
Mindestlagermenge		ja (Meldemenge)	ja
Sicherheitsmenge		ja	nein
(Wieder-) Beschaffungszeit		ja	nein
Losgrößenmultiplikator		wahlweise	wahlweise
Mindestbestellmenge		wahlweise	wahlweise
Höchstbestellmenge		wahlweise	wahlweise
Planungsebene		Organisation	Unterlager
Dispositionsart nach ...		Verbrauch	Verbrauch
Eignung für Verbunddisposition		nein	nein
Eignung f. rhythmische Dispos.		nein	nein
Eignung f. geringwertige Artikel		nein	ja

Abb. 17: Vergleichende Gegenüberstellung der Merkmale der unterstützten Lagerplanungsmodelle

10 Verbesserungspotential

Der Betriebstyp, der durch die Funktionen des Moduls "Lager" am besten abgebildet wird, ist ohne Zweifel ein *Industriebetrieb* mit *diskreter* Fertigung. Deshalb stellt sich die Frage der *Passgenauigkeit* für anderer Betriebstypen, insbesondere die Anpassungsfähigkeit an die funktionalen und ablauforganisatorischen Anforderungen von Großhandels- und Vertriebsunternehmen. Wie bisher werden im Folgenden die *wertmäßige* Lagerbestandsführung²⁴ (vgl. Abb. 1) und *branchenspezifische* Anforderungen²⁵ außer Acht gelassen.

Aus handelsbetrieblicher Sicht könnte das Modul "Lager" an wichtigen Stellen funktional verbessert werden. Abb. 18 beinhaltet einige Verbesserungsvorschläge:

²⁴ Das Modul "Lager" unterstützt nur die Bestands- und Verbrauchsbewertung zu Standardpreisen oder gleitenden Durchschnittspreisen. Einzelbewertung und 'First In First Out' (FIFO) sind zur Zeit nicht verfügbar.

²⁵ Im technischen Großhandel ist zum Beispiel die *nicht-anonyme* Reservierung von Lagermengen auf der Ebene von Serialnummern erforderlich, die zur Zeit im Modul "Lager" nicht möglich ist.

- Der Reservierungsbestand sollte bei der Bestimmung der frei verfügbaren Menge berücksichtigt werden.
- Rücklieferungen von Kunden (und an Lieferanten) sollten dabei ebenfalls berücksichtigt werden.
- Sammelbestellungen sollten unterstützt werden (bei verbundenem Bedarf).
- Die rhythmische Disposition sollte verfügbar sein. (Ihre Anwendung wäre vorteilhaft für alle Artikel eines Lieferanten, die aus logistischer Sicht ähnlich zu disponieren sind.)
- Die Kombination aus rhythmischer Disposition und Bestellpunktdisposition sollte möglich sein.
- Wenn durch Rücklieferungen von Kunden geplante Lagerzugänge überflüssig werden, sollten die betreffenden Einkaufsbestellungen oder Innenaufträge vom System zur Stornierung vorgeschlagen werden.

Abb. 18: Verbesserungspotential des Moduls "Lager" aus handelsbetrieblicher Sicht

Zu den Verbesserungsmöglichkeiten zählt auch die *gleichzeitige* Optimierung von Bestellmenge und Sicherheitsmenge, die im Folgenden kurz beschrieben wird.

11 Gleichzeitige Bestimmung der optimalen Bestell- und Meldemenge

Sowohl für das Meldemengen- als auch für das Min-Max-System müssen die erforderlichen Eingabegrößen in bestmöglicher Weise bereit gestellt werden.

In Anhang 1 wird ein iterativer Algorithmus zur simultanen Bestimmung der optimalen Bestellmenge Q und der Meldemenge R wiedergegeben. Zur Automatisierung der Berechnungen dieses iterativen (Q, R) Verfahrens ist es notwendig, die Flächen unter der standardisierten Normalverteilung *ohne* entsprechende Tabellenwerte ermitteln zu können. Deshalb sind in Anhang 2 drei Funktionsunterprogramme dokumentiert, mit denen die Flächen unter der standardisierten Normalverteilung *tabellenlos* bestimmt (also errechnet) werden können.

12 Schlussbemerkung

Der Verfasser gibt in diesem Artikel sein *persönliches* Verständnis und seine *persönliche* Beurteilung der Lagerplanungsmodelle der Oracle Anwendungen wieder.

13 Anhang 1: Gleichzeitige Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge und der Meldemenge

Die Ausführungen in diesem Anhang sind nur für Leser bestimmt, die an quantitativen betriebswirtschaftlichen Methoden interessiert sind.

In [VOL92, S. 728 f] wird ein iterativer Algorithmus zur *simultanen* Bestimmung der wirtschaftlichen Bestellmenge und der Meldemenge bei Anwendung des Meldemengensystems beschrieben. Dieser wird hier kurz wiedergegeben. Dabei werden folgende Symbole benutzt (siehe Tab. 7):

Symbol	Bedeutung		Definition
A	Annual demand	Jahresbedarf	
C_c	Inventory carrying cost per unit per year	Lagerkostensatz je Stück und Jahr	$C_c = C_u * C_r$
C_q	Fixed ordering cost	Bestellfixkosten	
C_r	Annual inventory carrying cost rate	Lagerkostensatz je Jahr	$0 < C_r \leq 1$
C_s	Shortage cost per unit	Fehlmengenkosten je Stück	
C_u	Item unit cost	Stückkosten eines Artikel	
d	Demand during the replenishment lead time	Bedarfsmenge während der Wiederbeschaffungszeit	
d'	Average demand during the replenishment lead time	Mittlere Bedarfsmenge während der Wiederbeschaffungszeit (Überbrückungsmenge)	$d' = A/52 * L$
d_{max}	Maximum demand during the replenishment lead time	Höchste Bedarfsmenge während der Wiederbeschaffungszeit	
$E\{s\}_R$	Expected number of units short for a reorder point of R	Erwartete Fehlmenge bei der Meldemenge R	$\sum (d-R) * Pr\{d\}$ für $d = R + 1$ bis d_{max}
L	Average lead time in weeks	Mittlere Beschaffungszeit (Wochen)	
$Pr(d)$	Probability of a demand of d units during the replenishment lead time	Wahrscheinlichkeit einer Bedarfsmenge d während der Wiederbeschaffungszeit	
Q	Order Quantity	Bestellmenge	gesucht
R	Reorder point	Meldemenge	gesucht
S	Safety stock	Sicherheitsmenge	$S = R - d'$
TAC	Total Annual Cost	Gesamtkosten je Jahr	\Rightarrow Minimum

Tab. 7: Symbole und deren Bedeutung für das iterative (Q, R) System

Die jährlichen Gesamtkosten TAC betragen:

$$TAC(Q; R) = \underbrace{(A/Q)}_1 * C_q + \underbrace{(Q/2)}_2 * C_c + \underbrace{(R - d')}_3 * C_c + \underbrace{(A/Q)}_4 * C_s * E\{s\}_R \Rightarrow \text{Minimum}$$

Diese Kostenfunktion umfasst (von links nach rechts) 1. die Bestellkosten, 2. die Lagerkosten für das "aktive" Lager, 3. die Lagerkosten für das Sicherheitslager und 4. die Fehlmengenkosten. Die Terme der vorstehenden Kostenfunktion lassen wie folgt zusammenfassen:

$$\text{TAC}(\mathbf{Q}; \mathbf{R}) = (\mathbf{A}/\mathbf{Q}) * (\mathbf{C}_q + \mathbf{C}_s * \mathbf{E}\{\mathbf{s}\}_{\mathbf{R}}) + \mathbf{C}_c * ((\mathbf{Q}/2) + (\mathbf{R} - d')) \Rightarrow \text{Minimum}$$

Wird $TAC(Q; R)$ partiell nach Q differenziert und die 1. Ableitung gleich null gesetzt, dann ergibt sich für die Bestellmenge Q :

$$Q = \sqrt{[(2 * A * (C_q + C_s * E\{s\}_R)) / C_c]} = \sqrt{[2 * A / C_c * (C_q + C_s * E\{s\}_R)]}$$

Obige Wurzelformel wird in Schritt 4 des Algorithmus zur gleichzeitigen Bestimmung der Bestellmenge Q und der Meldemenge R benutzt (siehe Tab. 8).

Rechenschritte	
1.	Bestimme d. wirtschaftl. Bestellmenge $EOQ = \sqrt{(2 * A * C_q / C_c)}$ als 1. Annäherung an Q .
2.	Berechne $Pr\{d > R\} = Q * C_c / A * C_s$ und bestimme damit die Meldemenge R .
3.	Bestimme die erwartete Fehlmenge $E\{s\}_R$ mit der Meldemenge R aus Schritt 2.
4.	Berechne die Bestellmenge $Q = \sqrt{[(2 * A * (C_q + C_s * E\{s\}_R)) / C_c]}$ mit der Fehlmenge $E\{s\}_R$ aus Schritt 3.
5.	Wiederhole die Schritte 2 bis 4 solange, bis dabei die Meldemenge R in Schritt 2 und die Bestellmenge Q in Schritt 4 nicht mehr verändert werden.

Tab. 8: Rechenvorschrift zur gleichzeitigen Bestimmung der optimalen Bestell- und Meldemenge

Wenn die empirische Verteilung der Bedarfsmengen d durch eine Normalverteilung angenähert werden kann, ist es zweckmäßig, die Flächen unter der standardisierten Normalverteilungskurve per Programm zu berechnen, statt diese wiederholt aus einer entsprechenden NV-Tabelle abzulesen. In Anhang 2 werden die dafür notwendigen Funktionsunterprogramme dokumentiert.

14 Anhang 2: Tabellenlose Ermittlung der Flächen unter der standardisierten Normalverteilung

Im Folgenden werden drei Funktionsunterprogramme zur tabellenlosen Ermittlung der Flächen unter der standardisierten Normalverteilung (NV) dokumentiert, die u. a. für folgende Zwecke eingesetzt werden können:

- Iteratives (Q, R) Verfahren (siehe Anhang 1)
- Tabellenlose Bestimmung des Abszissenwertes z der standardisierten NV ausgehend von einem gewünschten Servicegrad in Prozent (siehe Tab. 4 in Abschnitt 6.3.3).

Die Dichtefunktion der standardisierten NV(0, 1) lautet:

$$f(z) = [1 / \sqrt{2 * \pi}] * e \exp(-0,5 * t^2) = e \exp(-0,5 * t * t) / \sqrt{2 * \pi}$$

Die Fläche unter der standardisierten NV im Intervall $-\infty$ bis z lässt sich durch Anwendung der Integrationsregel von Simpson bestimmen. Für betriebsstatistische Zwecke genügt es, das Intervall von -5 bis z Standardabweichungen zu integrieren und dabei 512 Subintervalle zu verwenden.

Im Übrigen dokumentieren sich die in der Programmiersprache C geschriebenen Funktionsunterprogramme selbst (siehe Abb. 19 bis Abb. 22).

```
/******  
* Iteratives Suchverfahren zur Bestimmung des Abszissenwertes  
* z der standardisierten NV (0, 1) für einen best. Servicegrad.  
* Eingabe:  
* Serv_Level = Servicegrad in Prozent (79,9 < Serv_Level < 100)  
* Epsilon = Fehlertoleranz für z (zum Beispiel 0.00001)  
* Ausgabe:  
* Z = Abszissenwert der standardisierten NV(0,1)  
*****/  
#include <conio.h>  
#include <stdio.h>  
#include <math.h>  
  
/*Funktionsprototypen*/  
  
double Bisection (double,double,double,double);  
double Distribu (double,double,int);  
double Density (double);  
  
/*Hauptprogramm*/  
  
void main(void)  
{  
    double Lo = 0.84; /*Definition und Initialisierung */  
    double Hi = 5.00;  
    double Eps = 0.00001;  
    double Serv = 80.0;  
    while(Serv < 100){ /*Ausgabeschleife*/  
        printf("Serv= %.1f\t Z1= %.4f\n",Serv++,Bisection(Serv,Eps,Lo,Hi));  
    }  
}
```

Abb. 19: Hauptprogramm (treibt "Bisection")

```

/*****
* Iteratives Suchverfahren zur Bestimmung des Abszissenwertes
* z der standardisierten NV (0, 1) für einen best. Servicegrad
* Eingabe:
* Serv_Level = Servicegrad in Prozent (50 < Serv_Level < 100)
* Epsilon = Fehlertoleranz für Z (zum Beispiel 0.00001)
* Low = Untergrenze für Z (Z = 0.84 entspricht 79,9 %)
* High = Obergrenze für Z (Z = 5.00 entspricht 100 %)
* Ausgabe:
* Z = Abszissenwert der standardisierten NV(0, 1)
*****/
double Bisection(double Serv_Level, double Epsilon, double Low, double High){
    double Area, Z_Val;
    while( fabs(High - Low) > Epsilon){
        Z_Val= (High + Low) / 2;
        Area = Distribu( -5.0, Z_Val, 512);
        if(Area > (Serv_Level/100)){
            High = Z_Val;
        }
        else
        {
            Low = Z_Val;
        }
    };
    return Z_Val;
}

```

Abb. 20: Funktionsunterprogramm "Bisection"

```

/*****
* Berechn. d. Verteilungsfunktion F(z) der standardisierten
* NV(0, 1) mittels numerischer Integration nach Simpson
* Eingabe:
* XA = untere Bereichsgrenze für z (-5 <= XA <= +5)
* XB = obere Bereichsgrenze für z (-5 <= XB <= +5)
* Intervals = Zahl der Intervalle (512 Subintervalle genügen)
* Ausgabe:
* Simpson = Fläche unter der standardisierten NV(0, 1)
*****/
double Distribu(double XA, double XB, int Intervals){
    double I_Width, Simpson, Simpson2, Simpson4, XU, XO;
    int I = 2;
    I_Width = (XB - XA) / Intervals;
    Simpson = Density(XA) + 4.0 * Density(XA + I_Width) + Density(XB);
    Simpson2 = 0;
    Simpson4 = 0;
    while (I <= (Intervals - 2)){
        XU = XA + I * I_Width;
        XO = XU + I_Width;
        Simpson2 += Density(XU);
        Simpson4 += Density(XO);
        I += 2;
    };
}

```

```
return (I_Width * (Simpson + 2.0 * Simpson2 + 4.0 *Simpson4) / 3.0);  
}
```

Abb. 21: Funktionsunterprogramm "Distribu"

```
/******  
* Berechn. d. Dichtefunktion f(z) d. standardisierten NV(0, 1)  
* Eingabe: Abszissenwert z ist einziger Parameter  
* Ausgabe: Zugehöriger Ordinatenwert  
*****/  
double Density(double Z){  
    double e = 2.718282;  
    double Pi = 3.1415927;  
    return pow(,-0.5 * Z * Z) / sqrt(2.0 * Pi);  
}
```

Abb. 22: Funktionsunterprogramm "Density"

15 Anhang 3: Ausbalancieren der Servicegrade eines ganzen Angebotsprogramms

Die Anwendung des gleichen Servicegrades (beispielsweise durchgängig 90 Prozent) auf ein Angebotsprogramm, das einerseits Absatzrenner und andererseits auch Lagerhüter umfasst, führt offenbar zu suboptimalen Ergebnissen bezüglich Servicegrad, Lagerumschlagshäufigkeit und Gesamtdeckungsbeitrag. Im Folgenden wird deshalb ein statistisches Verfahren²⁶ beschrieben, wie die Servicegrade eines gesamten Angebotsprogramms *simultan* (statt *isoliert*) geplant werden können. Zuvor wird veranschaulicht, wie sich die Erhöhung des Servicegrades auf den Sicherheitsbestand eines Artikels auswirkt

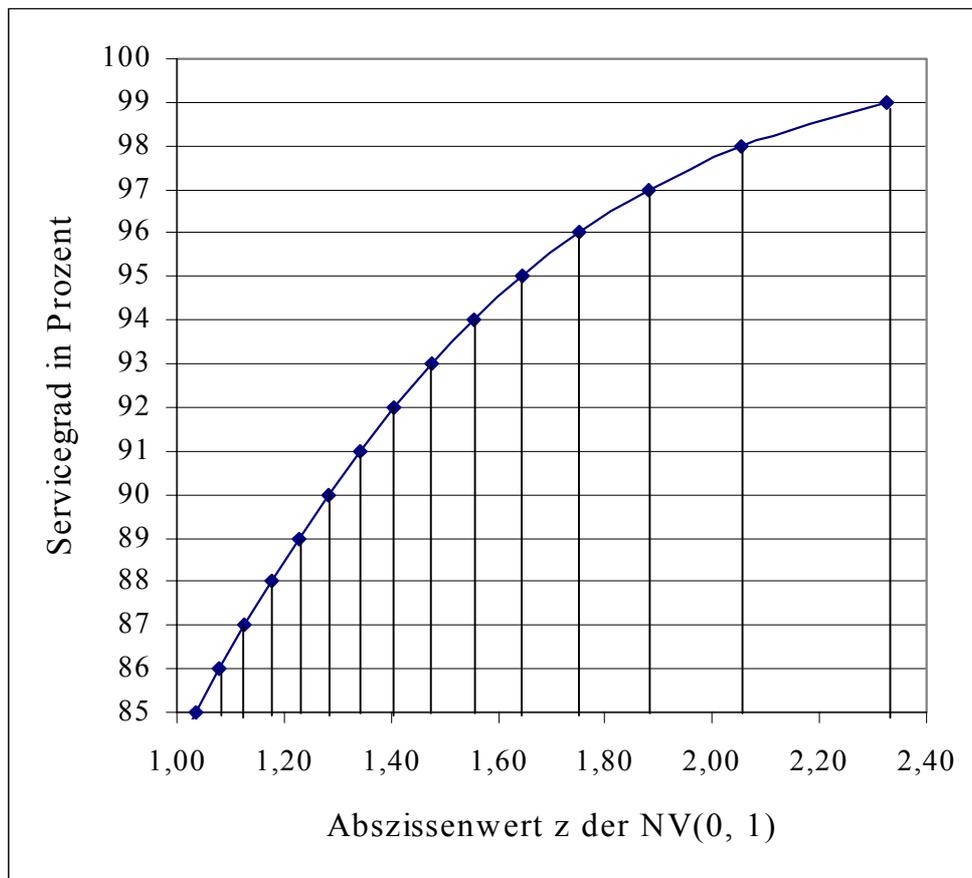


Abb. 23: Servicegrad in Abhängigkeit vom Abszissenwert z der Normalverteilung (0, 1)

Abb. 23 illustriert, dass eine lineare Erhöhung des Servicegrades zu einer *wachsenden Zunahme* des Abszissenwerts z der standardisierten Normalverteilung führt. Das bedeutet (wenn die Sicherheitsmenge mit der Methode "Mittlere absolute Abweichung" geplant wird), dass der Sicherheitsbestand eines Lagerartikels ebenfalls *zunehmende Zuwächse* aufweist. Diese Wirkung ist bei marktgängigen Artikeln erwünscht, aber nicht bei Artikeln, die nur gelegentlich von Kunden bestellt werden.

²⁶ Die Beschreibung des Verfahrens erfolgt in Anlehnung an [SMI78, S. 75-76]

Das Prinzip der ABC-Analyse lässt sich anwenden, um alle Artikel eines Angebotsprogramms in eine Rangreihe nach Maßgabe der *Zahl der jährlichen Auftragszeilen* zu bringen. Im folgenden Zahlenbeispiel umfasst das Angebotsprogramm 1000 Artikel. Artikelnummer 2413 (8119) weist die höchste (niedrigste) Rangzahl auf (siehe Tab. 9, Spalte b).

Artikelnummer	Rangreihe nach Auftragszeilen	Jährliche Auftragszeilen		Jahresumsatz	
		Anzahl	Kumulierte Prozente	Betrag in ganzen DM	Kumulierte Prozente
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
2413	1	998	0,42	34342	0,06
3542	2	995	0,84	44657	0,14
0778	3	974	1,25	3597	0,15
...
7661	998	2	100,00	9205	99,82
6761	999	1	100,00	70870	99,95
8119	1000	0	100,00	26112	100,00

Tab. 9: Rangreihe der Artikel eines Angebotsprogramms nach jährlichen Auftragszeilen

Zur Erzeugung des Inhalts der Tab. 9 genügt es, wenn je Artikel die Zahl der jährlichen Auftragszeilen und der Jahresumsatz bekannt sind. Danach ist nur noch die *absteigende* Sortierung nach jährlichen Auftragszeilen (siehe Spalte c) und die Berechnung der kumulierten Prozentsätze (siehe Spalte d und f) notwendig.

Die Einteilung der in Tab. 9 enthaltenen Artikel nach Maßgabe des *Jahresumsatzes* in 10 ungefähr gleiche Klassen führt zu dem in Tab. 10 dargestellten Ergebnis. Die Zuordnung von Servicegraden zu den 10 Klassen erfordert eine Entscheidung des verantwortlichen Lagermanagers nach seiner individuellen Erfahrung und Risikoneigung.

Klasse	Klassengrenzen für jährliche Auftragszeilen		Zahl der Artikel	Jährliche Nachfrage gemessen durch ...		Gewählter Servicegrad in Prozent
	von	bis		Auftragszeilen	Umsatz in ganzen DM	
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1	998	540	102	69314	5568523	94
2	539	387	107	49010	5590161	93
3	385	301	92	31713	5579688	92
4	301	233	96	25817	5560503	91
5	232	177	101	20575	5531400	90
6	176	125	105	15930	5577308	89
7	124	87	105	10890	5560525	88
8	87	64	96	7271	5553880	87
9	64	35	93	4753	5586120	86
10	35	0	103	1735	5191000	85
Summe			1000	237008	55299108	

Tab. 10: Klassifizierung der Artikel nach ungefähr gleichen Anteilen am Jahresumsatz

Da jede Klasse einen ungefähr gleichen Anteil am Jahresumsatz besitzt (siehe Tab. 10, Spalte f), wirkt sich eine lineare Änderung der Servicegrade um 1 Prozentpunkt bezüglich der Lagerkosten in allen Klassen ungefähr gleich aus. Die Klassifizierung hat letztlich zur Folge, dass der Sicherheitsbestand der marktgängigen Artikel erhöht und damit ihr Servicegrad verbessert wird. Das Gegenteil gilt für weniger häufig nachgefragte Artikel. Damit ist das Ziel erreicht, die Servicegrade aller Artikel eines Angebotsprogramms gleichzeitig zu optimieren.

Abschließend wird der Algorithmus²⁷ zur Erzeugung der Werte in den Spalten (a) bis (f) der Tab. 10 im Pseudo-Quellcode angegeben (siehe Abb. 24):

```
Öffne die Eingabedatei mit den Spalten "Artikel", "Auftragszeilen" und "Jahresumsatz"
Sortiere die Datensätze der Eingabedatei absteigend nach "Auftragszeilen"
Total_Umsatz          ⇐ Summe der Jahresumsätze aller Artikel
Klassen               ⇐ 10
Umsatz_je_Klasse     ⇐ Total_Umsatz / Klassen
Total_Artikel, Total_Zeilen, Total_Umsatz, Klasse ⇐ 0
Springe zum Dateianfang
Lese den ersten Datensatz
SOLANGE nicht Dateieinde
    Sum_Artikel, Sum_Zeilen, Sum_Umsatz ⇐ 0
    Klasse          ⇐ Klasse + 1
    Obergrenze      ⇐ Auftragszeilen
    SOLANGE Sum_Umsatz <= Umsatz_je_Klasse UND nicht Dateieinde
        Sum_Artikel ⇐ Sum_Artikel + 1
        Sum_Zeilen  ⇐ Sum_Zeilen + Auftragszeilen
        Sum_Umsatz  ⇐ Sum_Umsatz + Jahresumsatz
        Untergrenze ⇐ Auftragszeilen
        Lese den nächsten Datensatz
    ENDE SOLANGE
Ausgabe: Klasse, Obergrenze, Untergrenze, Sum_Artikel, Sum_Zeilen,
        Sum_Umsatz
Total_Artikel        ⇐ Total_Artikel + Sum_Artikel
Total_Zeilen         ⇐ Total_Zeilen + Sum_Zeilen
Total_Umsatz         ⇐ Total_Umsatz + Sum_Umsatz
ENDE SOLANGE
Schließe die Eingabedatei
Ausgabe: Total_Artikel, Total_Zeilen, Total_Umsatz
```

²⁷ Die Rechenvorschrift wurde vom Verfasser dieses Beitrags entwickelt.

Programmende

Abb. 24: Rechenvorgänge zur Erzeugung der Werte in Tab. 10

16 Literatur

- [LOG95] Logistics-Team der Bull GmbH, General and Specific Requirements for the Logistic OracleApplications Modules, Version 2.0, Cologne / Germany, 1995, 58 Seiten, 51 Abbildungen
- [ORA94] Oracle Corporation, Oracle Inventory Reference Manual, Volume 3, Part No. A12991-2, March 1994
- [VOL92] Vollman, Thomas E., Berry, William L., Whybark, D. Clay, Manufacturing Planning and Control Systems, 3. Aufl., Richard D. Irwin Inc., Homewood, Boston, 1992, ISBN 0-256-08808-X
- [SMI78] Smith, Bernad T., Focus Forecasting: Computer Techniques for Inventory Control, CBI Publishing Company, Inc., Boston 1978, ISBN 0-8436-0761-0
- [THO96] Thormählen, Volker, Inventory Valuation according to German Commercial and Tax Legislation, Version 2.1, Cologne / Germany, March 20, 1996, 24 Seiten, 5 Tabellen, 27 Abbildungen, 7 Literaturangaben, Selbstverlag
- [THO99] Thormählen, Volker, Wie kann der Einsatz der Prognosemethoden der Oracle Anwendungen vorbereitet werden?, in: DOAG News, Nr. 4/1999 (erscheint demnächst)

17 Kontaktadresse:

Dr. Volker Thormählen

in Firma Bull GmbH

Theodor-Heuss-Str. 60-66

D-51149 Köln-Porz

Tel.: + 49 (0) 2203 305-1719

Fax: + 49 (0) 2203 305-1699

Email: v.thormaehlen@bull.de