Universität Zürich[UZH]

Institut für Betriebswirtschaftslehre

# Operations Management

## Supply Chain Management und Lagerhaltungsmanagement

Prof. Dr. Helmut Dietl

# Lernziele

Nach dieser Veranstaltung sollen Sie wissen,

- was man unter Supply Chain Management und Lagerhaltungsmanagement versteht
- welche Ziele das Lagerhaltungsmanagement verfolgt
- welche Methoden zur Berechnung der optimalen Bestellmenge existieren bzw. wie und wann man diese anwendet

# Definition und Aufgaben

## Supply Chain Management – Definition

Das Supply Chain Management umfasst die Planung und das Management aller Aktivitäten, welche sich auf die Anbahnung von Geschäftsbeziehungen, die Beschaffung, Umwandlung von Produktionsfaktoren und die Logistik beziehen. Es umfasst auch die Zusammenarbeit mit Lieferanten, Zwischenhändlern, Drittanbietern von Dienstleistungen und Kunden.

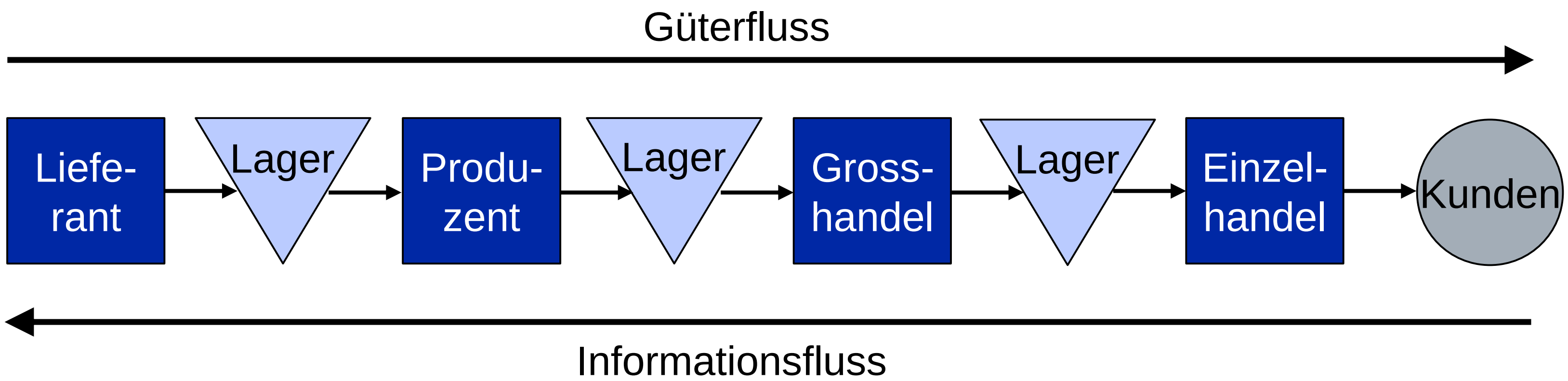
→ Supply Chain Management integriert Angebots- und Nachfragemanagement innerhalb eines Unternehmens und zwischen verschiedenen Unternehmen

## Supply Chain Management – Aufgaben

Das Supply Chain Management hat eine integrative Funktion und die Hauptaufgabe, die zentralen Funktionen und Geschäftsprozesse innerhalb eines Unternehmens und zwischen Unternehmen zu verbinden. Es umfasst das gesamte Logistikmanagement, die Produktion sowie die Prozesskoordination zwischen Produktion, Marketing, Vertrieb, Design, Finanzen und Informationstechnologie.

Quelle: Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), 2013

# Supply Chain: Wertschöpfungskette




- Wie kann ein möglichst hoher Wert für die Kunden geschaffen werden?
- Wie können die Elemente der Wertschöpfungskette effizient und kostenbewusst koordiniert werden?
- Wie kann eine hohe Produkt- und Servicequalität kostenoptimal realisiert werden?

# Was macht eine gute Supply Chain aus?

**Lieferung**

- Pünktliche Lieferung: Prozentsatz der Bestellungen, die pünktlich und vollständig beim Kunden ankommen

**Qualität**

- Kundenzufriedenheit: Bekommt der Kunde das, was er erwartet hat
- Kundenloyalität: Bestellt der Kunde beim nächsten Mal wieder bei uns

**Zeit**

- Wiederbeschaffungszeit
- Geschäftszyklusdauer: Zeit von der Herstellung des Produkts bis der Kunde bezahlt

**Kosten**

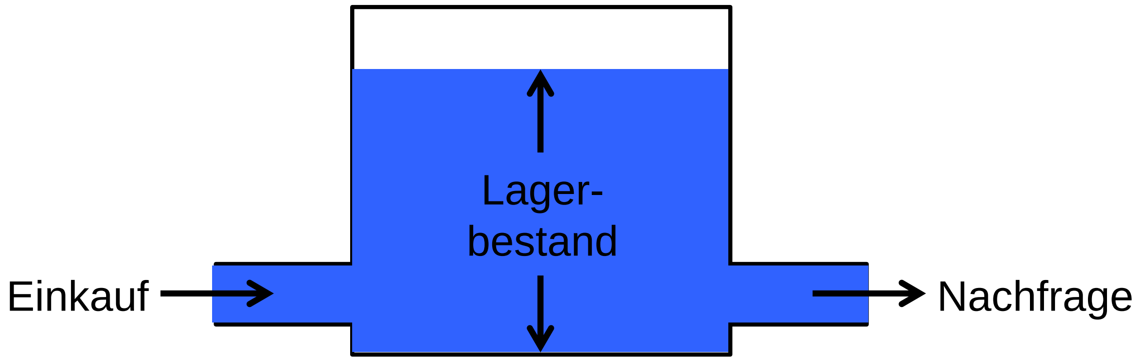
- Gesamtkosten, welche für ein Produkt aufgewendet werden

# Lagerhaltungsmanagement

Was ist die Notwendigkeit von Lagerhaltungsmanagement?

→ Analogie Wassertank: Die Lagerhaltung wird als Puffer zwischen Einkauf und Nachfrage verwendet. Der Lagerbestand

- steigt, wenn Einkauf > Nachfrage
- sinkt, wenn Nachfrage > Einkauf
- bleibt konstant, wenn Einkauf = Nachfrage



# Gründe für Lagerhaltung

- Ermöglichung schneller Reaktion auf Kundenanfragen
- Höhere Autonomie gegenüber Lieferanten
- Aufbau von Sicherheitsbeständen
- Entkopplung aufeinanderfolgender Wertschöpfungs-/Produktionsstufen
- Rüstkosten (Batch-Produktion)
- Absicherung gegen Qualitätsschwankungen

# Beispiele (2015)

ABB

- Vorräte: 4‘757 (Mio. $)
- Umsätze: 35‘481 (Mio. $)
- Aktiva: 41‘356 (Mio. $)

% Anteile:
- Umsatz 13.4%
- Gesamtvermögen 11.5%

NOVARTIS

- Vorräte: 6‘226 (Mio. $)
- Umsätze: 49‘414 (Mio. $)
- Aktiva: 131‘556 (Mio. $)

% Anteile:
- Umsatz 12.6%
- Gesamtvermögen 4.7%

DAIMLER

- Vorräte: 23‘760 (Mio. €)
- Umsätze: 149‘467 (Mio. €)
- Aktiva: 217‘166 (Mio. €)

% Anteile:
- Umsatz 15.8%
- Gesamtvermögen 10.9%

# Übersicht zu Lagerhaltungsmodellen

| | Deterministische Nachfrage | Stochastische Nachfrage |
|---|---|---|
| **Einperioden-modelle** | Vertraglich definierte Ab-satzmenge in einer Periode Bsp.: Abnahmegarantie für eine Periode | Unsichere Absatzmenge in einer Periode Bsp.: Zeitungsjungenproblem |
| **Mehrperioden-modelle** | Vertraglich definierte Ab-satzmenge über mehrere Perioden Bsp.: Lieferantenvertrag | Unsichere Absatzmenge über mehrere Perioden hinweg Bsp.: Automobilvertrieb |

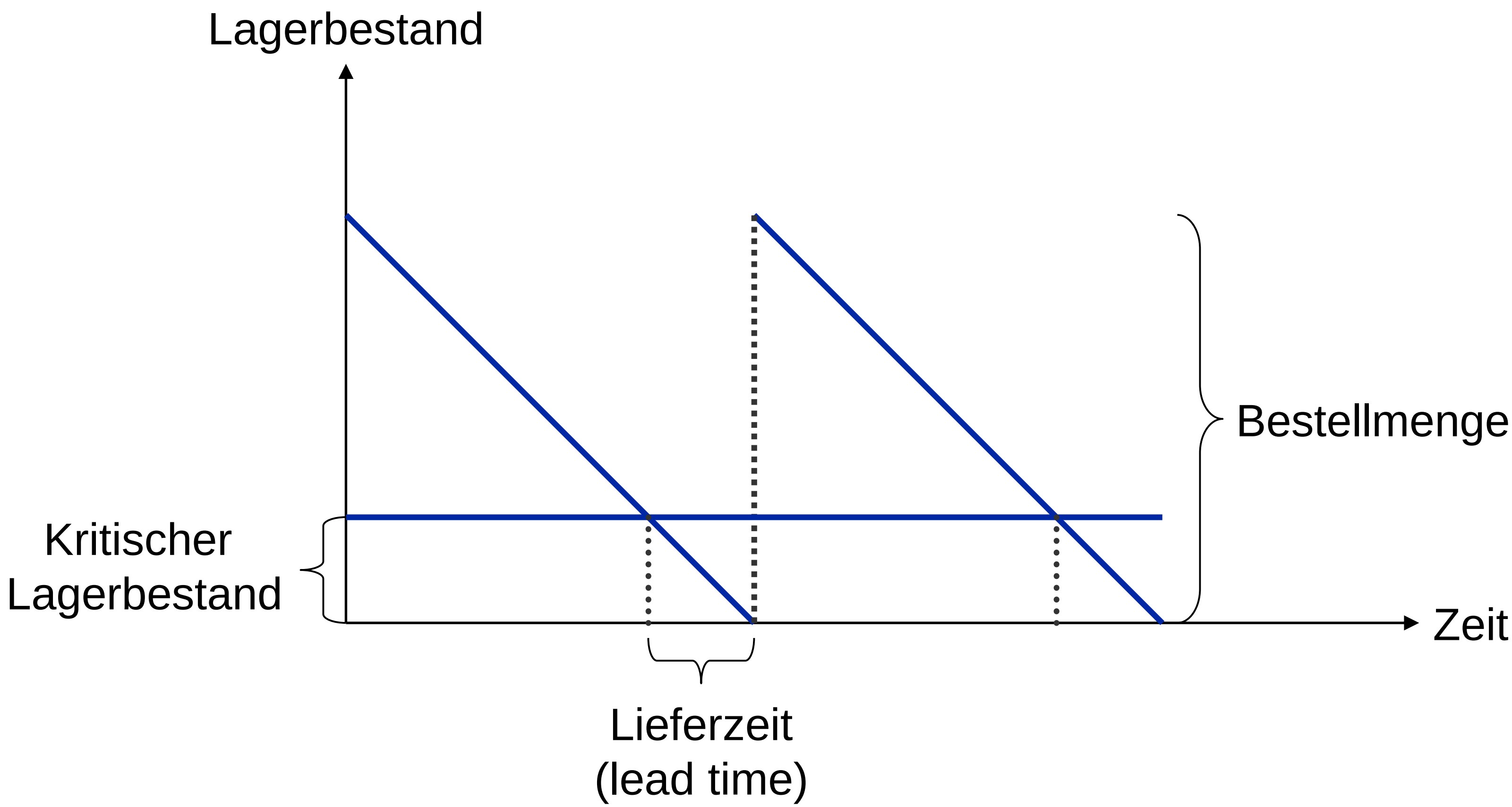
# Modelle mit deterministischer Nachfrage

- Optimale Entscheidung im Einperiodenmodell mit deterministischer Nachfrage wird direkt aus Nachfrage abgeleitet
- Im Mehrperiodenmodell mit deterministischer Nachfrage ist der Entscheidungsprozess deutlich komplexer
- Zur formalen Handhabbarkeit werden zunächst einige Annahmen eingeführt

# Annahmen zu Mehrperiodenmodellen

- Kontinuierlicher Bedarfsverlauf (deterministisch)
- Konstante Lieferzeiten (Zeitraum von Bestellung bis Lieferung: lead time)
- Konstanter Produktpreis (zeit- und mengenunabhängig)
- Unbegrenzte Lagerkapazität
- Konstante Lagerkosten (zeit- und mengenunabhängig)
- Keine Fehlmengen

# Grafische Darstellung von Mehrperiodenmodellen



# Bestimmung der optimalen Bestellmenge

**Bestellmengenverfahren:**

Ermittlung der optimalen Bestellmenge unter Berücksichtigung aller relevanten Kostenkomponenten

**Variablen:**

- Gesamtkosten K
- Gesamtbedarf M
- Preis pro Einheit p
- Bestellmenge x
- Bestellfixkosten a
- Zins- und Lagerkosten (je Einheit) c

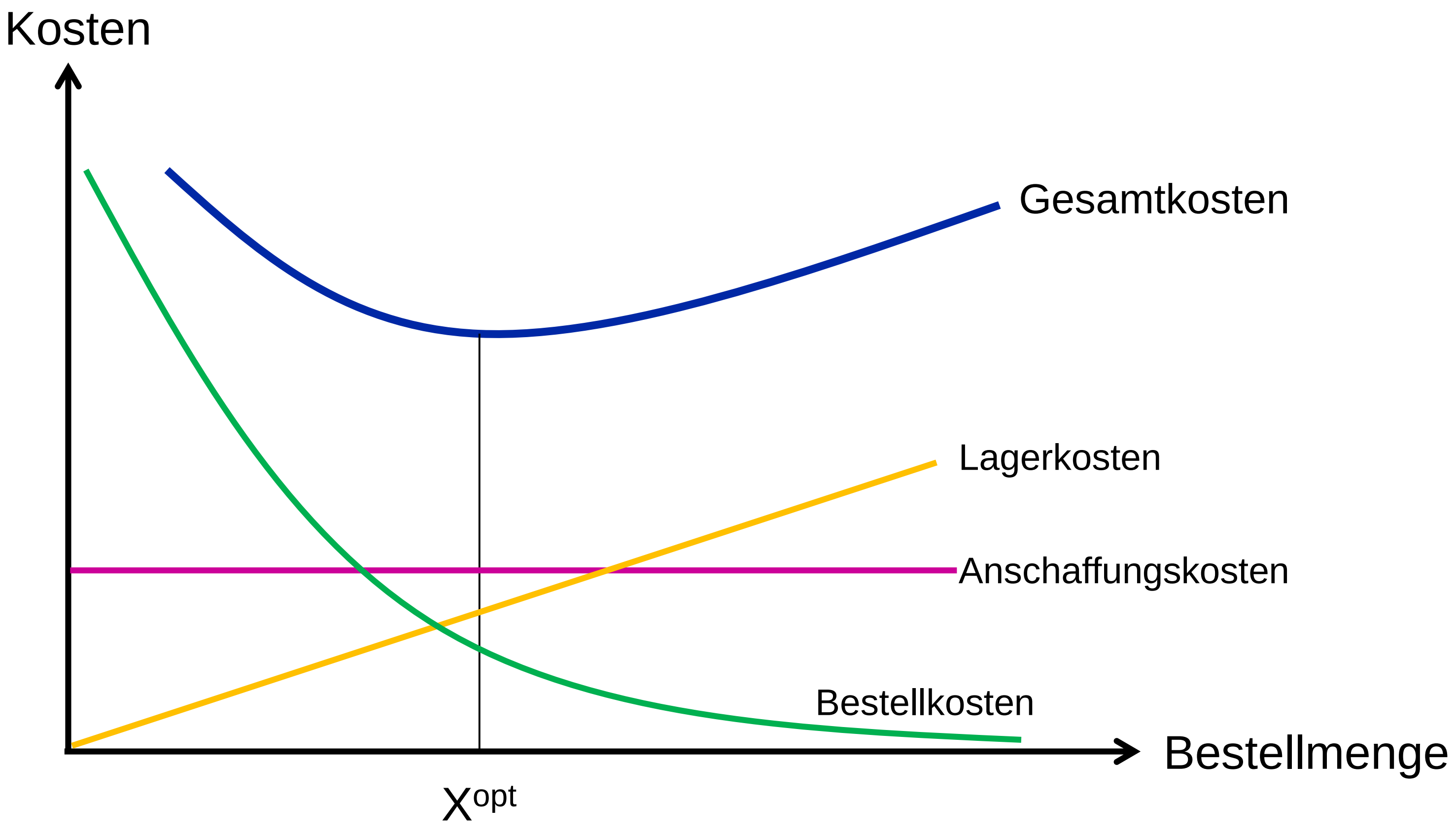
# Ermittlung der Gesamtkosten

Die Gesamtkosten für eine Bestellung bestehen aus drei Teilen. Ziel der optimalen Bestellmenge ist es, diese Gesamtkosten möglichst niedrig zu halten.

**Gesamtkosten = Anschaffungskosten + Bestellkosten + Lagerkosten**

$$K = p * M + \frac{M}{x} * a + \frac{x}{2} * c$$

# Ermittlung der optimalen Bestellmenge



# Vorgehen zur Ermittlung der optimalen Bestellmenge

1. Ableitung der Gesamtkosten *K* nach der Bestellmenge *x* bilden

$$\frac{\partial K}{\partial x} = -\frac{M}{x^2}a + \frac{c}{2}$$

2. Ableitung Nullsetzen

$$-\frac{M}{x^2}a + \frac{c}{2} = 0$$

3. Gleichung nach *x* auflösen

$$x = \sqrt{\frac{2Ma}{c}}$$

# Optimale Bestellmenge

Die optimale Bestellmenge $x = \sqrt{\frac{2Ma}{c}}$ steigt mit

- steigendem Gesamtbedarf M
- steigenden Bestellfixkosten a

Die optimale Bestellmenge $x = \sqrt{\frac{2Ma}{c}}$ sinkt mit

- steigenden Zins- und Lagerkosten c

# Beispiel

- Jährliche Nachfrage = 4‘000 Stück
- Bestellfixe Kosten = 150 CHF
- Zins- und Lagerkosten pro Einheit = 30 CHF

$$x = \sqrt{\frac{2Ma}{c}} = \sqrt{\frac{2 * 4'000 * 150}{30}} = 200$$

# Bestellpunktverfahren

**Bestellpunktverfahren:**

Anhand von Lieferzeit und durchschnittlicher Tagesnachfrage wird der Zeitpunkt bestimmt, an dem eine Bestellung aufgegeben werden muss.

- Bestellpunkt: R
- Tagesnachfrage: T
- Lieferzeit: L

Ohne Sicherheitsbestand: $R = T * L$

Mit Sicherheitsbestand: $R = T * L + SB$

# Beispiel

- Wie oben, ausserdem kein Sicherheitsbestand
- Tagesnachfrage = 4‘000 / 365 = 10,96
- Lieferzeit = 10 Tage

$$R = 10{,}96 * 10 = 109{,}6$$

→ Sobald der Lagerbestand auf 110 Einheiten absinkt, sollten 200 Einheiten nachbestellt werden.

# Schlussfolgerungen I

**Grössenvorteile**

- Grössenunabhängige Bestellkosten
- Grössenabhängige Rabatte

→ Wenige Bestellungen

→ Grosse Bestellmengen

**Grössennachteile**

- Zinsen auf gebundenes Kapital
- Lagerkosten

→ Viele Bestellungen

→ Kleine Bestellmenge

# Schlussfolgerungen II

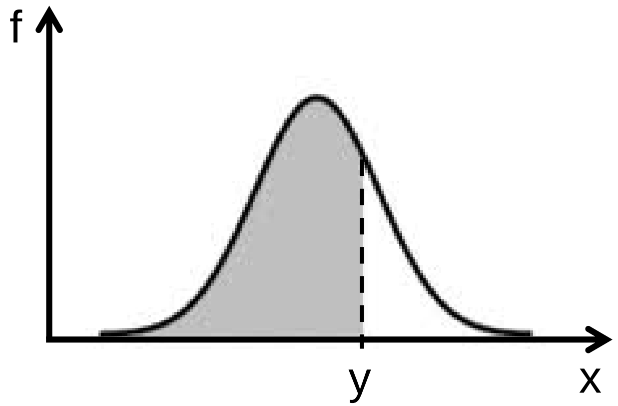
- Hohe Bestellfixkosten resultieren in grösseren Bestellmengen und damit grossen Lagerveränderungen
- Niedrige Bestellfixkosten resultieren in kleineren Bestellmengen und einer „kontinuierlicheren“ Lagerhaltung

→ Verringerung der Bestellfixkosten durch

- kürzere Transportwege (z.B. Lieferantenansiedlungen)
- geringere Transaktionskosten (z.B. automatisierte Bestellvorgänge)

# Modelle mit stochastischer Nachfrage: Das Zeitungsjungenproblem

Ein Zeitungsjunge kauft Zeitungen beim Verlag für $c$ je Stück ein und verkauft sie für $p$ je Stück. Die Nachfrage nach Zeitungen $x$ ist stochastisch. Der Zeitungsjunge kennt die Dichtefunktion $f(x)$ der Zeitungsnachfrage. Sein Ziel ist es, den erwarteten Gewinn $E[G]$ zu maximieren. Der Zeitungsjunge kann dabei nur die Anzahl $y$ der von ihm beim Verlag gekauften Zeitungen beeinflussen.



# Das Zeitungsjungenproblem

Sein Maximierungsproblem stellt sich wie folgt dar:

(1) $$\max_{y} E[G] = p\int_0^y xf(x)dx + py\int_y^\infty f(x)dx - cy$$

# Das Zeitungsjungenproblem

**Der erwartete Gewinn setzt sich aus drei Teilen zusammen**

$p\int_0^y xf(x)dx$ Dieser Term beschreibt die Einnahmen des Zeitungsjungen für den Fall, dass er mehr Zeitungen eingekauft hat, als er verkaufen kann (*x*<*y*). In diesem Fall kann er die gesamte Nachfrage *x* befriedigen und erhält dafür jeweils den Preis *p.* Seine Einnahmen sind also gleich *px.* Wir müssen diese Einnahmesumme nun für jeden Wert von *x* unter der Bedingung (*x*<*y*) ermitteln und mit seiner Wahrscheinlichkeit *f(x)* multiplizieren.

$py\int_y^\infty f(x)dx$ Dieser Term beschreibt die Einnahmen des Zeitungsjungen für den Fall, dass er weniger Zeitungen eingekauft hat, als er verkaufen kann (*x*>*y*). In diesem Fall könnte er also mehr Zeitungen verkaufen als er hat. Da er aber nur *y* Zeitungen hat, betragen seine Einnahmen in diesem Fall *py.* Diese Einnahmesumme müssen wir nun wiederum mit der Wahrscheinlichkeit multiplizieren, dass tatsächlich mehr Zeitungen nachgefragt werden als der Zeitungsjunge gekauft hat.

$cy$ Dieser Term beschreibt die Kosten der gekauften Zeitungen.

# Das Zeitungsjungenproblem

Um den optimalen Wert für *y* zu finden, leiten wir die Gewinnfunktion nach *y* ab und setzen dann die Ableitung gleich Null. Beachten Sie bitte, dass gilt:

(2) $$\frac{d}{dy}\int_0^y f(x)dx = f(y) \quad \text{und} \quad \frac{d}{dy}\int_y^\infty f(x)dx = -f(y)$$

Folglich erhalten wir:

(3) $$pyf(y) + p\int_y^\infty f(x)dx - pyf(y) - c = 0$$

Dies lässt sich vereinfachen zu:

(4) $$p[F(\infty) - F(y)] - c = 0$$

# Das Zeitungsjungenproblem

Umformung ergibt: (5) $$p[1-F(y)]-c=0$$

bzw. (6) $$F(y)=\frac{p-c}{p}$$

**Marginalbetrachtung**

Das Zeitungsjungenproblem lässt sich auch mittels Marginalbetrachtung lösen. Der Zeitungsjunge sollte nämlich die Anzahl der Zeitungen *y,* die er beim Verlag kauft, solange erhöhen, bis die erwarteten Kosten einer beim Verlag zu viel gekauften Zeitung gerade den erwarteten Opportunitätskosten, d.h. dem erwarteten entgangenen Gewinn einer zu wenig bestellten Zeitung entspricht. Die erwarteten Kosten einer zu viel bestellten Zeitung betragen $cF(y)$, d.h. die Kosten einer Zeitung multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, dass sie nicht verkauft werden kann.

# Das Zeitungsjungenproblem: Marginalbetrachtung

Die erwarteten Opportunitätskosten einer zu wenig bestellten Zeitung betragen $(p-c)[1-F(y)]$, d.h. Preis minus Kosten multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, dass eine Zeitung mehr verkauft hätte werden können. Es muss also gelten:

(7) $$cF(y) = (p-c)[1-F(y)]$$

Durch Auflösen erhält man wiederum Gleichung (6).

# Stochastisches Einperiodenmodell: Beispiel

Ein E-Commerce-Unternehmen vertreibt Konsumgüter im Internet. Wegen Wartungsarbeiten an den eigenen Servern muss das Unternehmen für einen Tag externe Serverkapazitäten anmieten. Ein externer Anbieter berechnet dabei pro Tag 200 CHF je TB Serverkapazität. Wenn das E-Commerce-Unternehmen zu viel Serverkapazität anmietet, entstehen unnötige Mietkosten. Wenn zu wenig Serverkapazität angemietet wird, entgeht dem Unternehmen möglicher Umsatz, da dann nicht alle Kundennachfragen bearbeitet werden können. In den vergangenen Monaten lag das benötigte Volumen bei durchschnittlich 90 TB pro Tag (mit einer Standardabweichung von 10 TB). Aus der Erfahrung weiss das Unternehmen ferner, dass Kundennachfragen im Umfang von einem TB zu E-Commerce-Umsätzen von 500 CHF führen. Wie viel Serverkapazität sollte das Unternehmen anmieten?

# Stochastisches Einperiodenmodell: Lösung

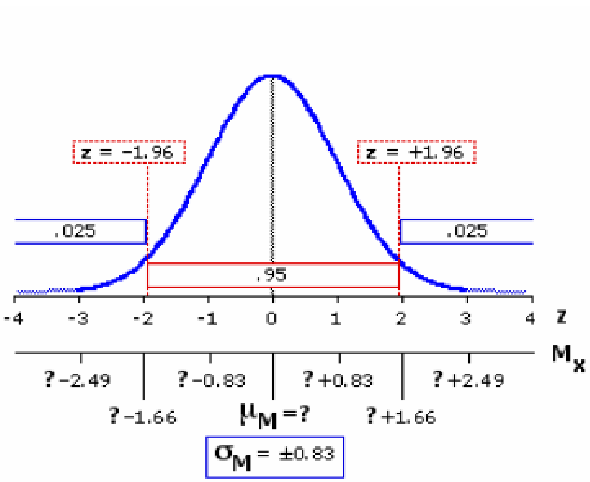
$$F(y) = \frac{p - c}{p} = \frac{500 - 200}{500} = 0.6$$

- Die optimale Bestellmenge erhält man, indem man in der Tabelle der Standardnormalverteilung den z-Wert ermittelt, bei dem gilt: *F(z)=0,6*.
- Der entsprechende z-Wert beträgt 0,25.
- Die optimale Bestellmenge erhält man wie folgt:

$$y^* = \mu + 0.25 * \sigma = 90 + 0.25 * 10 = 92.5$$

# Stochastisches Einperiodenmodell: Standard Normalverteilung

| z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 0.5000 | 0.5040 | 0.5080 | 0.5120 | 0.5160 | 0.5199 | 0.5239 | 0.5279 | 0.5319 | 0.5359 |
| 0.1 | 0.5398 | 0.5438 | 0.5478 | 0.5517 | 0.5557 | 0.5596 | 0.5636 | 0.5675 | 0.5714 | 0.5753 |
| 0.2 | 0.5793 | 0.5832 | 0.5871 | 0.5910 | 0.5948 | 0.5987 | 0.6026 | 0.6064 | 0.6103 | 0.6141 |
| 0.3 | 0.6179 | 0.6217 | 0.6255 | 0.6293 | 0.6331 | [illegible] | 0.6406 | 0.6443 | 0.6480 | 0.6517 |
| 0.4 | 0.6554 | 0.6591 | 0.6628 | 0.6664 | 0.6700 | 0.6736 | 0.6772 | 0.6808 | 0.6844 | 0.6879 |
| 0.5 | 0.6915 | 0.6950 | 0.6985 | 0.7019 | 0.7054 | 0.7088 | 0.7123 | 0.7157 | 0.7190 | 0.7224 |
| 0.6 | 0.7257 | 0.7291 | 0.7324 | 0.7357 | 0.7389 | 0.7422 | 0.7454 | 0.7486 | 0.7517 | 0.7549 |
| 0.7 | 0.7580 | 0.7611 | 0.7642 | 0.7673 | 0.7704 | 0.7734 | 0.7764 | 0.7794 | 0.7823 | 0.7852 |
| 0.8 | 0.7881 | 0.7910 | 0.7939 | 0.7967 | 0.7995 | 0.8023 | 0.8051 | 0.8078 | 0.8106 | 0.8133 |
| 0.9 | 0.8159 | 0.8186 | 0.8212 | 0.8238 | 0.8264 | 0.8289 | 0.8315 | 0.8340 | 0.8365 | 0.8389 |
| 1.0 | 0.8413 | 0.8438 | 0.8461 | 0.8485 | 0.8508 | 0.8531 | 0.8554 | 0.8577 | 0.8599 | 0.8621 |
| 1.1 | 0.8643 | 0.8665 | 0.8686 | 0.8708 | 0.8729 | 0.8749 | 0.8770 | 0.8790 | 0.8810 | 0.8830 |
| 1.2 | 0.8849 | 0.8869 | 0.8888 | 0.8907 | 0.8925 | 0.8944 | 0.8962 | 0.8980 | 0.8997 | 0.9015 |
| 1.3 | 0.9032 | 0.9049 | 0.9066 | 0.9082 | 0.9099 | 0.9115 | 0.9131 | 0.9147 | 0.9162 | 0.9177 |
| 1.4 | 0.9192 | 0.9207 | 0.9222 | 0.9236 | 0.9251 | 0.9265 | 0.9279 | 0.9292 | 0.9306 | 0.9319 |
| 1.5 | 0.9332 | 0.9345 | 0.9357 | 0.9370 | 0.9382 | 0.9394 | 0.9406 | 0.9418 | 0.9429 | 0.9441 |
| 1.6 | 0.9452 | 0.9463 | 0.9474 | 0.9484 | 0.9495 | 0.9505 | 0.9515 | 0.9525 | 0.9535 | 0.9545 |
| 1.7 | 0.9554 | 0.9564 | 0.9573 | 0.9582 | 0.9591 | 0.9599 | 0.9608 | 0.9616 | 0.9625 | 0.9633 |
| 1.8 | 0.9641 | 0.9649 | 0.9656 | 0.9664 | 0.9671 | 0.9678 | 0.9686 | 0.9693 | 0.9699 | 0.9706 |
| 1.9 | 0.9713 | 0.9719 | 0.9726 | 0.9732 | 0.9738 | 0.9744 | 0.9750 | 0.9756 | 0.9761 | 0.9767 |
| 2.0 | 0.9772 | 0.9778 | 0.9783 | 0.9788 | 0.9793 | 0.9798 | 0.9803 | 0.9808 | 0.9812 | 0.9817 |
| 2.1 | 0.9821 | 0.9826 | 0.9830 | 0.9834 | 0.9838 | 0.9842 | 0.9846 | 0.9850 | 0.9854 | 0.9857 |
| 2.2 | 0.9861 | 0.9864 | 0.9868 | 0.9871 | 0.9875 | 0.9878 | 0.9881 | 0.9884 | 0.9887 | 0.9890 |
| 2.3 | 0.9893 | 0.9896 | 0.9898 | 0.9901 | 0.9904 | 0.9906 | 0.9909 | 0.9911 | 0.9913 | 0.9916 |
| 2.4 | 0.9918 | 0.9920 | 0.9922 | 0.9925 | 0.9927 | 0.9929 | 0.9931 | 0.9932 | 0.9934 | 0.9936 |
| 2.5 | 0.9938 | 0.9940 | 0.9941 | 0.9943 | 0.9945 | 0.9946 | 0.9948 | 0.9949 | 0.9951 | 0.9952 |
| 2.6 | 0.9953 | 0.9955 | 0.9956 | 0.9957 | 0.9959 | 0.9960 | 0.9961 | 0.9962 | 0.9963 | 0.9964 |
| 2.7 | 0.9965 | 0.9966 | 0.9967 | 0.9968 | 0.9969 | 0.9970 | 0.9971 | 0.9972 | 0.9973 | 0.9974 |
| 2.8 | 0.9974 | 0.9975 | 0.9976 | 0.9977 | 0.9977 | 0.9978 | 0.9979 | 0.9979 | 0.9980 | 0.9981 |
| 2.9 | 0.9981 | 0.9982 | 0.9982 | 0.9983 | 0.9984 | 0.9984 | 0.9985 | 0.9985 | 0.9986 | 0.9986 |




Standardizing normal random variables *(X ~ N*(μ,σ2))

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$ with $Z \sim N(0,1)$