

Industrielle Disposition und Beschaffung

Grundgedanken der quantitativen Lagerplanung. Mit Grundbegriffen der Lagerkostenrechnung und Lagerstatistik für Produktionsbetriebe und verwandte Branchen.

Version 4.20 © Harry Zingel 1999-2008, EMail: HZingel@aol.com, Internet: <http://www.zingel.de>
Nur für Zwecke der Aus- und Fortbildung

Inhaltsübersicht

1.	Was ist Disposition?	2	4.3.2.	Bestellmenge	10
1.1.	Strategie und Taktik	2	4.3.3.	Höchstbestand	10
1.2.	Übersicht über grundlegende Beschaffungsstrategien	2	4.3.4.	Mittlerer Bestand	10
1.2.1.	Grundsätzliche Definition	2	4.4.	Kennziffern der Zeit	11
1.2.2.	Bestimmungselemente von Beschaffungsstrategien	2	4.4.1.	Lagerumschlagshäufigkeit	11
1.2.3.	Globale Konzepte	3	4.4.2.	Durchschnittliche Lagerdauer	11
1.2.4.	Strategische Make or Buy Entscheidungen	3	4.4.3.	Maximale Lagerdauer	11
1.2.5.	Logistische Konzepte	3	4.4.4.	Bestell- und Lieferintervall	11
1.3.	Das Marktmacht-Portfolio	4	4.4.5.	Exkurs zur Berechnung der Lagerdauer	11
1.4.	Das Versorgungsrisiko-Portfolio	4	4.5.	Gesamtmodell der summarischen Disposition	12
2.	Die Grundmodelle der Disposition	4	4.6.	Beispielrechnung zur summarischen Disposition	12
2.1.	Abalytische Verfahren	4	5.	Grundlegende Verfahren der Lagerstatistik	13
2.2.	Summarische Verfahren	5	5.1.	Mittelwert, Standardabweichung und Varianz	13
3.	Analytische Disposition	6	5.2.	Verschiedene Verteilungsarten	13
3.1.	Stücklistenbasierte Verfahren	6	5.2.1.	Grundmodell der Gleichverteilung	13
3.1.1.	Definition der Stückliste	6	5.2.2.	Grundmodell der Normalverteilung	14
3.1.2.	Verschiedene Arten von Stücklisten	6	5.3.	Das Risiko der Lieferunfähigkeit	15
3.2.	Der Gozintograph	7	6.	Grundzüge der Lagerkostenrechnung	15
3.3.	Gesamtmodell der analytischen Disposition	7	6.1.	Kostenarten im Lager	15
3.4.	Eignung der analytischen Verfahren	8	6.2.	Bestimmung der Gesamtkosten der Lagerung	16
4.	Summarische Disposition	8	6.3.	Entnahmestrategie und Verbrauchskosten	17
4.1.	Wichtige Kennziffern der summarischen Disposition	8	6.4.	Entnahmestrategie und Lagerdauer	19
4.2.	Basisparameter der summarischen Disposition	9	6.4.1.	Lagerzeitkennziffern bei Durchschnittsbewertung	19
4.2.1.	Wichtige Definitionen	9	6.4.2.	Lagerzeitkennziffern bei FIFO-Bewertung	19
4.2.2.	Bedeutsame Grundannahmen	9	6.4.3.	Lagerzeitkennziffern bei LIFO-Bewertung	19
4.3.	Bestandkennziffern	10	7.	Ein Lösungsbeispiel in Excel	20
4.3.1.	Eiserner Bestand	10	8.	Abkürzungen und Symbole	20

In Zeiten zunehmender Beschränkungen des produktiven Sektors werden logistische Konzepte immer wichtiger. Das offenbart sich schon am Inhalt der universitären Lehrpläne, die den Begriff „Produktionstheorie“ heute kaum noch enthalten, dafür aber „Logistik“ oder „Beschaffung“ mehr oder weniger synonym einsetzen: es wird also nicht mehr produziert, sondern nur noch transportiert oder beschafft!

Dieses kleine Skript eröffnet die Reihe der logistisch-materialwirtschaftlich orientierten Inhalte der Webseite und der BWL CD. Es wird durch die Skripte „Bestellmenge.pdf“, „Produktion Skript.pdf“ und „Produktion Kosten.pdf“ sowie die Skripte zur Logistik ergänzt.

Die folgenden Dateien enthalten numerische Lösungen zu den hier dargestellten Problemen und sollten ggfs. ausprobiert werden:

Angebotsvergleich.xls	Angebotsvergleich, mit Berechnung der Lagerkennziffern.
Demonstration Normalverteilung.xls	Probieren Sie das Konzept der Normalverteilung interaktiv aus!
FIFO-LIFO Modellrechnung.xls	Handelsrechtliche Bewertung nach Durchschnitts- und Verbrauchsfolgeverfahren.
Gauß'sche Normalverteilung.xls	Tabelle der Normalverteilung.
Kalk Kosten.xls	Grundmodell der kalkulatorischen Kosten.
Lager Kennziffern Visualisierung.xls	Visualisiert die Lagerkennziffern. Interaktives Tool.
Lager Kennziffern.xls	Berechnet die Lagerkennziffern. Mit eigener Visualisierung.
Lagerkosten Rabatt.xls	Berechnet die Lagerkennziffern bei Rabatten im Einkauf. Mit Grafik.
Varianz.xls	Berechnet Mittelwert, Varianz und die Normalverteilung.

1. Was ist Disposition?

Disposition ist allgemein jede betriebliche Funktion, die sich mit *Mengen von Ressourcen* befaßt. Mengen sind dabei die an einem Ort und zu einer Zeit erforderlichen Quantitäten; Ressourcen sind zunächst (im engeren Sinne) materielle Ressourcen; im weiteren Sinne auch personelle oder nichtmaterielle Ressourcen. Die Disposition ist damit eine zentrale Funktion der *Ressourcenplanung*. Sie wird in Anlehnung an die Terminologie des US-amerikanischen Raumes oft auch als *Enterprise Resource Planning* oder einfach als *ERP* bezeichnet.

In diesem Skript verhalten wir uns konservativ und sprechen nur von *Disposition*. Zudem betrachten wir ausschließlich materielle und nicht etwa personelle Ressourcen.

In dieser Eigenschaft ist die Disposition *grundlegend für den gesamten Produktionssektor des Unternehmens*, aber ebensogut für Verkauf, Einkauf und innerbetrieblichen Material- und Leistungsfluß. Sie ist damit eng mit dem Begriff *Logistik* verknüpft.

In dem Maße, in dem der produktive Sektor ins Ausland abgedrängt wird und Transportkosten durch politische Zwangsmaßnahmen in die Höhe getrieben werden, nimmt die Bedeutung der Disposition weiter zu, weil sie immer höhere Kosten verursacht und daher immer sorgfältigere Planung der angewandten Verfahren und Konzepte erfordert.

Dieses Skript befaßt sich mit den *Grundlagen*. Es wird in den Manuskripten über Produktion, über Bestellmengenplanung und über Logistik im engeren Sinne, d.h., über Transportrechnung fortgesetzt.

1.1. Strategie und Taktik

Die Unterscheidung zwischen Strategie und Taktik ist auch für die Disposition elementar. Insofern ist die Disposition nichts als ein *angewandtes Controllingkonzept*.

Strategische Konzepte sind i.d.R.

- *langfristig orientiert*,
- dienen der *Überlebenssicherung des Unternehmens*,
- *unmathematisch* und
- von *grundsätzlicher Bedeutung*.

Taktische Konzepte sind dagegen

- eher *kurzfristig orientiert*,
- dienen der *Gewinnerwirtschaftung und -maximierung im Tagesgeschäft*,

- oft *sehr mathematisch orientiert* und
- von *nachrangiger Bedeutung, d.h.*, durch strategische Grundkonzepte determiniert.

Wir diskutieren daher zunächst einige grundlegende strategische Konzepte. Anschließend werden wichtige taktisch-operative Methoden vorgestellt.

1.2. Übersicht über grundlegende Beschaffungsstrategien

1.2.1. Grundsätzliche Definition

Unter einer Beschaffungsstrategie versteht man die *Gesamtheit aller langfristig (strategisch) orientierten Konzepte der Materialwirtschaft*, die auf die *Bereitstellung von Ressourcen* gerichtet sind. Beschaffung hat also eher etwas mit dem Einkauf als mit dem Verkauf zu tun, obwohl die verwendeten Konzepte sich oft auch auf die Verkaufsseite anwenden lassen, die Angrenzung also etwas unscharf ist. In Bezug auf die Beschaffung spricht man daher oft auch vom sogenannten „Sourcing“.

1.2.2. Bestimmungselemente von Beschaffungsstrategien

Allgemein lassen sich folgende Bestimmungselemente der Beschaffungsstrategien unterscheiden:

- Träger der Wertschöpfung: *Eigenfertigung, Fremdfertigung* oder *Bezug von Konzerngesellschaften*. Das ähnelt den Wertschöpfungskonzepten (unten) und hat viel mit der Make-or-Buy-Entscheidung zu tun. Die Entscheidung beruht zumeist auf Kostenaspekten, kennt aber auch eine Imagedimension oder die Frage der langfristigen Abhängigkeit von externen Lieferanten.
- Lieferantenkonzepte: *Single- or Sole Sourcing Konzepte* beruhen darauf, alles „aus einer Hand“ zu beziehen, während *Dual Source Konzepte* sich auf zwei Primärlieferanten berufen und *Multiple Source Konzepte* von vielen Lieferanten beziehen. Der Bezug von einem einzigen Lieferanten schafft Abhängigkeiten, aber möglicherweise auch Rationalisierungspotentiale, während der Bezug von einer Vielzahl von Lieferanten Kompatibilitätsprobleme bedeuten kann, aber oft Abhängigkeiten reduziert und Kosten durch bessere Angebotsvergleiche senken hilft.
- Objektkonzepte: Diese haben viel mit *Normung, Typung, Baukastensystemen* und darauf aufbauenden *Konzepten der Rationalisierung* zu tun. Beschaffung ganzer Systeme von Einzelementen, oft auch mit

„Sourcing“-Strategien: Allgemeine Übersicht über wichtige Beschaffungsstrategien			
Kriterium	Verschiedene Varianten, Arten, strategische Konzepte		
Träger der Wertschöpfung	Eigenfertigung	Fremdbezug	Bezug von
Lieferantenkonzepte	Single/Sole Sourcing	Dual Sourcing	Konzerngesellschaft.
Objektkonzepte	System/Modular Sourcing	Part/Unit Sourcing	Multiple Sourcing
Areakonzepte	Local Sourcing	Domestic Sourcing	
Zeitkonzepte	Stock Sourcing	Demand-Taylored-Sourcing	Global Sourcing
Subjektkonzepte	Collective Sourcing	Individual Sourcing	Just-In-Time Sourcing
Wertschöpfungskonzepte	External Sourcing	Internal Sourcing	

Modulcharakter („*Modular Sourcing*“) gegen die Beschaffung von Teilen („*Part Sourcing*“) oder Einheiten („*Unit Sourcing*“) von jeweils wechselnden Lieferanten. Ziel ist normalerweise die Steigerung der Produktivität eines betrieblichen Teilsystemes oder die Senkung seiner Kosten.

- **Arealkonzepte:** Hier geht es um die geographische Herkunft der Beschaffungsobjekte. Man unterscheidet die Beschaffung am Ort („*Local Sourcing*“), im eigenen Land („*Domestic Sourcing*“) oder weltweit („*Global Sourcing*“).
- **Zeitkonzepte:** Diese Konzepte haben viel mit dem Wert und damit der durch die Lagerung verbundenen Kapitalbindung zu tun und umfassen lagermäßige Bevorratung („*Stock Sourcing*“), Bedarfsbeschaffung im Einzelfall („*Demand-taylored Sourcing*“) und *Just-In-Time-Sourcing*.
- **Subjektkonzepte:** diese betreffen die Organisation der Beschaffenden. „*Collective Sourcing*“ meint im wesentlichen den Sammeleinkauf, der entsprechende Rabattvorteile und Nachfragemacht vermittelt, während „*individual sourcing*“ sich auf den Einkauf durch einzelne Wirtschaftseinheiten bezieht.
- **Wertschöpfungskonzepte:** Hier geht es darum, wer den mit der Beschaffung verbundenen Wertzuwachs vermittelt. Bei Beschaffung aus dem eigenen Unternehmen spricht man von „*internal Sourcing*“, d.h., das Unternehmen stellt das benötigte Beschaffungsobjekt selbst bereit. „*External Sourcing*“ liegt beim externen Einkauf vor.

1.2.3. Globale Konzepte

Im Zeitalter der Globalisierung ist die weltweite Beschaffung (das sogenannte „*Global Sourcing*“) ein besonderes Entscheidungsproblem. Das wird durch *absurde politische Gegebenheiten* verschärft, wenn etwa der Transport von Nairobi nach Frankfurt weniger kostet als LKW vom Flughafen nach Dresden. Ökosteuer, LKW-Maut und noch viel groteskere Ideen zur Beschränkung der Mobilität und Freiheit von Gütern und Gedanken wie der geplante Handel mit CO₂-Zertifikaten beschleunigen damit indirekt die Globalisierung.

- **Chancen des Global Sourcing sind etwa:** Verringerung der Einstandspreise, Verringerung der Abhängigkeit von (nationalen) Lieferanten, Erhöhung des Konkurrenzdrucks auf inländische Lieferanten, Währungschancen, Partizipation an internationalem technischen Fortschritt, Verbesserung der Absatzchancen im Ausland, Umgehung von inländischen Beschaffungsrestriktionen, Globale Informationsbeschaffung, Erweiterung des Horizonts, Positive Imageeffekte im Inland.
- **Risiken des Global Sourcing sind:** Politische Risiken, Logistische Risiken, Qualitätsrisiken, Währungsrisiken, Know-How-Risiken, Rechtsunsicherheit, Informations- und Kommunikationsrisiken, Mangelndes Eingehen auf kulturelle Unterschiede.

1.2.4. Strategische Make or Buy Entscheidungen

Die klassische Make or Buy Entscheidung kann Teil einer Beschaffungsstrategie sein. Aus taktischer Sicht ist dies im wesentlichen ein Problem der speziellen Deckungsbeitragsrechnung. Aus strategischer Sicht spielen jedoch auch andere Faktoren eine wesentliche Rolle:

- Veränderung der *Bedarfsmengen*
- *Probleme mit Lieferanten* (Zuverlässigkeit, Lieferfähigkeit)
- Notwendigkeit des Ersatzes *eigener Fertigungsanlagen*
- Veränderungen auf dem *Beschaffungsmarkt*
- Erwartete oder eintretende *Preisentwicklungen*
- *technische Entwicklungen*
- Auslaufen langfristiger *Lieferverträge*
- *Behördliche Auflagen, Verbote, Gebote und Einschränkungen*
- *Kapazitäts- und Beschaffungsprobleme*

Die strategische Sicht differenziert primär nichtmathematische Kriterien des Make or Buy Problemes:

- Strategische *Vorteile* der Eigenerstellung sind etwa: geringere Kosten, verbesserte Kapazitätsauslastung, bessere Qualitätskontrolle, Erhaltung des KnowHow, Bessere Abstimmung mit Bedarf, Vermeidung der Abhängigkeit von Lieferanten, Verhinderung der Vorwärtsintegration von Lieferanten.
- Strategische *Nachteile* der Eigenerstellung können sein: Höhere Kosten, Hohe Fixkosten, niedrigere Qualität, Mangelndes Know-How, Geringere Flexibilität, Gefahr des Schlendrians.

1.2.5. Logistische Konzepte

Die Beschaffungsstrategie steht der *Logistikstrategie* nahe bzw. kann in diese übergehen, weil Beschaffung fast immer etwas mit Transport zu tun hat. Die folgenden Grundkonzepte der Logistik sind daher stets auch Beschaffungsstrategien:

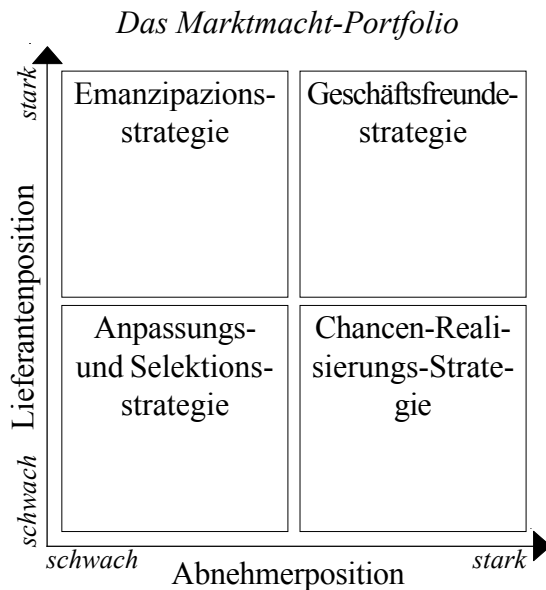
- **Flußorientiertes Konzept:** Gestaltung, Regelung, Steuerung und Durchführung des gesamten Flusses von Gütern, Energie, Personen und Informationen. Flußorientierte Ausgestaltung des Leistungssystems von Unternehmungen durch Koordination im Führungssystem.
- **Funktionales Konzept:** Alle Prozesse zur Raum- und Zeitüberbrückung, Alle Tätigkeiten mit dem Ziel einer bedarfsgerechten Bereitstellung von Gütern.
- **Extensionale Deutung:** Kernprozesse sind Transport, Lagerung und Umschlag, Zusatzprozesse sind Verpackung, Auftragsbearbeitung, Entsorgung.

Ferner hat das Grundmodell der *Lean Production* eine starke materialwirtschaftliche Komponente. Es schaltet Lieferanten und ihre Abnehmer zu einer Gemeinschaft zusammen und sucht entlang des Produktionsweges eine Integration herbeizuführen. Es kann damit auch als Beschaffungsstrategie aufgefaßt werden.

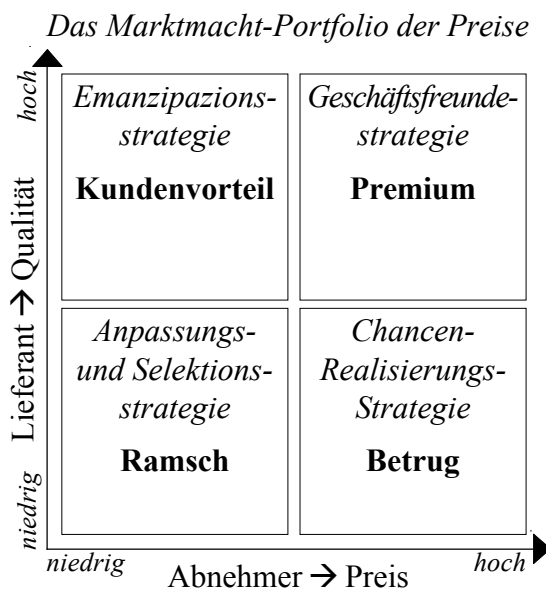
1.3. Das Marktmacht-Portfolio

Die Portfolio-Technik bietet eine einfache Form der aussagekräftigen Systematisierung strategischer Konzepte. Wir stellen daher hier zwei häufige Portfolios der Materialwirtschaft vor.

Das Marktmacht-Portfolio ist die Unterteilung grundsätzlicher Beschaffungsstrategien nach der relativen Nachfragekraft des Abnehmers (*Abnehmerposition*) und der relativen Anbietermacht des Lieferanten (*Lieferantenposition*). Jedes Segment des Portfolios beschreibt eine spezifische Marktposition mit jeweils ihren eigenen Risiken für Anbieter und Nachfrager:



Das Marktmacht-Portfolio kann durch Verallgemeinerung in ein Kunden-Portfolio überführt werden und ist damit auch für die Absatzmarktseite des Unternehmens relevant. Und so sieht ein Beispiel aus:

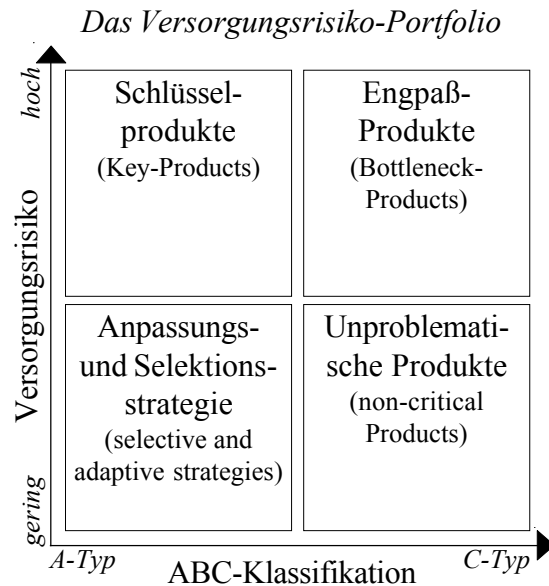


In dieser Version wurde die Lieferantenposition durch den *Qualitätsbegriff* artikuliert und die Marktmacht des Abnehmers äußert sich in der Durchsetzung seiner *Preisvorstellung*, so daß sich aus den vier Marktmacht-Fehlern

vier typische Preisstrategien verallgemeinern lassen. Das Marktmacht-Portfolio ist damit für die Marketing-Seite des Unternehmens ebenso relevant wie für die Beschaffung.

1.4. Das Versorgungsrisiko-Portfolio

Diese Portfolio-Analyse basiert auf der *ABC-Analyse* und stellt den grundlegenden A- und C-Kategorien das grundlegende Versorgungsrisiko gegenüber:



Versorgungsrisiko kann hier sowohl die allgemeine Unzuverlässigkeit des Lieferanten oder des Transportweges als auch die generelle Verfügbarkeit des Produktes etwa durch Produktionsengpässe oder administrative Einschränkungen sein. Das Portfolio steht damit der *Risiko-berichterstattung* nahe.

Für jedes Feld lassen sich wieder charakteristische Unterstrategien entwickeln.

2. Die Grundmodelle der Disposition

Allgemein lassen sich zwei *grundsätzlich gegenläufige Modelle* der industriellen Disposition unterscheiden, die untereinander inkompatibel sind und für verschiedene Situationen jeweils besser geeignet sind:

- Die *auftrags- oder bedarfsgesteuerte Disposition* geht davon aus, daß was gebraucht wird bei Vorliegen eines *Bedarfes* beschafft werden sollte.
- die *verbrauchsgesteuerte Disposition* geht davon aus, daß aufgrund eines *Verbrauches* ein Beschaffungsvorgang eingeleitet werden sollte.

2.1. Analytische Verfahren

Die auftrags- oder bedarfsgesteuerte Disposition ist *analytisch*. Sie muß den Bedarf exakt aus anderen Größen ableiten und bedient sich dafür Verfahren wie der *Stückliste*. Sie ist damit eher für die A-Teile der ABC-Analyse geeignet.

Man unterscheidet zwei Varianten der analytischen Disposition:

Übersicht über die drei grundsätzlichen Dispositionsstrategien			
Bezeichnung	Auftragsgesteuerte (analytische) Disposition		Verbrauchsgesteuerte (summarische) Disposition
	Just-In-Time	Einzelbeschaffung	
Beschreibung	Verzicht auf Lagerung im engeren Sinne. Der Beschaffungsvorgang wird so organisiert, daß im Moment der Bedarfentstehung das zu beschaffende Produkt angeliefert wird. Beschaffungslogistik und Produktion (oder, seltener, Verkaufslogistik und Produktion) spielen terminlich exakt zusammen. Just-in-time ist vielfach jedoch nur eine Verlagerung der Lagerung auf den Lieferanten.	Beschaffung oder Bereitstellung durch einzelnen Beschaffungsprozeß nur im Bedarfsfall mit anschließender, zumeist kurzer Lagerung. In Ausgangslagerung zumeist bei Einzelfertigung auf Bestellung insbesondere z.B. in Handwerksbetrieben anzutreffen.	Klassische Lagerung mit allen Konzepten der Disposition und Logistik. Vorhandene Produkte werden in Lagern für zumeist zeitlich und räumlich ungewisse Bedarfsfälle bereitgehalten und stehen im Moment der Bedarfentstehung zur Verfügung. In der großen Mehrzahl der Fälle der mehrstufigen Produktion ist eine lagermäßige Bevorratung zumindestens innerhalb des Produktionsprozesses, meist auch in Ausgangslagerung erforderlich.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> Keine Lagerkosten, d.h., auch nicht die mit der Lagerung verbundenen Fixkosten; Keine Bestandsrisiken. 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe Lagerkosten; Nahezu keine Bestandsrisiken. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanente Verfügbarkeit, d.h., geringe Fehlteilrate; Geringes Bezugsrisiko.
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> Großes Bezugsrisiko, d.h., Produktionsstillstand bei verspäteter oder ausbleibender Lieferung; Exakte Planung erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> Hohes Bezugsrisiko; Mangelnde Verfügbarkeit bei plötzlichem Bedarf, besonders in dezentralen Märkten ein großer Nachteil. 	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Lagerkosten; Bestandsrisiko (Verderb, „Schwund“).
Eignung für, Einsatzgebiete, besondere Eigenschaften:	Eigentlich besonders geeignet für besonders große, besonders schwierig zu lagernde oder besonders wertintensive Produkte, da in diesen Fällen hohe Lagerkosten die besonderen Risiken der kurzfristigen Beschaffung rechtfertigen. In der Realität werden insbesondere auch Just-in-time-Modelle in der Automobilindustrie in zunehmendem Maße auch für Halbfabrikate der Zulieferer implementiert, was primär nur ein Ausdruck der großen Nachfragemacht der Automobilindustrie ist, d.h., deren Druck, die Lagerkosten durch Verschiebung der Lagerung auf den Lieferanten abzuwälzen.		Alle anderen Produkte, d.h. solche, deren Lagerung durch nicht durch besondere Größe, Wert oder Sicherheitserfordernis besondere Kosten verursacht. Regelfall.

- Die *Just-In-Time-Disposition* beschafft die Bedarfsgegenstände zeitsynchron mit dem innerbetrieblichen Bedarf und kommt daher ganz ohne Eingangslagerung aus;
- die *Einzelbeschaffung im Bedarfsfall* beschafft die Bedarfsgegenstände mit kürzestmöglicher Lagerfrist und minimiert damit die Lagerkosten.

Voraussetzungen für die Anwendung analytischer Verfahren sind:

- Exakte *Planbarkeit von Terminen*,
- Zuverlässige *Lieferzeiten*,
- Zuverlässige *Lieferanten*,
- Planbare und zuverlässig funktionierende *Transportwege*,
- *Vorhersehbarer Bedarf*,
- *Hohe Lagerkosten*, die vermieden werden sollen.

Analytische Verfahren können *wirtschaftliche Macht* artikulieren, denn praktisch alle physikalisch vorhandenen Artikel werden gelagert; die analytische Disposition minimiert lediglich die Eingangslagerung des Nachfragers, was aber zugleich eine *Verschiebung in die Ausgangslagerung des Anbieters* bedeutet. Das ist besonders in der Automobilindustrie deutlich, wo selbst Kleinteile oft schon im Just-In-Time-Verfahren beschafft werden: die Lagerung und Bereithaltung dieser Komponenten ist damit praktisch auf die Zulieferindustrie abgeschoben.

2.2. Summarische Verfahren

Die verbrauchsgesteuerte Disposition ist *summarisch*. Sie kennt keine Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bedarfsgegenständen sondern beruht lediglich auf statistischen Parametern wie Bestands- und Verbrauchsgrößen und minimiert Risiken wie Lieferunfähigkeit oder Kosten

wie Lager- und Einkaufskosten. Sie ist daher eher für die C-Teile der ABC-Analyse geeignet.

Voraussetzungen für die Anwendung summarischer Verfahren sind:

- Ungenaue oder keine *Planbarkeit von Terminen*,
- Unzuverlässige *Lieferzeiten*,
- Unzuverlässige *Lieferanten*,
- Schlecht oder gar nicht planbare oder unzuverlässig funktionierende *Transportwege* (etwa durch Streiks, politische Unsicherheit, schlechte Qualität oder mangelhafte Kapazität der Transportwege und -mittel),
- *Unvorhersehbarer Bedarf*,
- *Geringe Lagerkosten durch geringen Wert*, so daß eine Lagerführung nicht zu großer Kostenbelastung führt.

Summarische Verfahren bedienen sich darum *mathematisch-statistischer Methoden* und lassen keine exakte, zeitpunktbezogene Aussage über Verfügbarkeiten und Bedarf zu. Sie implizieren damit ein *Verfügbarkeitsrisiko*.

In diesem Skript betrachtet Kapitel 3 die analytische bedarfsgesteuerte Disposition und Kapitel 4 die summarische verbrauchsgesteuerte Disposition. Kapitel 5 geht vertieft auf Verfahren der Lagerstatistik ein, und in Kapitel 6 werden Grundzüge der Lagerkostenrechnung dargestellt, die auch für das nachfolgende Skript zur Bestellmengenrechnung relevant sind. Schließlich werden Lösungsstrategien in Excel demonstriert.

3. Analytische Disposition

3.1. Stücklistenbasierte Verfahren

3.1.1. Definition der Stückliste

Unter einer Stückliste versteht man die *vollständige Aufstellung aller für die Produktion eines Erzeugnisses benötigten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie fertig bezogenen Teile*. Die Stückliste ist damit die Grundlage für die Entnahmen aus den jeweiligen Lagern vor Produktionsbeginn und dient damit nicht nur der Disposition und der Logistik als nachfolgender Funktion, sondern auch der Fertigungsplanung und insbesondere der Kalkulation.

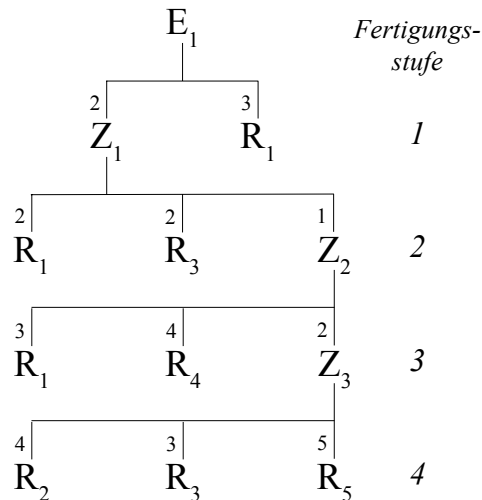
Aus Vereinfachungsgründen kann die Stückliste sich *auf Rohstoffe beschränken* und Hilfs- und Betriebsstoffe als Gemeinkosten betrachten, die nicht selbständig geplant sondern lediglich verbrauchsgesteuert nachbestellt werden. Das entspricht der Erkenntnis, daß die stücklisten-gesteuerte Planung primär für A-Teile Verwendung findet, die i.d.R. keine Hilfs- oder gar Betriebsstoffe sind.

3.1.2. Verschiedene Arten von Stücklisten

Man unterscheidet *drei Arten von Stücklisten*, deren dritte insbesondere die Grundlage für die analytische Bedarfsplanung und damit die Disposition ist:

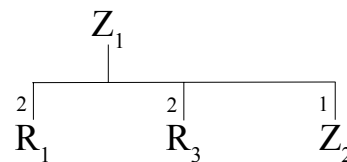
1. Die *Strukturstückliste* ist die vollständige Stückliste mit allen Materialarten über alle Produktionsstufen. Formal ist sie daran zu erkennen, daß auf der untersten Ebene keine Kaufteile oder Zwischenprodukte zu finden sind, sich am oberen Ende aber das Endprodukt befindet:

Strukturstückliste
(Dokument der Konstruktionsabteilung)



2. Die *Baukastenstückliste* ist eine einzelne Ebene der Strukturstückliste. Sie kann das Endprodukt oder Zwischenprodukte umfassen. Steht am oberen Ende der Baukastenstückliste ein Endprodukt, so müssen in ihrer untersten Zeile Zwischenprodukte vorkommen. Ist das nicht der Fall, liegt ein einstufiges Produktionsverfahren vor. In diesem Falle existiert kein Unterschied zwischen Struktur- und Baukastenstückliste.

Baukastenstückliste
(Dokument einer Fertigungsstufe)



Im vorstehenden Beispiel sehen wir die Baukastenstückliste für je ein Zwischenprodukt 1 aus der vorstehenden Strukturstückliste.

3. Die *Mengenübersichtsstückliste* zeigt die aus einer der beiden vorstehend aufgeführten Formen abgeleitete Bedarfsmenge für eine bestimmte Anzahl von Endprodukten. Die Mengenübersichtsstückliste ist zugleich die aus der jeweils zugrundeliegenden Stücklistenform abgeleitete Bedarfsanalyse und damit ein Dokument der Disposition. Die Mengenübersichtsstückliste kann dabei aus der Strukturstückliste, der Baukastenstückliste oder einer Zwischenform aus diesen ermittelt werden: Wird beispielsweise das Endprodukt mit allen vier Fertigungsstufen selbst produziert, d.h., liegt die Strukturstückliste zugrunde, so ist die Mengenübersichtsstückliste:

R ₁ :.....	13 Einheiten
R ₂ :.....	16 Einheiten
R ₃ :.....	16 Einheiten
R ₄ :.....	8 Einheiten
R ₅ :.....	20 Einheiten

Geht man aber davon aus, daß das Zwischenprodukt 2 als Halbfabrikat eingekauft wird, so reduziert sich die ursprüngliche Mengenübersichtsstückliste auf:

- R₁: 7 Einheiten
- R₃: 4 Einheiten
- Z₂: 2 Einheiten

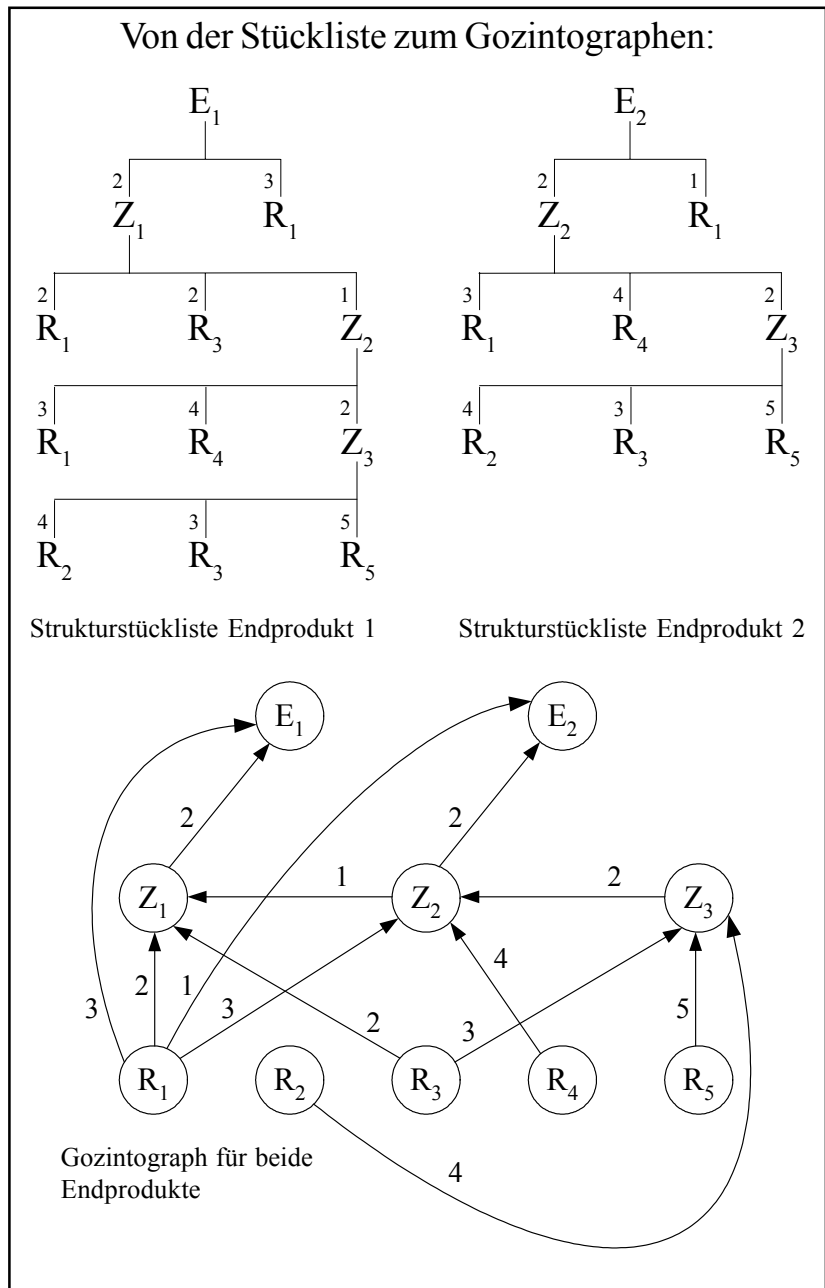
Die Mengenübersichtsstückliste ist das *Hauptdokument der Disposition*, weil für den Disponenten nur der Bedarf, nicht aber die Zusammensetzung der Teile relevant ist. Dennoch findet man oft eine Visualisierungsform, die als Zwischenschritt in der Mitte zwischen Struktur- und Mengenübersichtsstückliste gesehen werden kann: der *Gozintograph*.

3.2. Der Gozintograph

Dieser ist eine im Materialwesen und in der Produktion übliche Form der Visualisierung von Konstruktionszusammenhängen. Der Gozintograph zeigt dabei in Diagrammform, welche Rohstoffe in welche Zwischenfabrikate und welche Zwischenfabrikate und Rohstoffe in welche Endprodukte in welcher Menge eingehen. Grundlage für den Gozintograph ist daher ebenfalls eine Stückliste, und zwar i.d.R. eine Strukturstückliste, die mehrere (oder alle) Produktionsstufen zeigt. Die in dieser Darstellung enthaltenen Mengenbezüge werden im Gozintographen durch Pfeile visualisiert. Der Gozintograph ist dabei selbst hierarchisch aufgebaut, d.h., beginnt unten mit den Rohstoffen (R), enthält in der Mitte die Zwischenprodukte (Z) und am oberen Rand die Endprodukte (E).

Der Gozintograph (unten) visualisiert die Mengenzusammenhänge mehrerer Stücklisten simultan. Dabei zeigt er nicht berücksichtigt er nur die Gesamtmengen und differenziert nicht die einzelnen Produkte. Ebenso wird die Fertigungsstufe nicht ausgewiesen. Der Gozintograph ähnelt damit eher der Mengenübersichtsstückliste.

Löst man den Gozintographen in die enthaltenen Mengenbestandteile auf, so erhält man eine Mengenübersicht, die mit der Mengenübersichtsstückliste nicht identisch ist, weil die Ferti-



gungsstufen im Gozintographen nicht berücksichtigt werden:

$$\begin{aligned}
 X_{E_1} &= 10 \\
 X_{E_2} &= 20 \\
 X_{Z_1} &= 2X_{E_1} = 20 \\
 X_{Z_2} &= X_{Z_1} + 2X_{E_2} = 60 \\
 X_{Z_3} &= 2X_{E_2} = 40 \\
 X_{R_1} &= 2X_{Z_1} + 3X_{Z_2} + 3X_{E_1} + X_{E_2} = 270 \\
 X_{R_2} &= 4X_{Z_3} = 160 \\
 X_{R_3} &= 2X_{Z_1} + 3X_{Z_2} = 400 \\
 X_{R_4} &= 4X_{Z_2} = 240 \\
 X_{R_5} &= 5X_{Z_3} = 200
 \end{aligned}$$

Anders als die Mengenübersichtsstückliste eignet sich diese Übersichtsform jedoch zur Kontrolle von Halbfabrikaten und Rohstoffen auf Vollständigkeit während des Produktionsprozesses.

Die Herkunft des Namens des Gozintographen ist übrigens unbekannt; es wird jedoch vermutet, daß „Gozintograph“ eine Verballhornung von „Goes-into-Graph“ ist.

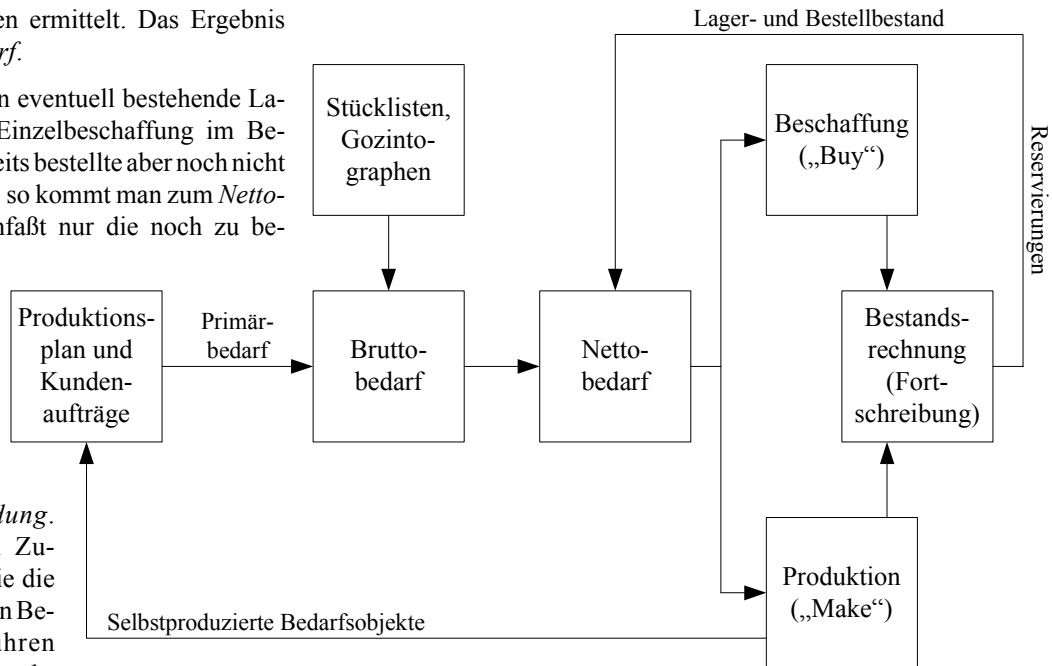
3.3. Gesamtmodell der analytischen Disposition

Aufgrund dieser Definitionen kann man zu einem *Gesamtmodell* der analytischen Disposition kommen, das die Verhaltensweisen des Disponenten insgesamt beschreibt.

Grundlage ist in der analytischen Disposition immer der *aktuelle Bedarf*, der *planbar* sein muß. Man spricht auch vom *Primärbedarf*. Dieser wird aufgrund der Stücklisten und

der Gozintographen ermittelt. Das Ergebnis ist der *Bruttobedarf*.

Berücksichtigt man eventuell bestehende Lagerbestände (bei Einzelbeschaffung im Bedarfsfalle) und bereits bestellte aber noch nicht gelieferte Mengen, so kommt man zum *Nettobedarf*. Dieser umfaßt nur die noch zu beschaffenden Bedarfsobjekte und ist die Ausgangsgrundlage für die *Beschaffung* und die *Produktion*. Das impliziert die sogenannte *Make-or-Buy-Entscheidung*. Die tatsächlichen Zu- und Abgänge sowie die Reservierungen von Bedarfsobjekten führen wiederum zur *Bestandsrechnung*, die wiederum die Grundlage für zukünftige Bedarfsrechnungen ist. Das nebenstehende Modell kann daher auch als *Prozeßmodell der analytischen Disposition* bezeichnet werden.



Die Kerngröße des Nettobedarfes kann auch folgendermaßen ermittelt werden:

$$\begin{aligned}
 & \text{Bruttoproduktionsbedarf} \\
 + & \text{Zusatzbedarf (=Ausschuß etc.)} \\
 = & \text{Gesamtbruttobedarf} \\
 - & \text{Lagerbestand (=„Buchbestand“)} \\
 + & \text{Vormerkbestand (=Auftragsbestand)} \\
 - & \text{Bestellbestand (=offene Bestellungen)} \\
 - & \text{Werkstattbestand (=„work in progress“)} \\
 = & \text{Nettobedarf}
 \end{aligned}$$

Erläuterungen zu dieser Staffelfrechnung:

- **Zusatzbedarf:** Mehrverbrauch *ausschußbedingt*, Mehrverbrauch für *Wartung* und *Reparaturen* und Nebenbedarf für *Sonderzwecke*;
- **Lagerbestand:** *Lagerzu- und -abgänge*, *buchgeführter* und *physischer* Lagerbestand;
- **Vormerkbestand:** bereits *reservierte* und *vorgemerkte* Bestandsmengen, für Kundenaufträge, Fertigungsaufträge, übergeordnete Baugruppen;
- **Bestellbestand:** Bestand *offener Bestellungen*, aus *internen Aufträgen* (Teilefertigung und Montage), aus *externen Lieferantenbestellungen* (Bestellobligo), abgeleitete Bestandsarten: *verfügbarer Lagerbestand* = Lagerbestand - Vormerkbestand und *verfügter Bestand* = Vormerkbestand + Werkstattbestand;
- **Werkstattbestand:** Buchung bei *Freigabe eines Fertigungsauftrages* bei langfristigen Fertigungsprozessen und fertigungssynchroner Lieferung.

Im Zusammenhang mit diesem Rechenverfahren spricht man oft auch von der *plangesteuerten Disposition*.

3.4. Eignung der analytischen Verfahren

Alle auf Strukturaufzeichnungen basierenden Dispositionsverfahren sind prinzipiell geeignet für

- Teile der *A-Klasse der ABC-Analyse* und
- *Einzelbeschaffung im Bedarfsfall* oder *Just-in-Time-Konzepte*.

Die mit der Stücklistenanalyse verbundenen Kosten sind prinzipiell höher, so daß sich die Kosteneinsparungen durch entsprechend geringere Lagerkosten amortisieren müssen. Dies begründet auch, weshalb auf analytische Art i.d.R. nur Roh- und keine Hilfs- oder Betriebsstoffe geplant werden.

4. Summarische Disposition

Die summarische Disposition ist der Teilbereich der Lagerwirtschaft und Einkaufstheorie, der sich mit der rechtzeitigen Bereitstellung der erforderlichen Mengen von Rohstoffen, Hilfsstoffen, Betriebsstoffen und Waren i.d.R. der *C-Teile der ABC-Analyse* befaßt. Die summarische Disposition geht dabei davon aus, daß sich eine analytische Planung einzelner Bedarfsgrößen nicht „lohnt“, sondern aufgrund statistischer Ausgangsdaten der Bedarf *verbrauchsgesteuert* ermittelt wird. Sie heißt daher oft auch *verbrauchsgesteuerte Disposition* oder *bestandsgesteuerte Disposition*, weil sie sich an vorhandenen Beständen (anstatt entstehendem Bedarf) orientiert.

4.1. Wichtige Kennziffern der summarischen Disposition

Die verbrauchsgesteuerte Disposition befaßt sich mit *Kennziffern*, und zwar i.d.R. solchen der deskriptiven und der schließenden *Statistik*. Hierbei unterscheidet man insbesondere:

- *Mengen Kennziffern*,
- *Zeit Kennziffern* und
- *Kosten Kennziffern*.

Die *Bestellmengenrechnung* ist in diesem Zusammenhang eine Fortführung der grundlegenden summarischen Disposition. Sie optimiert die Kosten, die durch den Bestell- und den nachfolgenden Lagervorgang entstehen und ist wie die summarische Disposition primär für C-Teile anwendbar. Das auf der BWL CD vorliegende Skript zur Bestellmengenrechnung kann also als Fortsetzung dieses Skriptes verstanden werden.

4.2. Basisparameter der summarischen Disposition

4.2.1. Wichtige Definitionen

Lagerbestand: Der zu einem Zeitpunkt tatsächlich vorhandene Bestand eines Gutes im Lager, abhängig von allen anderen Größen.

Beschaffung/Bereitstellung: Zugänge zum Lager erhöhen den Bestand, vermindern das Lieferbereitschaftsrisiko, erhöhen die Lagerkosten und vergrößern das Lagerbestandsrisiko.

Entnahme/Verbrauch: Vermindern den Bestand, vergrößern das Lieferbereitschaftsrisiko, verringern die Lagerkosten und das Lagerbestandsrisiko.

Lagerbestandsrisiko: Risiko des zufälligen Unterganges oder der zufälligen Verschlechterung gelagerter Produkte, ist naturgemäß um so größer, je größere Mengen gelagert werden.

Lieferbereitschaftsrisiko: Risiko, nicht lieferbereit zu sein, d.h., einen angeforderten Artikel nicht unmittelbar bereitstellen zu können. Das Lieferbereitschaftsrisiko wächst mit abnehmendem Lagerbestand, verhält sich jedoch nicht exakt reziproproportional.

Bezugsrisiko: Risiko, bestellte Waren nicht oder nicht rechtzeitig geliefert zu bekommen. In der Eingangslagerung ein *externes Risiko*, da vom Unternehmen nicht beeinflussbare Faktoren eine Rolle spielen (z.B. Zuverlässigkeit des Lieferers, Wetter- und Straßenverhältnisse, Staus an Grenzübergängen usw.). Durch *staatliche Einschränkungen des Güterverkehrs* und *mangelhaften Ausbau des Verkehrsnetzes* ist das Bezugsrisiko in den letzten Jahren angestiegen. Eine mögliche Reaktion besteht in der sogenannten Lagerung auf der Straße, d.h., der künstlichen Verlängerung des Transportes zum Zwecke der gänzlichen Vermeidung von Lagerung.

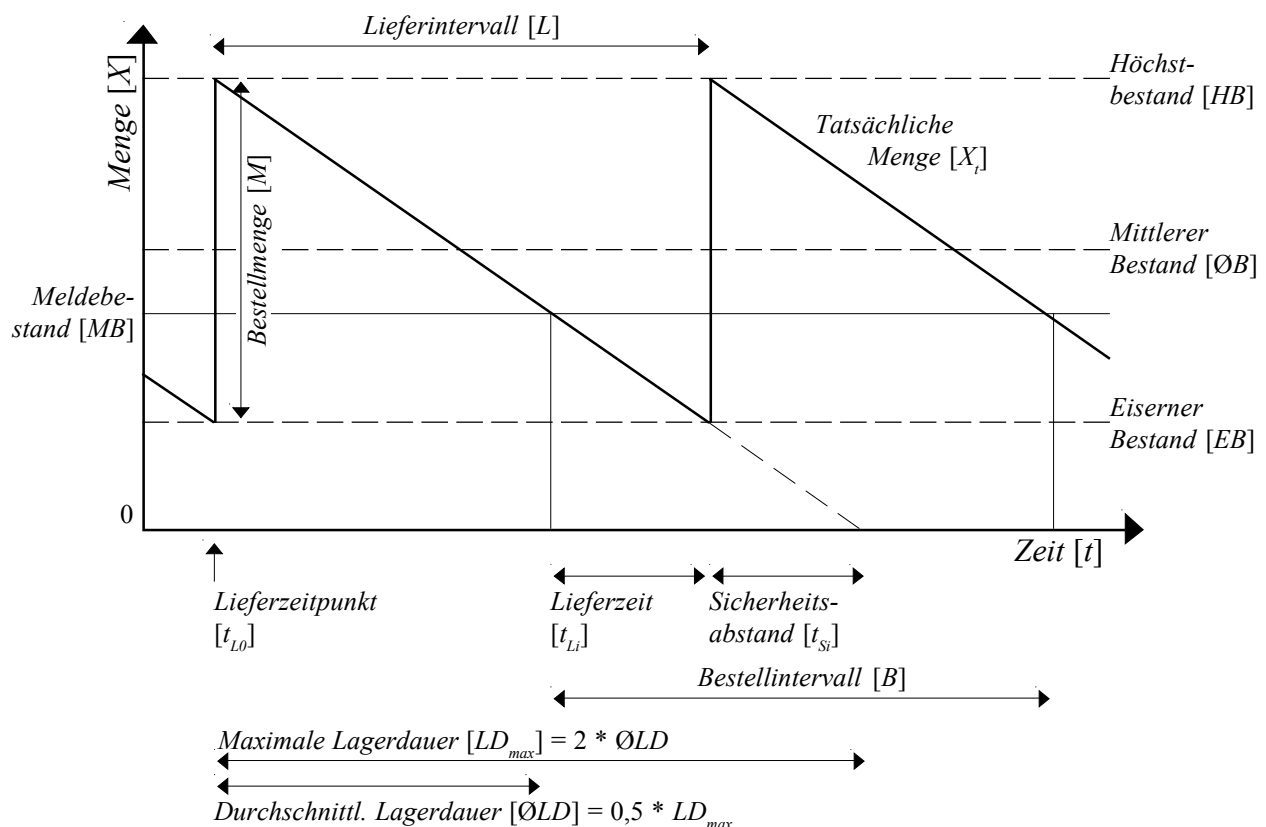
4.2.2. Bedeutsame Grundannahmen

Einleitend werden wir ein einfaches Grundmodell betrachten, in dem diverse *vereinfachende Annahmen* gemacht werden. Diese Annahmen können sodann sukzessive fallen gelassen werden, um das Modell an die Realität anzunähern, und damit für reale Anwendungsfälle nutzbar zu machen.

Folgende Annahmen werden anfänglich zugrundegelegt:

- *Exakte terminliche Planungsmöglichkeit.* Lieferungen treffen genau zum geplanten Zeitpunkt ein, d.h., es besteht *kein Bezugsrisiko*.
- *Gleichmäßige Entnahme.* Der Lagerabbau (Entnahme/Verbrauch) sei eine Konstante.
- Das *Lieferbereitschaftsrisiko* wird *vernachlässigt*.
- *Unbegrenzte Kapazität.* Es kann unbeschränkt gelagert werden. Diese Einschränkung wird erst bei der Diskussion der optimalen Bestellmenge fallengelassen.

Vgl. hierzu auch die nachfolgende Grafik:



4.3. Bestandskennziffern

Bestandskennziffern befassen sich mit der zu einem Zeitpunkt am Lager befindlichen *Stückzahl*. Sie sind daher *Mengenkennziffern* und als solche die *Grundlage der Lagerstatistik*.

4.3.1. Eiserner Bestand

Der eiserne Bestand ist die Menge, die bei normalem Geschäftsgang *niemals unterschritten werden sollte*. Er ist identisch mit dem *Mindestbestand* oder der *eisernen Reserve* und von zahlreichen Größen abhängig:

- Schwankungen der Entnahme oder Nachfrage
- Lieferunfähigkeitsrisiko des Lieferanten oder Herstellers
- Plötzliche Bedarfsspitzen, etwa in der Hochsaison
- Kosten der Lagerung
- Verfügbarer Lagerraum

Allgemein sollte versucht werden, den eisernen Bestand *möglichst klein* zu halten. Ein zu kleiner eiserner Bestand steigert das Lieferunfähigkeitsrisiko und die damit verbundenen Kosten, ein zu großer eiserner Bestand steigert die Lagerkosten und die Lagerdauer.

Berechnet man den eisernen Bestand aus den anderen Bestandskennziffern, so erhält man:

$$EB = HB - M$$

Bestimmt man den eisernen Bestand aus dem Verbrauch und der Lieferzeit, so erhält man aus:

$$V_{Tag} = \frac{M}{B} = \frac{M}{L}$$

die Beziehung

$$EB = V_{Tag} \cdot t_{Si}$$

Der Sicherheitsabstand ist hiermit durch die genannten Einflußfaktoren bestimmt. Andererseits kann auch gesagt werden:

$$t_{Si} = \frac{EB}{V_{Tag}}$$

Die konkrete Bestimmung des eisernen Bestandes ist tatsächlich oft *unmathematisch* und *instinktiv*, weil sie unvorhersehbare Probleme abfangen soll.

4.3.2. Bestellmenge

Die Bestellmenge ist die *tatsächlich bestellte* (und gelieferte) Menge. Sie ist beschränkt durch den verfügbaren Lagerraum und bestimmt sich aus

$$M = HB - EB = V_{Tag} \cdot L = V_{Tag} \cdot B$$

Eine zu hohe Bestellmenge verursacht *hohe Lagerkosten*, große gelagerte Mengen, hohen Platzbedarf und lange Liegezeiten, während eine zu geringe Bestellmenge zu hohe Einkaufskosten verursacht, weil zu häufig nachbe-

stellt werden muß. Zu geringe Einkaufsmengen können durch die Nichtinanspruchnahme von Mengenrabatten auch die Anschaffungskosten und damit den innerbetrieblichen Wert der gelagerten Artikel *erhöhen*.

4.3.3. Höchstbestand

Der Höchstbestand ist der maximal im Lager vorhandene Bestand. Hierfür gilt:

$$HB = EB + M$$

4.3.4. Mittlerer Bestand

Der mittlere oder durchschnittliche Bestand kann auf *verschiedene Art* ermittelt werden. Für jede praktische Situation muß die auf das jeweilige Erkenntnisinteresse und die jeweils vorhandene Datenlage passende Methode gefunden werden.

Soll er aus den bisher besprochenen Kennziffern berechnet werden, so gilt:

$$\varnothing B = \frac{HB + EB}{2} = \frac{2 \cdot EB + M}{2}$$

Diese Methode ist exakt und damit vorzuziehen, setzt aber die Kenntnis des Höchst- und des eisernen Bestandes voraus, was *problematisch* sein kann, weil insbesondere ein Höchstbestand oft nur für mehrere an einem Ort zugleich gelagerte Artikel kollektiv, nicht aber für einen einzelnen Artikel angegeben werden kann, weil vorhandener Lagerraum von mehreren Artikeln zugleich genutzt werden kann. Das Verfahren wird oft in Prüfungen und theoretischen Fallstudien angewandt.

Oft soll der mittlere Bestand aus Zahlen von Zwischeninventuren errechnet werden. Das hat den Vorteil, daß die erforderlichen Zahlen mit Gewißheit bekannt sind. Liegen nur die Zahlen eines Monats vor, d.h., besteht ein Anfangsbestand (AB) und ein Schlußbestand (SB), so gilt:

$$\varnothing B = \frac{AB + SB}{2}$$

Wurden über ein Jahr *Zwischeninventuren* durchgeführt, so kann der mittlere Bestand auch aus deren Ergebnissen ermittelt werden als

$$\varnothing B = \frac{AB + \sum_{i=1}^{12} SB_i}{13}$$

Die einzelnen Berechnungsmethoden führen zu *unterschiedlichen Ergebnissen*. Je mehr Bestandsaufnahmen durchgeführt werden, desto besser sind die Resultate. Mit elektronischen Systemen kann eine *tägliche Bestandsaufschreibung* aus der *permanenten Buchinventur* durchgeführt werden, sie einen sehr präzisen Ergebniswert vermittelt. Dies setzt in der Praxis aber *datenbankgestützte Methoden* und die *Bewältigung großer Datenmengen* voraus.

4.4. Kennziffern der Zeit

Diese Kennziffern machen Aussagen über die *Lagerdauer* und vergleichbare Zeitparameter und sind insbesondere bei *verderblichen Gütern* bedeutsam. Sie setzen bestands- und Mengenkennziffern voraus, d.h., werden i.d.R. aus ihnen berechnet.

Alle Kennziffern der Zeit unterliegen in der Wirklichkeit *großen Schwankungen*. Die hier demonstrierten Verfahren sind daher theoretisch. Sie dienen dem Verständnis, unterliegen in der Realität aber großen Abweichungen.

4.4.1. Lagerumschlagshäufigkeit

Diese ist ein Maß für die *Umwälzgeschwindigkeit* des Lagerbestandes und errechnet sich aus dem Gesamtverbrauch V , dem eisernen Bestand und der tatsächlichen Beschaffungsmenge M :

$$LU = \frac{V}{EB + M}$$

Eine höhere Umwälzgeschwindigkeit steht hierbei für eine kürzere Lagerdauer. Vgl. hierzu auch nachfolgend Kapitel 4.4.5 und die Modellrechnung unten.

4.4.2. Durchschnittliche Lagerdauer

Die durchschnittliche Lagerdauer ist die mittlere Verweildauer eines Artikels im Lager. Bei chaotischer, d.h., unregelmäßiger Entnahme bestimmt sie sich:

$$\text{ØLD} = \frac{360}{2 \cdot LU}$$

Dieser Wert ist ein *statistischer Mittelwert*, d.h., sagt an sich nichts über die tatsächliche Lagerdauer eines Einzelartikels aus. Die Lagerdauer eines individuellen Produktes kann also stets den Mittelwert über- oder unterschreiten, so daß sichere Aussagen über Verderb hieraus alleine noch nicht abgeleitet werden können.

4.4.3. Maximale Lagerdauer

Für die maximale Verweildauer im Lager gilt wiederum bei chaotischer, d.h., regelloser Entnahme:

$$LD_{\max} = \frac{EB + M}{V_{\text{Tag}}} = 2 \cdot \text{ØLD}$$

Diese Formel setzt voraus, daß jeder Artikel zu jeder Zeit erreichbar ist und sich damit die Entnahmewahrscheinlichkeit jedes Artikels gleicht. Wird der zuerst in das Lager eingebrachte Artikel auch zuerst entnommen

(sog. *FIFO-Verfahren*, etwa bei verderblichen Gütern), so gilt aber:

$$LD_{\max} = \text{ØLD}$$

Es ist damit eine *sehr wesentliche Erkenntnis*, daß die Umstellung von Durchschnittsbewertung (und damit „chaotischer“ Entnahme) auf das FIFO-Verfahren gemäß §256 HGB i.d.R. eine *Verdoppelung der durchschnittlichen Lagerdauer* mit sich bringt!

Vgl. auch hierzu die nachfolgende Modellrechnung.

4.4.4. Bestell- und Lieferintervall

Bestell- und Lieferintervall sind die Zeit, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bestellungen bzw. dem Eingang zweier aufeinanderfolgender Lieferungen vergeht. Bei stabilen Verhältnissen sind Bestell- und Lieferintervall *identisch*. Sind die grundlegenden Kennziffern der Disposition bekannt, so gilt:

$$B = \frac{HB - EB}{V_{\text{Tag}}}$$

Bestell- und Lieferintervall entsprechen nur bei einem eisernen Bestand von null der maximalen Lagerdauer. Allgemein kann gesagt werden:

$$B = \frac{HB}{V_{\text{Tag}}} - t_{Si} = \frac{M}{V_{\text{Tag}}}$$

4.4.5. Exkurs zur Berechnung der Lagerdauer

Zur Berechnung der Lagerumschlagshäufigkeit und der durchschnittlichen und maximalen Lagerdauer findet man *auch andere Formeln* in zahlreichen Lehrbüchern. Verbreitet ist für die *Lagerumschlagshäufigkeit*:

$$LU = \frac{V}{\text{ØBest}}$$

Die *durchschnittliche Lagerdauer* wird dann oft mit der Formel

$$\text{ØLD} = \frac{360}{LU}$$

vorgeschlagen. Wir halten diese Methode für *unrichtig*. Sie funktioniert nur, wenn kein eiserner Bestand vorliegt. Warum, zeigt eine einfache *Modellrechnung*. Wir nehmen hierfür einen HB von 100 und $V_{\text{Tag}} = 10$ an und berechnen in der untenstehenden Beispielrechnung die

Allgemeine Daten		Unsere Lösung (Kapitel 4.4.1–4.4.3)			Lehrbuchlösung (4.4.5)		
EB	ØBestand	LU	ØLD	LD _{max}	LU	ØLD	LD _{max}
80 Stück	90 Stück	36,00 Mal	5,00 Tage	10,00 Tage	40,00 Mal	9,00 Tage	18,00 Tage
60 Stück	80 Stück	36,00 Mal	5,00 Tage	10,00 Tage	45,00 Mal	8,00 Tage	16,00 Tage
40 Stück	70 Stück	36,00 Mal	5,00 Tage	10,00 Tage	51,43 Mal	7,00 Tage	14,00 Tage
20 Stück	60 Stück	36,00 Mal	5,00 Tage	10,00 Tage	60,00 Mal	6,00 Tage	12,00 Tage
0 Stück	50 Stück	36,00 Mal	5,00 Tage	10,00 Tage	72,00 Mal	5,00 Tage	10,00 Tage

verbreitete Lehrbuchformel und die unserer Ansicht nach richtige Formel für verschiedene Bestellmengen M und Eisernen Bestandsgrößen EB . Es zeigt sich, daß die Unterschiede in den Ergebnissen mit zunehmendem Eisernen Bestand anwachsen.

Nachdem wir die oben dargestellten Formeln zunächst in <http://www.bwl-bote.de/20060531.htm> veröffentlicht hatten, entstand *beträchtliche Unruhe* mit vielen zustimmenden aber auch vielen ablehnenden Feedbacks. Im Artikel <http://www.bwl-bote.de/20060604.htm> wurde zu den wichtigsten Einwendungen Stellung bezogen. Kern unserer Argumentation ist, daß die Lagerumschlagshäufigkeit und damit auch die Lagerdauer nichts mit der Bestellhäufigkeit und dem Eisernen Bestand zu tun haben dürfen. Es ist unerheblich, ob oft kleine Mengen oder seltener größere Mengen bestellt werden, solange nur der Höchstbestand unverändert bleibt.

Unserer Auffassung nach kann man auch sagen, daß die maximale Lagerdauer *aus dem Höchstbestand* ermittelt werden kann:

$$LD_{\max} = \frac{HB}{V_{\text{Tag}}}$$

Hat man wie im Beispiel auf der vorstehenden Seite einen Höchstbestand von 100 Stück, und entnimmt man 10 Stück am Tag, so hat man nach zehn Tagen nichts mehr. Das aber stimmt unserer Auffassung nach auch, wenn man zehn Stück am Tag entnimmt, aber kontinuierliche Nachlieferungen enthält. Die in der Tabelle auf der vorstehenden Seite vorgestellte Lehrbuchmethode kann daher nicht richtig sein, weil sie, abhängig vom Eisernen Bestand, zu Ergebnissen für die maximale Lagerdauer von weit über zehn Tagen kommt. Hat man nur maximal 100 Stück, und entnimmt mal zehn am Tag, kann aber keine Lagerdauer von 18 Tagen herauskommen.

Wir haben aber beide Verfahren an dieser Stelle zur Diskussion gestellt und der Leser mag entscheiden, welche Methode er richtig findet.

Die Debatte ist vermutlich ohnehin *eher ein akademischer Streit als ein praktisches Problem*, denn kaum irgend jemand hat einen Eisernen Bestand von 80% des Maximalbestandes. Liegt der Eisernen Bestand aber im Bereich von 5% oder 10% des Höchstbestandes, dann sind die entstehenden Abweichungen selbst in der Modellrechnung klein; in der Wirklichkeit sind sie vermutlich unerheblich, denn dort entstehen durch die allgemeinen Ungenauigkeiten der Zulieferung und Entnahme viel größere Schwankungen.

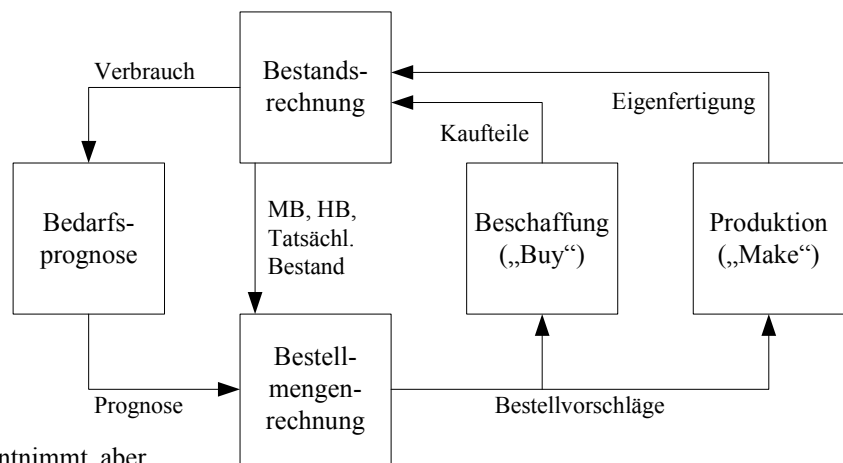
4.5. Gesamtmodell der summarischen Disposition

Auch die summarische Disposition kann man in einem Gesamtmodell abbilden, das die wichtigsten Beschaffungsprozesse systematisiert.

Die *Bedarfsprognose* und die *Bestandsrechnung* sind Ausgangspunkte der *Bestellmengenrechnung*. Diese liefert *Bestellvorschläge*, die entweder durch *Eigenfertigung* („Make“) oder durch *Einkauf* („Buy“) erledigt werden. Die hierdurch entstehenden *Lagerzugänge* sind wiederum Ausgangszahlen der *Bestandsrechnung*; der *Verbrauch* wird von der *Bedarfsprognose* benötigt.

Hier liegen häufig statistische, d.h., nur ungefähr erfassbare oder erfaßte Daten zugrunde. Wir müssen uns daher etwas näher mit den Grundzügen der *Lagerstatistik* befassen. Diese liefert insbesondere die Basisdaten für die *Bedarfsprognose*.

Das Modell unterliegt in jedem Fall großen statistischen Ungenauigkeiten und ist daher stets nur als *Heuristik* und nie als exakter Ablaufplan zu verstehen.



Dies gilt insbesondere für die *Kennziffernrechnung*. Probleme wie das mit den Formeln zur mittleren und maximalen Lagerdauer sind im Grund theoretische Debatten ohne große praktische Relevanz, weil die Schwankungen von Bedarfsmengen, Lieferzeiten und Produktionsdurchlaufzeiten viel größer sind als die Abweichungen der verschiedenen Berechnungsmethoden voneinander.

4.6. Beispielrechnung zur summarischen Disposition

Man kann sich dieses Verfahren an einer *Beispielrechnung* verdeutlichen. Hierbei gehen wir von folgenden *Annahmen* aus:

- Der *Meldebestand* betrage 30 und der *Höchstbestand* 60 Stück,
- Die *Lieferzeit* betrage 3 Rechnungsperioden und sei konstant und zuverlässig prognostizierbar,
- Bestellungen werden am *Periodenanfang* aufgegeben (d.h., die betrachtete Periode zählt bei der im vorstehenden Punkt angegebenen Lieferzeit bereits jeweils mit),
- Die *Bestandsdaten* beziehen sich auf den *Periodenanfang* nach Durchführung des Zuganges und des Abganges der jeweiligen Periode,
- Zur *Kontrolle* wird gerechnet: bestellte, aber noch nicht gelieferte Menge + aktueller Bestand

- Erreicht oder unterschreitet die Kontrollsumme den Meldebestand, so wird eine *Bestellung auf den Höchstbestand* ausgelöst.

Und folgendermaßen sieht der Bestandsverlauf aus:

Summarische Disposition Musterrechnung für 13 Perioden					
t	Meldebestand:				30 St.
	Höchstbestand:				60 St.
	Summarische Disposition				
	Bestand	Zugang	Bestand	Kontrolle	Bestell.
1.	11 St.	0 St.	40 St.	40 St.	0 St.
2.	2 St.	0 St.	38 St.	38 St.	0 St.
3.	8 St.	0 St.	30 St.	30 St.	30 St.
4.	10 St.	0 St.	20 St.	50 St.	0 St.
5.	20 St.	0 St.	0 St.	30 St.	40 St.
6.	2 St.	30 St.	28 St.	68 St.	0 St.
7.	5 St.	0 St.	23 St.	63 St.	0 St.
8.	10 St.	40 St.	53 St.	53 St.	0 St.
9.	9 St.	0 St.	44 St.	44 St.	0 St.
10.	13 St.	0 St.	31 St.	31 St.	0 St.
11.	10 St.	0 St.	21 St.	21 St.	40 St.
12.	10 St.	0 St.	11 St.	51 St.	0 St.
13.	20 St.	0 St.	-9 St.	31 St.	0 St.

Das Erreichen des Meldebestandes, d.h., im vorliegenden Fall einer Kontrollsumme von oder unter Meldebestand, wird auch als *Bestellpunkt* bezeichnet. Das ganze Verfahren heißt daher auch *Bestellpunktverfahren* und ist immer wieder in Prüfungen aller Art anzutreffen.

Diese Rechnung *ignoriert Risiken der Beschaffung und des Verbrauches*, d.h., geht von zuverlässiger Lieferbarkeit aus und macht keine Annahmen über Verbrauchsschwankungen. Dies ist damit ebenso realitätsfern wie die rein deterministischen Verfahren, die wir weiter oben dargestellt haben. Will man diesbezüglich realistischer werden, so müßte man auf die Verfahren der *Lagerstatistik* zurückgreifen und *Wahrscheinlichkeitsaussagen* über die grundlegenden Daten einbeziehen.

5. Grundlegende Verfahren der Lagerstatistik

Die Lagerstatistik richtet sich im Wesentlichen auf quantitative und qualitative Erkenntnisse über alle lagerrelevanten Größen und ist relevant, wenn sich diese Parameter nicht exakt steuern oder ermitteln lassen. Wie in der allgemeinen Statistik unterscheidet man hier auch

- deskriptive Statistik: die *Beschreibung relevanter Sachverhalte*, etwa durchschnittliche Lagerbestände oder durchschnittliche Abweichungen relevanter Parameter von einem Mittel- oder Durchschnittswert und
- schließende Statistik oder Wahrscheinlichkeitsrechnung, die sich auf *Vorhersagen bedeutsamer Größen richtet*, etwa das Lieferunfähigkeitsrisiko oder die Wahrscheinlichkeit von Konventionalstrafen.

Die Kennzahlen aus Kapitel 4 sind dabei bereits vielfach Ergebnisse der deskriptiven Lagerstatistik. Sie sind die *Voraussetzung* für die Methoden der schließenden Lagerstatistik, die die Aussagekraft der deskriptiven Kennzahlen *erweitern* und *verbessern*.

5.1. Mittelwert, Standardabweichung und Varianz

Der *Mittelwert* ist allgemein identisch mit dem durchschnittlichen (mittleren) Lagerbestand. Sind X_i die in insgesamt n Zeitpunkten $i=1...n$ angetroffenen Lagerbestände eines Artikels, so gilt allgemein

$$\bar{OB} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Für diesen Wert wird häufig auch das Symbol μ verwendet.

Mittelwerte können für *Bestandsgrößen* ebenso wie für *Verbrauchsgrößen*, *Kundennachfrage* oder *Lieferzeiten* eines Artikels gebildet werden.

Die *Standardabweichung* ist die *durchschnittliche Abweichung vom mittleren Wert*. Sie gibt an, wie stark der beobachtete Wert um den Mittelwert *schwankt*, ist also ein Maß für Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit eines Wertes.

Die Standardabweichung wird auch als *Varianz* bezeichnet und folgendermaßen berechnet:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\mu - X_i)^2}{n}}$$

Die Varianz σ ist groß, wenn

- Starke Entnahmeschwankungen vorliegen,
- Lieferzeiten sehr unregelmäßig sind,
- Baustellen-, Werkstatt- oder Einzelfertigung betrieben wird.

Die Varianz σ ist klein, wenn

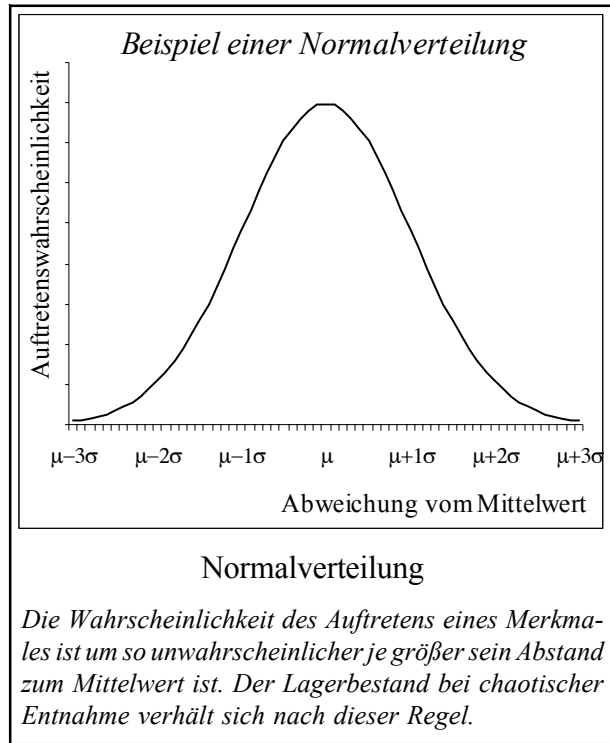
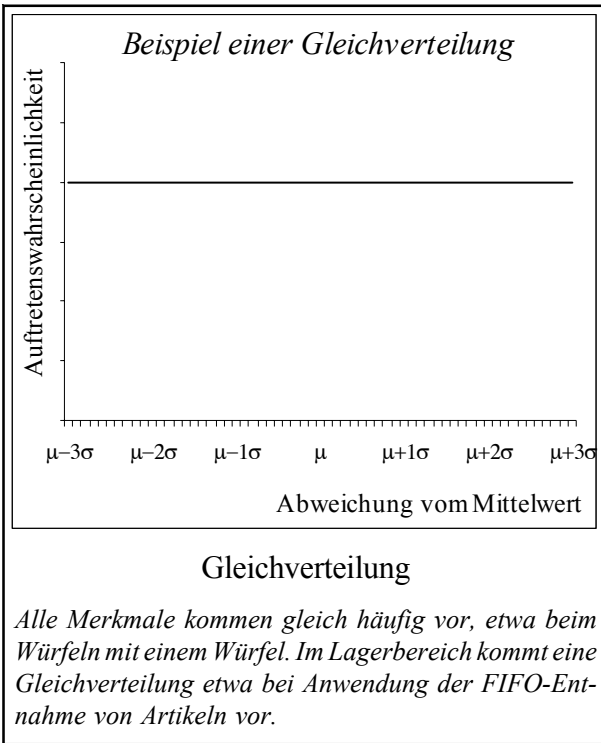
- Geringe Entnahmeschwankungen vorliegen,
- Die Lieferzeiten regelmäßig sind,
- Serien- oder Massenfertigung betrieben wird.

Rein theoretisch wäre $\sigma=0$, wenn die Grundannahmen der Disposition aus dem Grundmodell auf Seite 9 uneingeschränkt zuträfen, weil die Bestandlinie eine monoton fallende Gerade ist. Nur ist das leider nie der Fall: man muß daher unter Zugrundelegung relevanter *Verteilungsarten* zur *Wahrscheinlichkeitsaussagen* kommen.

5.2. Verschiedene Verteilungsarten

5.2.1. Grundmodell der Gleichverteilung

Diese Form der Häufigkeitsverteilung ist in wirtschaftlichen Situationen generell *selten*, und kommt im Lager nur bei FIFO vor - und selbst dann auch nur bei unveränderten, d.h., stabilen Umweltbedingungen.



5.2.2. Grundmodell der Normalverteilung

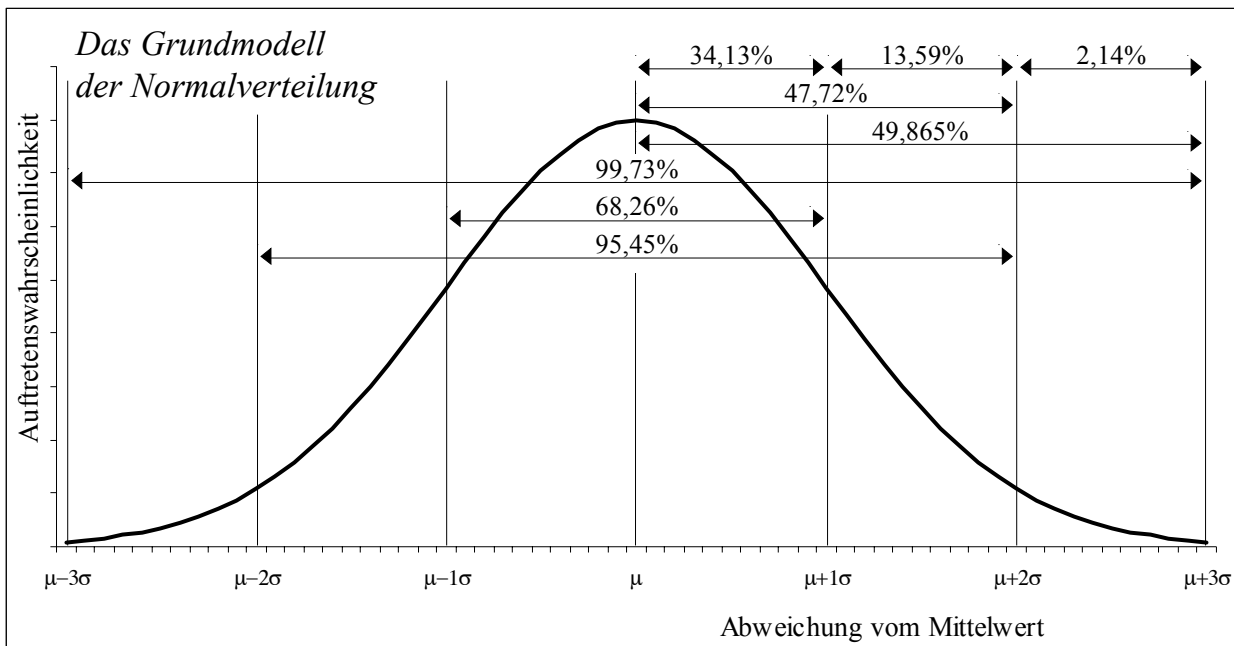
Grundgedanke bei der Normalverteilung ist, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines bestimmten Zustandes („Merkmalsausprägung“) um so unwahrscheinlicher ist, je weiter dieser Zustand vom Mittelwert μ entfernt ist. Maß ist hierbei die Varianz σ . Die folgende gauß'sche „Glockenkurve“ beschreibt dieses Verhalten:

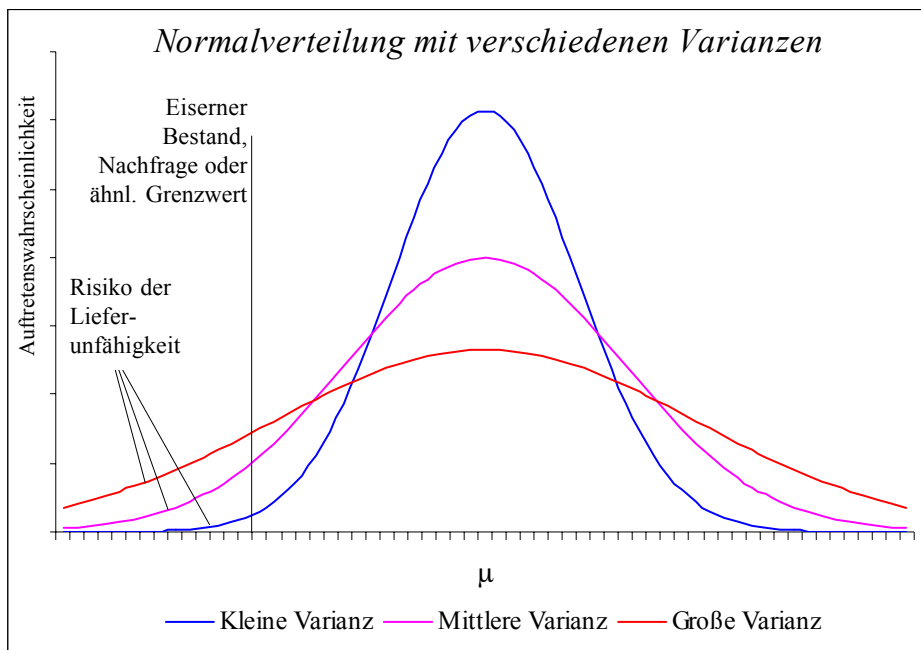
Hierbei beschreibt die Kurve selbst das Auftreten aller überhaupt möglicher Zustände, d.h., 100% Wahrscheinlichkeit (d.h., *irgend einen* Lagerbestand findet man immer).

Die von dem Mathematiker Gauß entdeckte *Naturgesetzmäßigkeit* besagt nun, daß die Wahrscheinlichkeit, eine Merkmalsausprägung zwischen dem Mittelwert (μ) und

dem Mittelwert plus einer Varianz ($\mu+\sigma$) anzutreffen, gerade 34,13% beträgt. Die Wahrscheinlichkeit, zwischen μ und $\mu+2\sigma$ zu liegen beträgt 47,72%, und die einer Merkmalsausprägung zwischen μ und $\mu+3\sigma$ beträgt 49,865%. Eine Hälfte der symetrischen Kurve ist stets genau 50%. Zwischen $\mu-\sigma$ und $\mu+\sigma$ zu liegen hat eine Wahrscheinlichkeit von 68,26%, und die Wahrscheinlichkeit eines Ergebnisses zwischen $\mu-2\sigma$ und $\mu+2\sigma$ beträgt 95,45%. Diese Gesetzmäßigkeit gilt unabhängig vom betrachteten Einzelfall.

Die Berechnung dieser Werte erfolgt entweder mit Hilfe der gauß'schen Normalverteilungsformel, oder mit einer entsprechenden *Tabelle*. Tabellenkalkulationsprogramme bieten entsprechende Funktionen, die eine Kenntnis der relativ aufwendigen Rechenmethode nicht voraussetzen.





Statistisches Lagermanagement

Die Normalverteilung eignet sich als grundlegendes Element einer Lagermanagementstrategie: Wird öfter in kleineren Mengen bestellt, so „pendelt“ der Lagerbestand eher um einen Mittelwert, was eine kleinere Varianz ergibt. Wird seltener bestellt, aber dafür bei jeder Bestellung eine größere Menge, so gibt es stärkere Abweichungen vom Mittelwert, und damit ein größeren σ -Wert.

5.3. Das Risiko der Lieferunfähigkeit

Die vorstehend skizzierte Gesetzmäßigkeit eignet sich hervorragend, *lagerbezogene Risiken* abzuschätzen.

Ermittlung eines Risikoniveaus: Beträgt beispielsweise der Mittelwert $\mu=1000$ Stück, wurde eine Varianz von $\sigma=200$ Stück festgestellt, und beträgt der eiserne Bestand $EB=500$ Stück, so liegt dieser also um 500 Stück unter dem Mittelwert. Ausgedrückt in Varianzen ist die Distanz zwischen dem Mittelwert und dem eisernen Bestand $2,5\sigma$.

Der Tabelle entnehmen wir, daß die Wahrscheinlichkeit, zwischen μ und $\mu-2,5\sigma$ zu liegen 99,37903% beträgt. Die Wahrscheinlichkeit, *unter* die Grenze von 500 Stück zu geraten, beträgt damit nur unter 1%.

Festlegung einer risikobezogenen Strategie: Sollte die Wahrscheinlichkeit, den eisernen Bestand angreifen zu müssen nur maximal 5% betragen dürfen, so suchen wir in der Tabelle den 5% entsprechenden Wert 45%, und ermitteln den dazugehörigen σ -Wert. Für $\sigma=1,64$ finden wir 94,94974%, und für $\sigma=1,65$ finden wir 95,05285%. Durch Schätzung bestimmen wir damit den 95% entsprechenden σ -Wert auf $\sigma=1,645$. Bei konstanter Varianz kann nunmehr der zum Erreichen des 5%-Niveaus erforderliche Mittelwert auf

$$500 + 1,645\sigma = 500 + 1,645 \cdot 200 = 829 \text{ Stück}$$

festgelegt werden.

Diese Rechenmethode ist auch aus dem *Qualitätsmanagement* und aus der *Verfahrenstechnik* bekannt und erlaubt relativ zuverlässige Aussagen über Risiken und Wahrscheinlichkeiten.

6. Grundzüge der Lagerkostenrechnung

Die Lagerkostenrechnung umfaßt die gesamten Kosten der *lagermäßigen Bevorratung* und des *Verbrauches* des gelagerten Materials.

Für das Verständnis des folgenden Abschnitts ist ein grundsätzliches Verständnis der Elementardefinitionen der Kosten- und Leistungsrechnung bedeutsam. Insbesondere werden der Unterschied zwischen den Begriffen *Kosten - Aufwand - Ausgabe - Auszahlung* sowie die Unterscheidungen zwischen *Einzel- und Gemeinkosten* sowie zwischen *Fixkosten* und *variablen Kosten* vorausgesetzt.

Die hier dargestellten Grundlagen sind selbst die Voraussetzung für weiterführende Diskussionen, insbesondere hinsichtlich der *Bestellmengenrechnung*.

6.1. Kostenarten im Lager

Man unterscheidet im Lagerbereich *zwei grundlegende Kostenarten*:

- Kosten der Lagerung selber („Lagerkosten“)
- Kosten, die durch den Verbrauch der gelagerten Produkte entstehen.

Die Kosten der Lagerung (Lagerkosten) sind i.d.R. *Gemeinkosten*, während die Kosten für den Verbrauch des gelagerten Produktes *Einzelkosten* sein können, wenn das gelagerte Material sich dem hergestellten Produkt direkt zuordnen läßt.

Die Lagerkosten setzen sich dabei im Wesentlichen aus zwei Elementen zusammen:

- Aufwandsgleiche Kosten, d.h., Kosten, die der GuV-Rechnung entnommen werden können und
- Aufwandsungleiche, d.h., kalkulatorische Kosten.

Aufwandsgleiche Kosten wären etwa Personal-, Raum- und Sachkosten im Lager, Versicherungen, innerbetrieblicher Transport, Energie und dgl. mehr. Sie sind in der Praxis oft nur ein kleiner Anteil der Gesamtkosten, obwohl Energiekosten durch politische motivierte Verteuerung von Energie bei bestimmten Lagerarten (Kühl-lagerung!) sehr hoch sein können und oft eine Verlagerung des Betriebes ins Ausland erzwingen können.

Kalkulatorische Kosten sind insbesondere

- Kalkulatorische Zinsen und
- Kalkulatorische Wagnisse.

Bei Maschinen, die in der Lagerung verwendet werden, kommen hinzu

- Kalkulatorische Abschreibungen

Ist das Lager in einem eigenen Gebäude, so sollten ferner berücksichtigt werden

- Kalkulatorische Miete

Die lagerbezogenen Kosten sind damit im Wesentlichen *nichtpagatorische Kosten*, die der GuV-Rechnung nicht zu entnehmen sind. Für die Lagerkostenrechnung sind daher *weitere Datenquellen* erforderlich, die die Bemessung der kalkulatorischen Kosten erlauben.

Da viele Kostenrechner aus Unkenntnis oder Bequemlichkeit die kalkulatorischen Kosten *ignorieren*, sind viele Lagerkostenangaben *unrealistisch niedrig*. Wer die kalkulatorischen Kosten ignoriert, belügt sich selbst. Oder, knapp und prägnant: *wer heute den Kopf in den Sand steckt knirscht morgen mit den Zähnen*.

Die *Verbrauchs*kosten sind im Wesentlichen durch den Bedarf bestimmt und *nicht Gegenstand der Lagerstrategie*, doch die im Rahmen der Lagerung angewandte Bewertungs- und Entnahmestrategie bestimmt die tatsächliche Höhe dieser Kosten.

Verbrauchs

Es handelt sich hier weiterhin um *Einzelkosten*, d.h., diese Kostenart ist die Berechnungsgrundlage zur Bestimmung des Zuschlagssatzes im Lager, der für weiterführende Konzepte insbesondere der Bestellmengenplanung relevant ist.

6.2. Bestimmung der Gesamtkosten der Lagerung

Da die aufwandsgleichen- und die kalkulatorischen Kosten aus verschiedenen Quellen stammen, führen viele Lehrbücher man unterschiedliche Symbole ein: die aufwandsgleichen Kosten werden mit dem Symbol *l* beschrieben, während für die kalkulatorischen Kosten das Symbol *j* gesetzt wird.

Die Summe *l+j* entspricht offensichtlich dem Materialgemeinkostenzuschlag, der bei ordentlicher Vollkostenrechnung, d.h., bei Berücksichtigung sämtlicher Kostenarten der Kostenartenrechnung in einem Betriebsabrechnungsbogen, entsteht.

Die *Kosten der Lagerung* errechnen sich damit wie folgt als Zuschlag auf die durchschnittliche Kapitalbindung:

$$K_L = \frac{(2EB_i + M_i) \cdot q_i}{2} \cdot (l + j)$$

Der Bruch stellt damit zunächst das durchschnittlich im Lager gebundene Kapital dar, das durch Anwendung eines Zuschlagssatzes in eine Kostengröße überführt wird. Dies läßt sich unter Zugrundelegung des Materialgemeinkostenzuschlagssatzes durch Zusammenfassung der beiden Einzelkomponenten *l* und *j* in den Materialgemeinkostenzuschlagssatz *MGZ* vereinfachen zu:

$$K_L = \frac{(2EB_i + M_i) \cdot q_i}{2} \cdot MGZ$$

Hierbei muß der *MGZ* die kalkulatorischen Kosten enthalten, die durch den Betriebsabrechnungsbogen auf die Lagerkostenstelle umgelegt wurden.

Die Rechenmethode mit getrennten Werten *l* und *j* ist zwar verbreitet, in der Praxis aber oft ein Indiz für eine mangelhafte Kostenartenrechnung. Viele Unternehmen trennen die Aufwendungen und Kosten nicht sauber voneinander ab. Schuldzinsen werden einbezogen und eine kalkulatorische Kostenrechnung fehlt oder wird nur halbherzig als reine Lagerzinsrechnung ohne die sonsti-

Kostenänderungen infolge von Strategien zur Verringerung des Lieferbereitschaftsrisikos	
Operative Maßnahmen:	
Vergrößerung des $\emptyset B_i$	Verringerung von σX_i
Hierdurch verursachte Kostensteigerungen:	
<ul style="list-style-type: none"> ● Zinskosten im Lager: Die Mindestrentabilität ist auf den Durchschnittsbestand anzuwenden, so daß dieser über die Verkaufspreise die vom Unternehmer gewünschte Verzinsung liefert. ● Lager-Gemeinkosten: Diese Größe ist durch den Lager-Gemeinkostenzuschlagssatz der Kostenstelle "Lager" erfaßt und umfaßt alle Kosten wie Raumkosten, Energie, Lohnkosten im Lager, Instandhaltungsaufwendungen usw. <p><i>Wird R_{\min} über den BAB abgerechnet, so bilden diese beiden Kostenarten eine Einheit.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Bestellkosten: Durch häufigeres Bestellen kleinerer Mengen sind mehr Angebotsvergleiche erforderlich. Dies bedingt höhere anteilige Verwaltungsaufwendungen durch die hiermit beschäftigten Sachbearbeiter. ● Höhere Einstandspreise: Mengen- und Großkundenrabatte, Boni und ähnliche Preisnachlässe können nicht mehr oder nur noch in geringerem Umfang wahrgenommen werden, was zu höheren Einzelkosten durch den Material- oder Warenverbrauch führt.

gen kalkulatorischen Kosten durchgeführt. Solche Rechenwerke sind oft *grundlegend falsch*, selbst wenn die einzelnen Methoden richtig angewandt werden. Wir werden daher immer auf die zweite Rechenmethode bestehen und uns nicht auf eine Trennung von Lagergrundkosten und Lagerzinskosten einlassen.

6.3. Entnahmestrategie und Verbrauchskosten

Während die Bestimmung der Lagerkosten für die Ermittlung der optimalen Bestellmenge und anderer Konzepte des *Operations Research* bedeutsam sein wird, ist die Ermittlung der Verbrauchskosten insbesondere für die Kalkulation, die Selbstkostenrechnung und die Angebotspreisbestimmung von Bedeutung.

Ein häufiger Fehler in diesem Zusammenhang ist, den Einkauf mit den Kosten zu verwechseln. Während zwar durch den Vorgang des Einkaufens Kosten wie Reisekosten, Kosten für Angebotsvergleiche oder Kosten für die nach §377 HGB immer sogleich durchzuführende Wareneingangskontrolle entstehen, stellen die eingekauften Bedarfsgegenstände selbst im Moment des Einkaufes natürlich noch keine Kostenart dar. Sie sind vielmehr zu aktivieren, d.h. bilden eine Kapitalbindung als Vermögensgegenstände auf der Aktivseite der Bilanz. Zu Kosten werden sie erst durch die Entnahme. Dies kann zu einem späteren Zeitpunkt, sogar erst in einem späteren Jahr geschehen. Es ist daher ein Fehler, den Einkauf erfolgswirksam zu buchen. Vielmehr ist erst die Entnahme von Produkten aus dem Lager durch einen Material- oder Warenentnahmeschein erfolgswirksam zu buchen.

Für die konkrete Höhe der Verbrauchskosten ist aber dennoch das handelsrechtliche Bewertungsverfahren für die Schlußbilanz relevant, weil die bilanzielle Bewertung des Endbestandes auch den Wert der Entnahmen, also des Verbrauches indirekt mitbestimmt. Hierfür stehen i.d.R. drei handels- wie steuerrechtlich mögliche Bewertungsmethoden zur Auswahl:

- die *Gleichbewertung* (§240 Abs. 3 HGB),
- die *Durchschnittsbewertung* (§240 Abs. 4 HGB) und
- die *Verbrauchsfolgebewertung* (§256 HGB).

Die Gleichbewertung nach §240 Abs. 3 HGB gestattet, daß der Wert nachrangiger Vermögensgegenstände (und sogar nachrangiger Schulden!), die regelmäßig ersetzt werden mit einem *gleichbleibendem Wert* angesetzt wird. Eine körperliche Inventur ist nur alle drei Jahre durchzuführen. Diese Vereinfachungsregel ist für die Anwendung mathematischer Optimierungstechniken im Lagerbereich wenig sinnvoll, weil exakte Zahlen fehlen. Von dieser Regel wird daher abgeraten.

Die Durchschnittsbewertung nach §240 Abs. 4 HGB geht davon aus, daß die Bewertung des Lagerendbestandes aus dem gewogenen Durchschnitt aller Einzelwerte zu erfolgen habe. Daher ist auch der Wert des Verbrauches aus dem gewogenen Durchschnitt zu ermitteln. Ein „gewogener“ Durchschnitt muß die tatsächlichen Verbrauchsmengen berücksichtigen und darf nicht nur aus den einzelnen Einkaufspreisen aus den Lieferantenrechnungen gebildet werden.

Die Verbrauchsfolgebewertung geht davon aus, daß die gelagerten Vermögensgegenstände in einer bestimmten Reihenfolge verbraucht werden. Sie müssen in einer bestimmten Ordnung in das Lager eingebracht und entnommen werden. §256 HGB fordert, daß dies „im Rahmen der ordnungsgemäßen Buchführung“ geschehe, also belegmäßig nachweisbar sein müsse. Die einzelnen Bedarfsgegenstände müssen daher individuelle Labels oder Seriennummern besitzen und individuell identifizierbar sein. Das war einst ein großes Problem, stellt in Zeiten der RFID-Tags und Scannerkassen aber kein Problem mehr dar.

Bis 2008 waren alle erdenklichen Verfahren zulässig. Ab 2009 wird durch die Bilanzrechtsmodernisierung der Bereich der möglichen Methoden auf FIFO und LIFO eingeschränkt.

Das FIFO-Verfahren dagegen geht vom **F**irst-**I**n-**F**irst-**O**ut-Konzept, also vom *Warteschlangenmodell* aus, während das LIFO-Konzept den Schlußbestand nach **L**ast-**I**n-**F**irst-**O**ut, also nach dem Modell der *Schüttlagerung* bewertet. Daher sind in diesen beiden Verfahren die Bewertungen des Schlußbestandes und des Verbrauches nicht identisch, d.h., der Stückpreis des Schlußbestandes ist nicht zugleich der Stückpreis des Verbrauches.

LIFO ist zugleich die einzige im Steuerrecht zulässige Bewertungsmethode (R 6.9 Abs. 1 EStR) und FIFO die einzige im Bereich des internationalen Rechnungswesens zulässige Verbrauchsfolgemethode (IAS 2.25).

Früher mindestens handelsrechtlich erlaubte Methoden wie LOFO (Lowest-In-First-Out) oder HIFO (Highest-In-First-Out) waren wegen der steuerrechtlichen und der internationalen Regelungen schon in der Vergangenheit weitgehend vergessen, sind aber ab 2009 durch das ausdrückliche handelsrechtliche Verbot endgültig gestorben. Sie können jedoch im Ausland zulässig sein. Der FIFO-LIFO-Modellrechner.xls auf der BWL CD kann daher diese Methoden noch berechnen.

Betrachten wir ein Beispiel: Für eine Materialart liegen über ein Jahr verteilt folgenden Lagerbewegungen vor:

Nr.	Datum	Menge	Preis	Wert
1	02.01.20xx	100 St	12,00 €/St	1.200,00 €
2	10.01.20xx	200 St	14,00 €/St	2.800,00 €
3	25.01.20xx	150 St	15,50 €/St	2.325,00 €
4	21.02.20xx	1.000 St	13,50 €/St	13.500,00 €
5	18.04.20xx	500 St	15,20 €/St	7.600,00 €
6	14.06.20xx	2.000 St	11,00 €/St	22.000,00 €
7	10.09.20xx	1.200 St	13,75 €/St	16.500,00 €
8	27.09.20xx	800 St	16,50 €/St	13.200,00 €
9	30.10.20xx	1.500 St	14,30 €/St	21.450,00 €
10	28.11.20xx	500 St	17,20 €/St	8.600,00 €
11	12.12.20xx	300 St	18,00 €/St	5.400,00 €
12	21.12.20xx	400 St	17,50 €/St	7.000,00 €

Der Schlußbestand beträgt ausweislich der Schlußinventur 580 Stück. Der Marktpreis des Artikels am Jahresende betrage 14,00 Euro/Stück. Die Bewertung soll nach der Durchschnittsmethode, nach FIFO und nach LIFO vorgenommen werden.

Am Ende des Abrechnungszeitraumes ist noch der genannte Schlußbestand von 580 Stück vorhanden, so daß insgesamt im Berichtszeitraum $8.650 - 580 = 8.070$ Stück verbraucht worden sind. Die 580 Stück Schlußbestand sind bilanziell zu bewerten. Hierdurch ergibt sich auch eine Konsequenz für die Bewertung des Verbrauches. Die Vermögensbewertung und die Verbrauchsbewertung hängen zusammen.

Bewertet man hier nach §240 Abs. 4 HGB, so erhält man einen durchschnittlichen Stückpreis des Schlußbestandes von 14,0549 €. Der Schlußbestand ist damit insgesamt 8.151,85 Euro wert. Der Verbrauch kann ebenfalls aus dem Durchschnittswert der Vermögensgegenstände bestimmt werden und ist 113.423,15 €. Dieser Wert ist die Einzelkostenart.

Führt man jedoch eine *Teilwertabschreibung* durch, weil der Schlußbestand nur einen Börsen- oder Marktpreis i.H.v. 14 €/Stück habe, so muß der Schlußbestand auf diesen Wert abgeschrieben werden. Es entsteht damit eine außerordentliche Abschreibung i.H.v. 31,85 Euro. Diese ist steuerrechtlich nur zulässig, wenn die Wertminderung dauernd ist (§6 Abs. 1 Nr. 2 EStG). Auf die Bewertung des Verbrauches hat dies natürlich keinen Einfluß. Die außerordentliche Abschreibung ist zudem keine Kostenart (sondern ein neutraler Aufwand), so daß sie nichts mit der Zuschlagsrechnung zu tun hat.

Bewertet man aber nach *FIFO* im Sinne des §256 HGB, so wäre die Stückbewertung des Schlußbestandes eigentlich 17,6552 €, was eine Bilanzbewertung von 10.240,00 € ergäbe. Da der Stückpreis aber den angegebenen Marktwert am Bilanzstichtag von 14,00 € übersteigt, muß gemäß §253 Abs. 2 und 4 HGB eine außerordentliche Abschreibung auf diesen Marktwert vorgenommen werden, so daß sich nur noch eine Schlußbewertung von 8.120 € ergibt. Die Abschreibung in Höhe von 2.120 € erscheint als außerordentliche Aufwendung. Dieses Verfahren ist eine Teilwertabschreibung und im Sinne des Steuerrechts nur zulässig, wenn die Wertminderung dauerhaft ist.

Der Kostenwert in diesem Fall beträgt 111.335,00 €, und ist von der Frage der Teilwertabschreibung unabhängig, in jedem Fall aber auch nicht mit dem Kostenwert bei Durchschnittsbewertung deckungsgleich.

Bei *LIFO-Bewertung* wäre hingegen der Stückwert 13,9310 €, so daß keine Teilwertabschreibung notwendig wäre. Dies führt zu einem Schlußbilanzwert von stets 8.080 Euro und einem Kostenwert i.H.v. 113.495 €.

Allgemein gilt: Je *höher* der Schlußbestand bewertet wird, desto *geringer* ist der Wert des verbrauchten Materials, d.h., desto *geringer* sind die Verbrauchskosten, und umgekehrt je *geringer* die Schlußbewertung ist, desto

Bewertungsübersicht zum vorstehenden Zahlenbeispiel

(enthält auch HIFO und LOFO, weil diese klausurrelevant oder noch im Ausland zulässig sein können)

1. Bewertung nach Steuerrecht (*keine Teilwertabschreibungen*)

	Ø-Wert	FIFO	LIFO	HIFO	LOFO
Pro Stück:	14,0549 €/St	17,6552 €/St	13,9310 €/St	11,0000 €/St	17,7586 €/St
Schlußbestand:	8.151,85 €	10.240,00 €	8.080,00 €	6.380,00 €	10.300,00 €
Kostenwert:	113.423,15 €	111.335,00 €	113.495,00 €	115.195,00 €	111.275,00 €
Wertberichtigung	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

2. Bewertung nach Handelsrecht (*mit außerplanmäßigen Abschreibungen*)

	Ø-Wert	FIFO	LIFO	HIFO	LOFO
Pro Stück:	14,0000 €/St	14,0000 €/St	13,9310 €/St	11,0000 €/St	14,0000 €/St
Schlußbestand:	8.120,00 €	8.120,00 €	8.080,00 €	6.380,00 €	8.120,00 €
Kostenwert:	113.423,15 €	111.335,00 €	113.495,00 €	115.195,00 €	111.275,00 €
Wertberichtigung	31,85 €	2.120,00 €	0,00 €	0,00 €	2.180,00 €

Der Leser findet das vorstehende Zahlenbeispiel auf der BWL CD in der Datei „FIFO-LIFO-Modellrechnung.xls“. Online kann es in <http://www.zingel.de/zip/07fifo.zip> heruntergeladen werden. Wie alle Excel®-Dateien ist auch dieses Zahlenbeispiel auf der BWL CD quelloffen. Die Ausführung der VBA-Makros muß zugelassen werden.

höher sind die zuvor zu berücksichtigenden Verbrauchskosten.

Bei steigendem Einkaufspreis, wie vorstehend gezeigt, entsteht bei FIFO zudem ein höherer Schlußbilanzwert und bei LIFO ein höherer Kostenwert. Bei sinkenden Preisen ist es tendenziell andersherum; allerdings können dann höhere außerplanmäßige Abschreibungen entstehen.

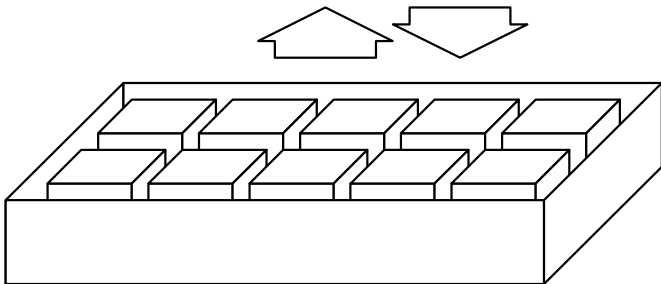
„Alte“ Verfahren wie HIFO und LOFO sind spätestens ab 2009 in Deutschland unzulässig, werden nebenstehend aber noch gezeigt, weil sie noch in Klausuren vorkommen und im Ausland gestattet sein können. Technisch sind HIFO und LOFO schwieriger, weil die Liste mit den einzelnen Lagerzugängen zunächst auf- oder absteigend sortiert werden muß. Die dem Beispiel zugrundeliegende Excel®-Datei enthält für diesen Zweck eine Hilfstabelle.

6.4. Entnahmestrategie und Lagerdauer

Die gewählte Entnahmestrategie determiniert jedoch nicht nur die Kosten, sondern auch *Kennziffern der Zeit*. Das muß man sich insbesondere bei verderblichen Gütern verdeutlichen, weil sonst böse Überraschungen nicht auszuschließen sind. Was das bedeutet, hat man bei den diversen Gammelfleischskandalen sehen können. Allgemein gesagt ist die durchschnittlicher und die maximale Lagerdauer vom gewählten Entnahmemodell abhängig. Das kann man sich am besten mit drei Skizzen visualisieren:

6.4.1. Lagerzeitkennziffern bei Durchschnittsbewertung

Bei *Durchschnittsbewertung* i.S.v. §240 Abs. 4 HGB oder IAS 2.25 kann jedes Produkt zu jeder Zeit eingelagert oder aus dem Lager entnommen werden. Das Lager kann daher mit einem *offenen Behälter* verglichen werden, der den Zugang zu jedem einzelnen gelagerten Produkt ermöglicht:



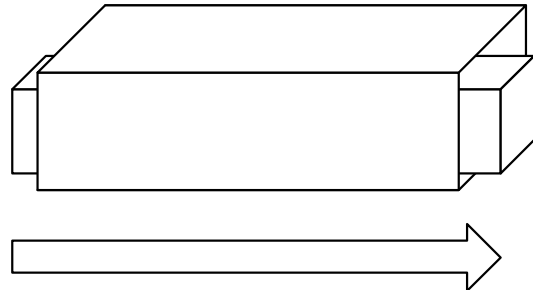
Die Wahrscheinlichkeit eines jeden Produktes, entnommen zu werden, ist daher *zu jeder Zeit gleich*, wenn es keine Entnahmepreferenz gibt. Die Wahrscheinlichkeit eines Produktes, nach Verbrauch des halben Lagers entnommen zu werden, ist daher stets 50%, und die Wahrscheinlichkeit, nach Verbrauch des gesamten Lagerinhaltes entnommen worden zu sein, ist natürlich 100%. Es gilt daher, daß die *maximale Lagerdauer das Doppelte der durchschnittlichen Lagerdauer ausmacht*. Dies gilt auch bei Vorhandensein von eisernen Beständen, wenn die eisernen Bestände selbst jederzeit entnommen werden können, also nur eine bestimmte Stückzahl stets am Lager sein muß, nicht aber eine bestimmte Anzahl individueller Produkte auf Dauer gehalten wird.

6.4.2. Lagerzeitkennziffern bei FIFO-Bewertung

Bei FIFO-Bewertung i.S.v. §256 HGB oder IAS 2.25ff muß jedes Produkt in der *Reihenfolge* entnommen werden, in der es zunächst in das Lager eingebracht worden ist, worüber ein Belegnachweis erforderlich ist („Grundsätze der ordnungsgemäßen Buchführung“).

Das Lager kann daher mit einem *Rohr* verglichen werden, in das Produkte auf einer Seite eingeführt und *nur* auf der anderen Seite entnommen werden. Anders als etwa bei der Durchschnittsbewertung hat daher bei konstanter Einlagerungs- und Entnahmegeschwindigkeit *jedes Produkt stets die gleiche Lagerdauer*. Auch wenn die Ein-

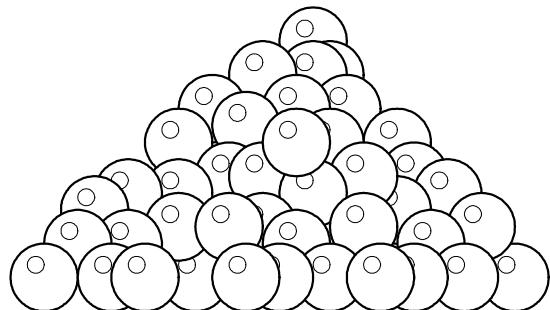
lagerungs- und Entnahmegeschwindigkeit schwankt, und daher der Lagerbestand nicht konstant ist, wird aber trotzdem kein Produkt länger und keines kürzer im Lager sein als es braucht, sich stets durch die gesamte „Warteschlange“ durchzuwarten. *Die durchschnittliche Lagerdauer entspricht also stets der maximalen Lagerdauer*, und die Varianz (Standardabweichung) der Lagerdauer geht gegen null.



Das kann *böse Folgen* haben, wenn von Durchschnittsbewertung auf FIFO umgestellt werden soll, was bei Änderung realer Gegebenheiten wie der Einführung von individuellen Seriennummern durch den Lieferanten zulässig wäre: hier *verdoppelt* sich die durchschnittlicher Lagerdauer (die jetzt nämlich mit der maximalen Lagerdauer identisch wird). Wenn also vor der Umstellung nur ein ganz kleiner Teil des Materials wegen zu langer Lagerung verdorben war, so führt dies jetzt plötzlich zu einem Verderb von 100%!

6.4.3. Lagerzeitkennziffern bei LIFO-Bewertung

Bei diesem Bewertungsverfahren werden die Produkte *in umgekehrter Reihenfolge der Einlagerung wieder entnommen*, d.h., das älteste Produkt bleibt auch am längsten liegen, und das zuletzt eingelagerte Produkt wird zuerst entnommen. Da §256 HGB einen Belegnachweis fordert, ist dieses Verfahren ausschließlich bei einem Nachweis dieses Verhaltens zulässig, der außer bei Schüttlagerung nur selten zu führen ist. Man kann die LIFO-Methode daher mit einer Lagerung auf einem offenen Haufen vergleichen:



Wird jedoch auf diese Art bewertet, und sich auch tatsächlich nach der LIFO-Regel verhalten, so ist *überhaupt keine Aussage über die Lagerdauer mehr möglich*, weil die zuunterst liegenden Produkte theoretisch auf unbegrenzte Zeit liegen bleiben, wenn das Lager zu keiner Zeit vollkommen leer wird, die obersten, d.h., zuletzt eingelagerten Produkte jedoch zuerst wieder entnommen werden

und sich daher nur sehr kurz im Lager befinden. LIFO entspricht daher eigentlich gerade nicht den Grundsätzen der ordnungsgemäßen Buchführung. Insbesondere würde ein ganz unten im „Haufen“ liegendes Bedarfsobjekt theoretisch unendlich lange liegen, wenn die Lagerführung einen eisernen Bestand hält, also eine Menge, die nie verbraucht werden soll. Da die Lagerdauer bei LIFO vom Einlagerungs- und vom Entnahmezeitpunkt abhängt, und diese nicht synchron erfolgen, kann auch kein linearer Verlauf der Lagerdauer nach unten angenommen werden: Die Lagerdauer wächst „nach unten“ ohne eindeutig definierbare Gesetzmäßigkeit.

Während FIFO bei verderblichen Produkten häufig ist, wird LIFO nur relativ selten und niemals bei verderblichen Gütern angewandt. Die Unmöglichkeit einer Aussage über die Lagerdauer trifft in der Praxis nur Schüttgüter wie Kies oder Kohle, wo eine solche Angabe ohnehin überflüssig ist.

R 6.9 Abs. 1 EStR läßt als einzige Verbrauchsfolgebewertung allen Ernstes nur LIFO zu. Diese 2005 eingeführte Vorschrift wurde oft und berechtigt *kritisiert*, denn für verderbliche Güter wie Lebensmittel ist dies geradezu ein *Rezept für Gammelfleischskandale*. Zudem bewirkt die Unzuverlässigkeit der Schüttlagerung auch eine Unzuverlässigkeit der Bewertung. War LIFO in der Wirtschaft schon froher außer bei „echten“ Schüttgütern wie Kies, Erz oder Kohle weitgehend verschwunden, wurde es erst durch das Steuerrecht wieder eingeführt. Das Motiv, in IAS 2.25 nur noch FIFO als einzige Methode zuzulassen war ja gerade, daß das Warteschlangenmodell als einzige Verbrauchsfolgemethode eine zuverlässige Aussage über Verbrauch, Lagerdauer und Bewertung gestattet. Zudem wurde FIFO oft bei verderblichen Gütern angewandt und kann den Mitarbeitern leicht kommuniziert werden, daß stets die älteste Ware zuerst zu entnehmen sei. §256 HGB läßt ab 2009 nur noch LIFO und FIFO zu, wohl um den Spagat zwischen Steuerrecht und IAS 2 zu gestatten. In der Praxis haben solche Wirrungen aber dazu geführt, daß die Verbrauchsfolgemethoden inzwischen oft *ganz gemieden werden*.

7. Ein Lösungsbeispiel in Excel

Das nachstehend auf der Folgeseite abgebildete Excel-Beispiel erlaubt die Eingabe der für ein Material relevan-

ten Ausgangsgrößen, ermittelt die optimale Bestellmenge und alle relevanten Parameter und Kennziffern. Der Anwender erhält in der Eingabeseite (oben) eine Kennziffernauswertung für die eingegebene Menge und für die optimale Bestellmenge. Auf der ersten Auswertung (Mitte) erhält der Anwender die Kostenverläufe. Das Diagramm kann animiert werden um die Änderung des Kostenverlaufes bei unterschiedlichen Daten für den eisernen Bestand zu zeigen. In der zweiten graphischen Auswertung (unten) ist der Lagerbestand im Zeitablauf visualisiert.

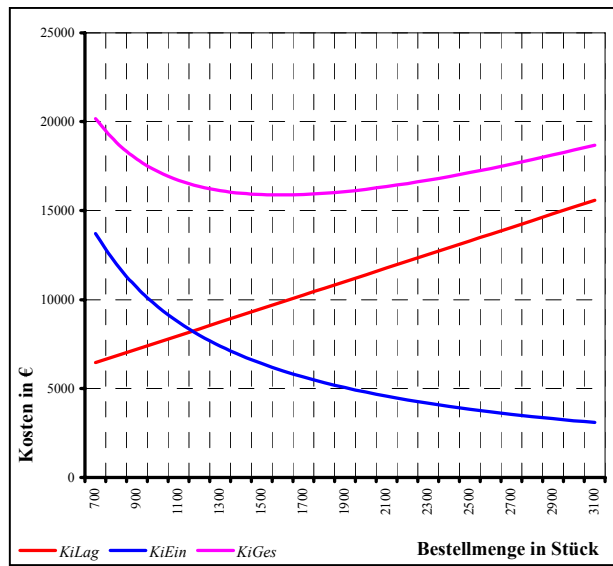
Das Beispiel ist in der Datei „Lager Kennziffern.xls“ im Skripte-Ordner der BWL CD zu finden oder kann online in <http://www.zingel.de/zip/07kziff.zip> heruntergeladen werden. Vorausgesetzt wird Excel 97 oder später. Die Ausführung der VBA-Makros muß zugelassen werden oder das Beispiel funktioniert nicht.

8. Abkürzungen und Symbole

a_i	Platzbedarf der Materialart i
B	Bestellintervall
EB	Eiserner Bestand
FIFO	First In First Out
HB	Höchstbestand
HIFO	Highest In First Out
i	Index (bei mehreren Materialarten)
j	Lagerzins = kalk. Zins
K	Kosten
K_L	Kosten der Lagerung
K_V	Kosten des Verbrauchs
l	Aufwandsgleicher Materialgemeinkostensatz
(I+j)	MGZ
L	Lieferintervall
LD	Lagerdauer
LD_{max}	Maximale Lagerdauer
LIFO	Last In First Out
LOFO	Lowest In First Out
LU	Lagerumschlagshäufigkeit
μ	Mittelwert
M	Bestellmenge
M_{opt}	Optimale Bestellmenge
MB	Meldebestand
σ	Varianz (Standardabweichung)
V	Verbrauch
V_{Tag}	Verbrauch pro Tag

Eingabebereich:		Eingegebene Bestellmenge:		Bestelleinheitenbezogen:	
V_i	= 24.000,00 Stück	M_i	= 1.000,00 Stück	$M_i^{Opt_{real}}$	= 1.500,00 Stück
K_{Bi}	= 400,00 €	K_{iLag}	= 5.092,00 €	$K_{iLag_{min}}$	= 6.992,00 €
P_i	= 38,00 €	K_{iEin}	= 9.600,00 €	$K_{iEin_{min}}$	= 6.400,00 €
$L_{(i+1)}$	= 20,00%	K_{iGes}	= 14.692,00 €	$K_{iGes_{min}}$	= 13.392,00 €
E_{Bi}	= 170,00 Stück	$\emptyset Best$	= 670,00 Stück	$\emptyset Best$	= 920,00 Stück
M_i	= 1.000,00 Stück	H_{Bi}	= 1.170,00 Stück	H_{Bi}	= 1.670,00 Stück
Einheit	= 250,00 Stück	B_i	= 15,0000 Tage	B_i	= 22,5000 Tage
1 Jahr	= 360,00 Tage	$\emptyset LU_i$	= 20,5128 Mal	$\emptyset LU_i$	= 14,3713 Mal
Grafik von	= 700,00 Stück	$\emptyset LD_i$	= 8,7750 Tage	$\emptyset LD_i$	= 12,5250 Tage
Grafik bis	= 3.100,00 Stück	$LD_{i,max}$	= 17,5500 Tage	$LD_{i,max}$	= 25,0500 Tage
<input checked="" type="radio"/> M opt <input type="radio"/> M	Bereich automatisch	Absolutes Gesamtkostenminimum bei M_i^{Opt} :		= 13.371,74 €	
M_i^{Opt}	= 1.589,44 Stück	Bei FIFO gilt stets $\emptyset LD_i = LD_{i,max}$!			
Berechnung der Zeitkennziffern:		Verbesserte Methode (empfohlen)		▼ (wirkt auf LU und LD)	

	M_i	K_{iLag}	K_{iEin}	K_{iGes}
1	700 Stück	6460,00	13714,29	20174,29
2	800 Stück	6840,00	12000,00	18840,00
3	900 Stück	7220,00	10666,67	17886,67
4	1.000 Stück	7600,00	9600,00	17200,00
5	1.100 Stück	7980,00	8727,27	16707,27
6	1.200 Stück	8360,00	8000,00	16360,00
7	1.300 Stück	8740,00	7384,62	16124,62
8	1.400 Stück	9120,00	6857,14	15977,14
9	1.500 Stück	9500,00	6400,00	15900,00
10	1.600 Stück	9880,00	6000,00	15880,00
11	1.700 Stück	10260,00	5647,06	15907,06
12	1.800 Stück	10640,00	5333,33	15973,33
13	1.900 Stück	11020,00	5052,63	16072,63
14	2.000 Stück	11400,00	4800,00	16200,00
15	2.100 Stück	11780,00	4571,43	16351,43
16	2.200 Stück	12160,00	4363,64	16523,64
17	2.300 Stück	12540,00	4173,91	16713,91
18	2.400 Stück	12920,00	4000,00	16920,00
19	2.500 Stück	13300,00	3840,00	17140,00
20	2.600 Stück	13680,00	3692,31	17372,31
21	2.700 Stück	14060,00	3555,56	17615,56
22	2.800 Stück	14440,00	3428,57	17868,57
23	2.900 Stück	14820,00	3310,34	18130,34
24	3.000 Stück	15200,00	3200,00	18400,00
25	3.100 Stück	15580,00	3096,77	18676,77



Animation:

EB minimal:

EB maximal:

Schrittweite:

Kosten maximal:

Anzahl:

EB momentan:

