



Der Wert von Informationen

Bullwhip-Effekt

Universität Karlsruhe (TH)

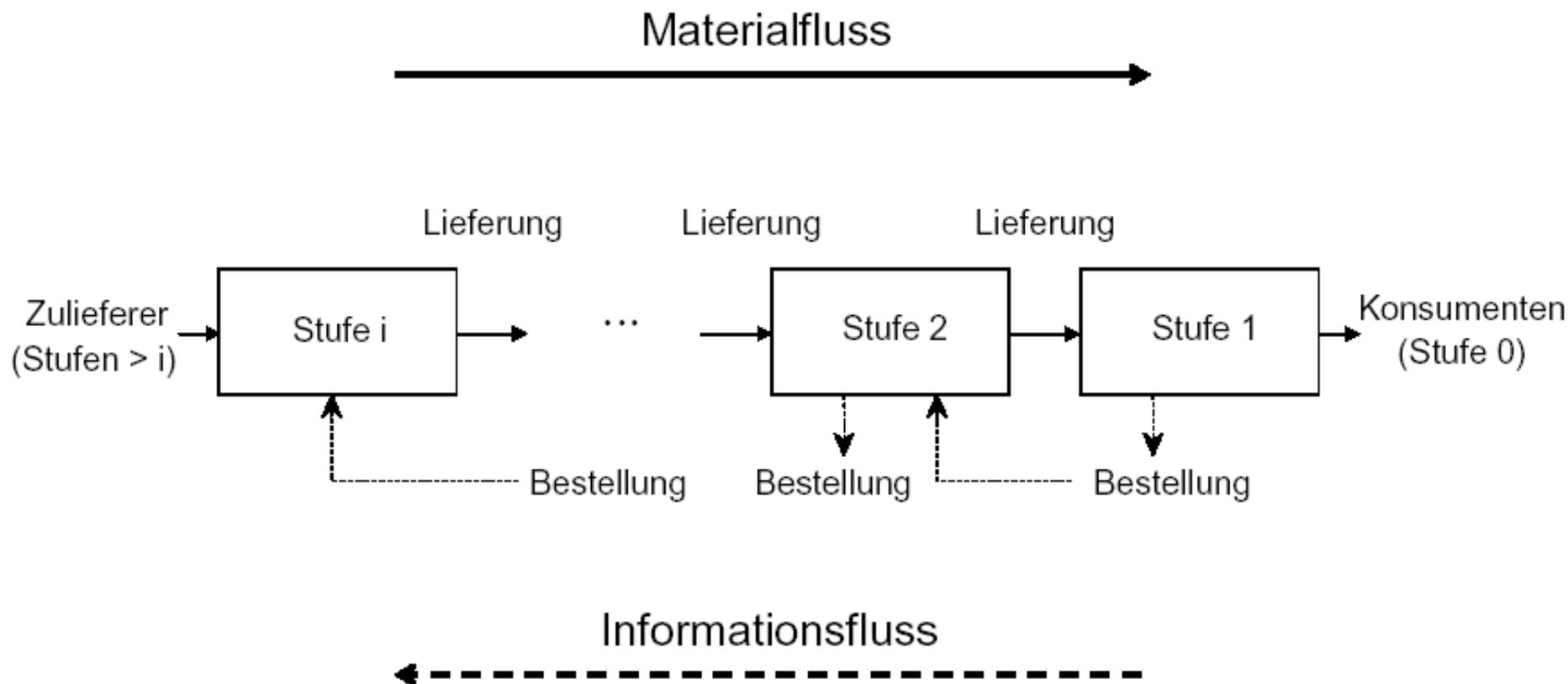
Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme

Prof. Dr.-Ing. K. Furmans

<http://www-ifl.mach.uni-karlsruhe.de>

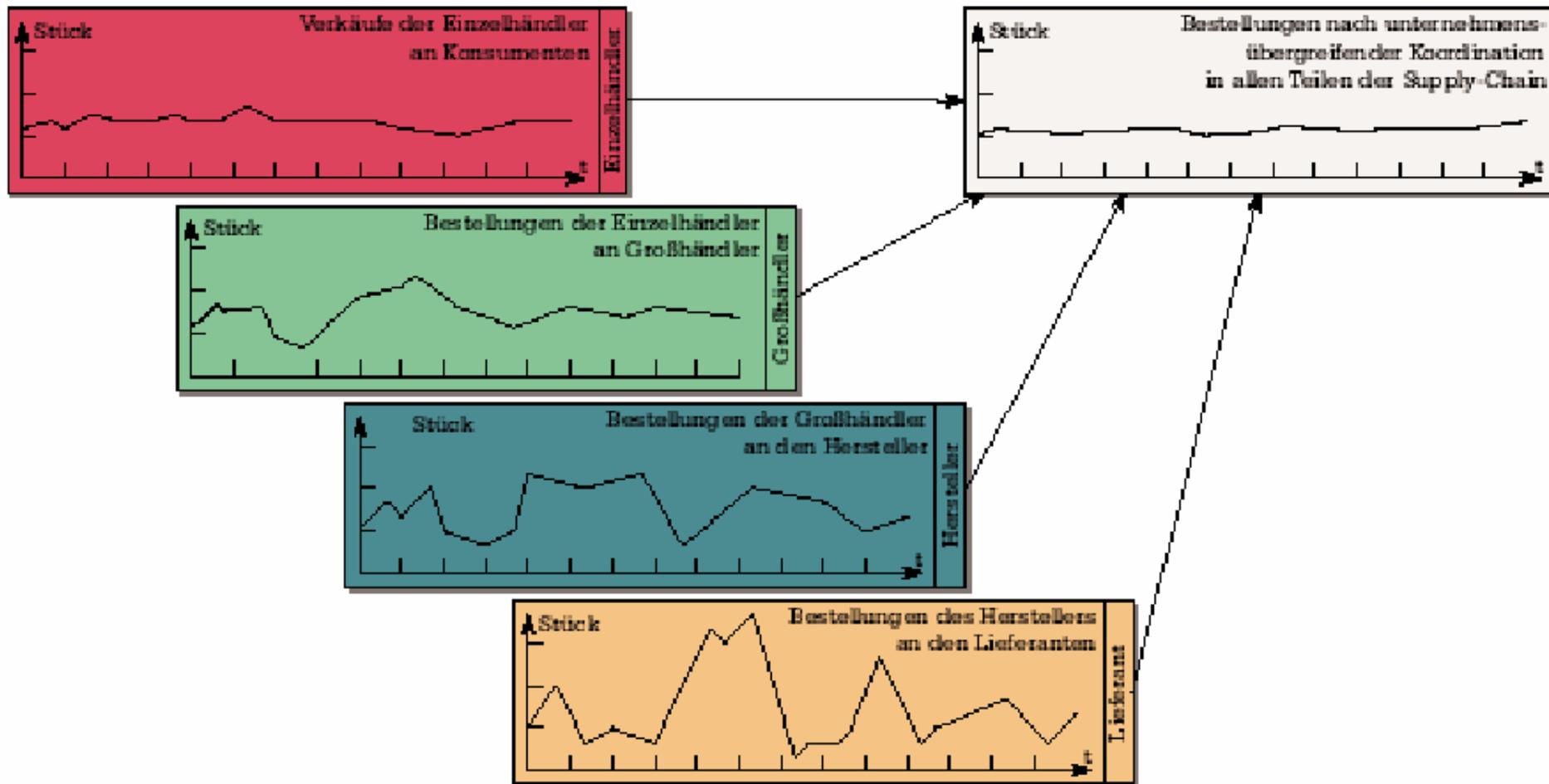


Modell einer Supply Chain



Was ist der Bullwhip Effekt?

Bullwhip-Effekt:



[Quelle: Teich, 2002]



Wie wird der Bullwhip Effekt gemessen

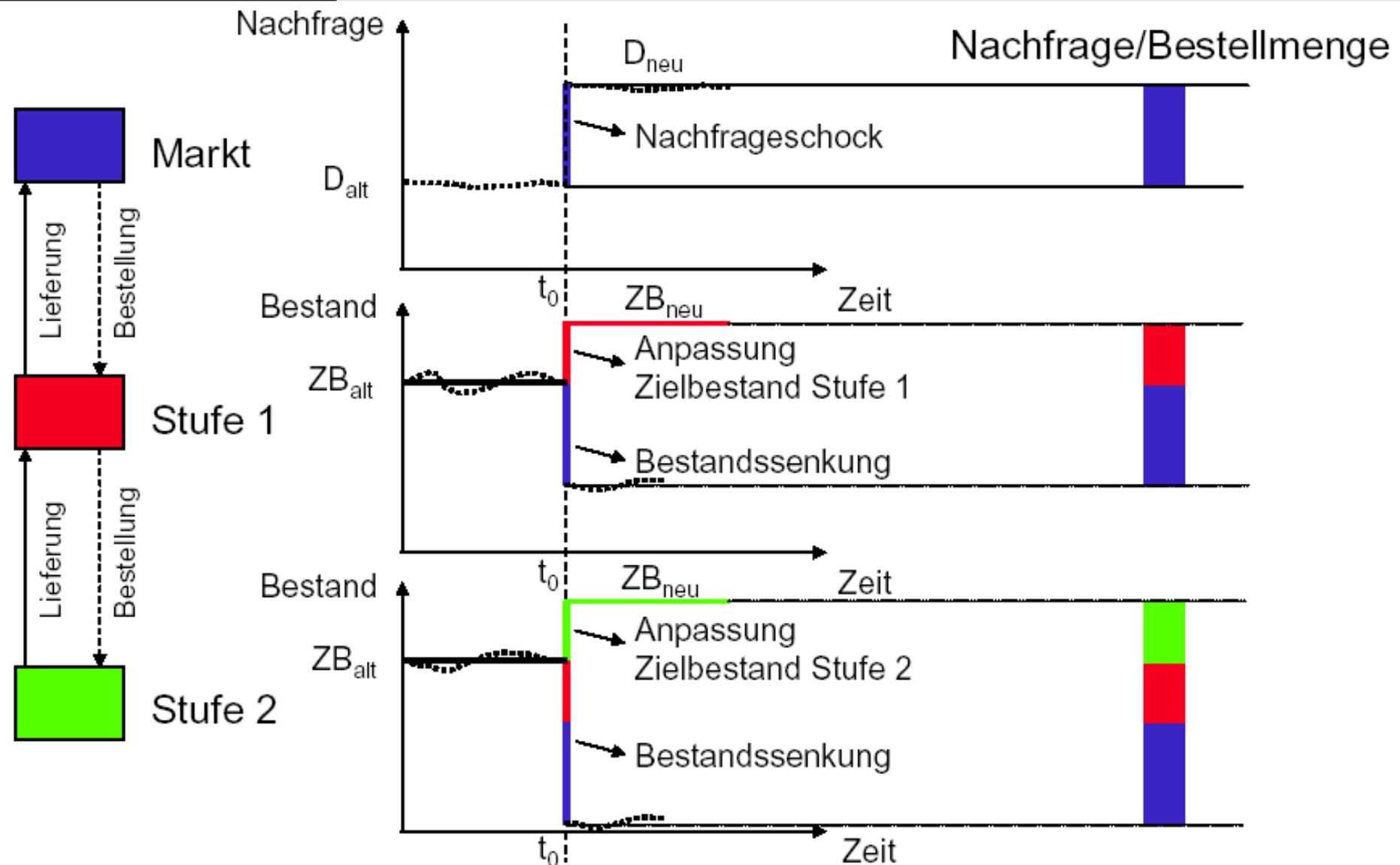
- Als Bullwhip Effekt bezeichnet man die zunehmenden Schwankungen der Nachfrage in den stromauf (also weiter vom Markt entfernten) gelegenen Stufen der Supply Chain
- Die Messung erfolgt deshalb über Variabilität bzw.

$$c_{D,n}^2 = \frac{Var(D_n)}{E(D_n)^2}$$

Variationskoeffizienten
der Nachfrage D
auf Stufe n

$$c_{D,n} = \sqrt{c_{D,n}^2}$$

Wie kommt der Bullwhip Effekt zustande?

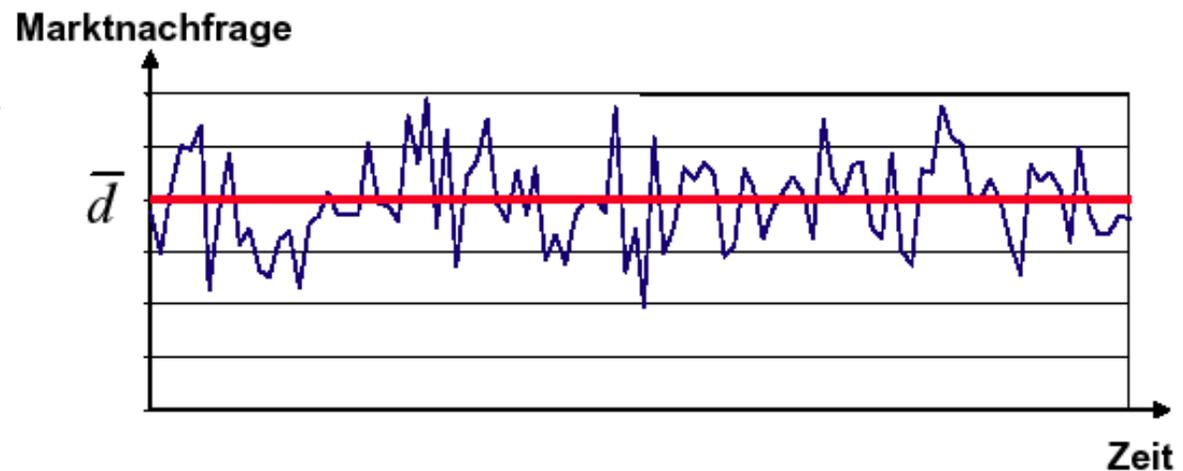


[Quelle: Faisst, 2003]



- ↪ Es gibt **schwankende Marktnachfragen**, der zukünftige Absatz muss geschätzt werden, da er für die Planung der Ressourcen benötigt wird

$$D_n = \bar{d} + u_n; \quad u_n \text{ ist ZV}$$



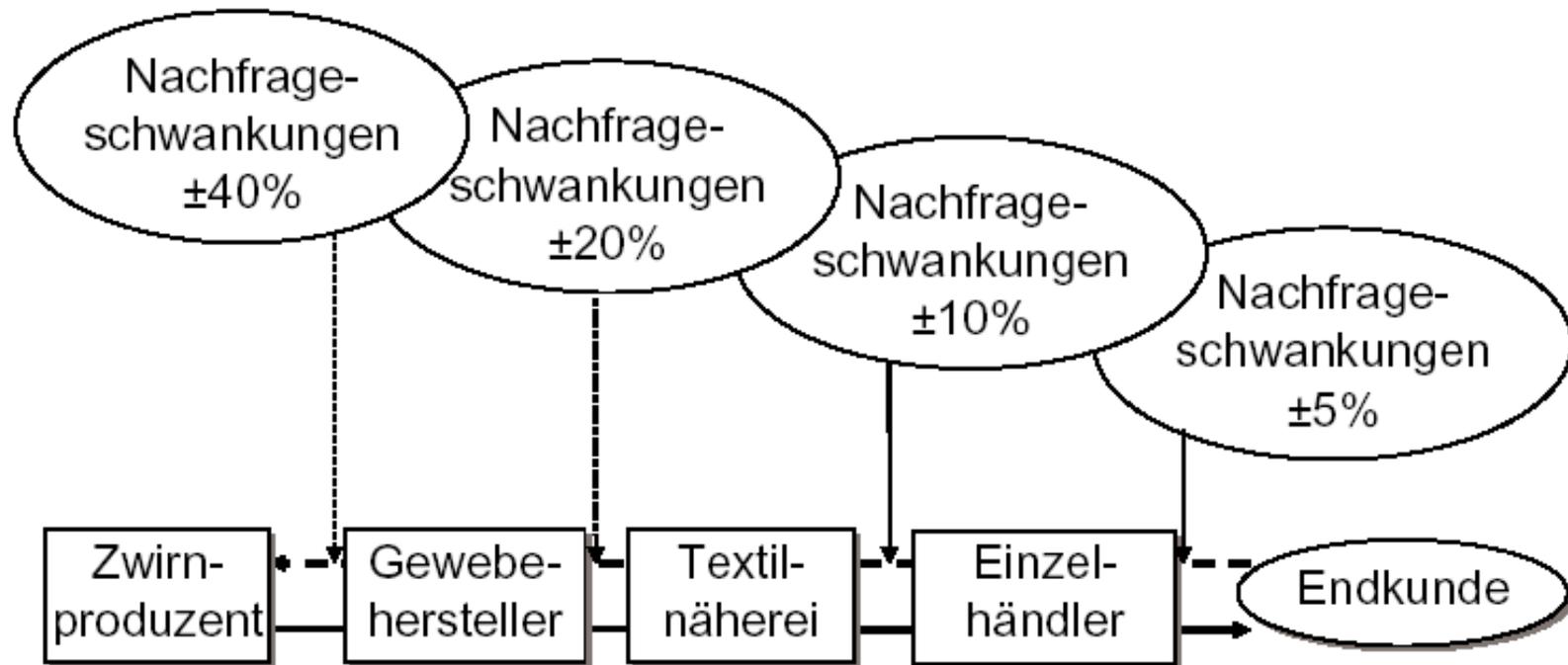
- ↪ Da Entscheidungen pro Unternehmen / Betrieb getroffen und verantwortet werden:

Lokal ausgerichtete Lagerhaltungsstrategien

[Quelle: Faisst, 2003]

Wie groß ist der Bullwhip Effekt?

Beispiel zum Bullwhip-Effekt:



[Quelle: Towill, Christopher, 2002]

Unabhängig nicht identisch verteilte Nachfrage:

$$D_n = \bar{d} + u_n; \quad u_n \text{ ist } N(\mu, \sigma^2) \text{- verteilte ZV}$$

- ↪ Nachfragen in den einzelnen Perioden sind **unabhängig**
- ↪ Parameter μ der Verteilungsfunktion zeitlich **nicht konstant**

Backorder-Fall:

- ↪ **nicht befriedigte** Nachfrage wird vorgemerkt

Lieferverzögerung:

- ↪ für jede platzierte Bestellung tritt eine **determinierte Lieferverzögerung** von ν Perioden auf

[Quelle: Faisst, 2003]

Planungsperiode n

Optimierung: Systembestand nach einer Bestellung: a_n^*

$$a_n^* = \tilde{d}_n (\nu + 1) + \tilde{\sigma} \sqrt{\nu + 1} \phi^{-1}(k)$$

Bestellpolitik:

$$z_n^* = a_n^* - a_{n-1}^* + D_{n-1} = (\tilde{d}_n - \tilde{d}_{n-1})(\nu + 1) + D_{n-1}$$

Nachfrageprognose:

Gleitende Durchschnitte der Ordnung τ $\tilde{d}_n = \frac{1}{\tau} \sum_{i=n-\tau}^{n-1} D_i \Rightarrow$ Prognoseintervall τ

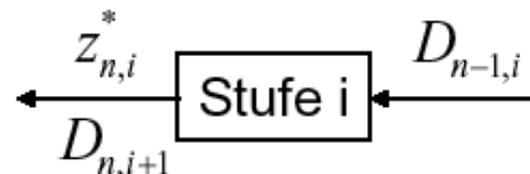
$$\Rightarrow z_n^* = \frac{\nu + \tau + 1}{\tau} D_{n-1} - \frac{\nu + 1}{\tau} D_{n-\tau-1}$$

[Quelle: Faisst, 2003]

Quantität des Bullwhip-Effekts

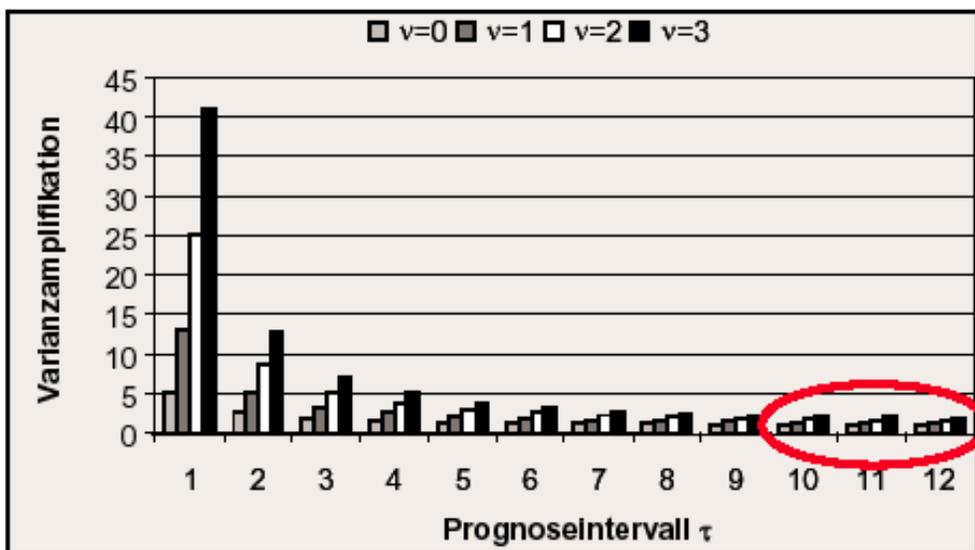
Amplifikation der Bestellmengenvarianz auf Stufe i der Supply Chain

$$\text{var}(z_{n,i}^*) = \frac{(\nu + \tau + 1)^2 + (\nu + 1)^2}{\tau^2} \text{var}(D_{n-1,i}) > \text{var}(D_{n-1,i})$$



Prognoseintervall τ , Lieferverzögerung ν

Empirische Werte



Division	$\frac{\sigma^2 \text{ Produktion}}{\sigma^2 \text{ Absatz}}$
Chevrolet (GM)	2,02
Pontiac (GM)	2,04
Oldsmobile (GM)	1,61
Buick (GM)	1,90
Cadillac (GM)	1,82
Ford (Ford)	2,02
Mercury Lincoln (Ford)	1,51
Chrysler-Plymouth (Chrysler)	1,80
Dodge (Ford)	1,82
American Motors	2,04

(Quelle: Blanchard, 1983)

[Quelle: Faisst, 2003]



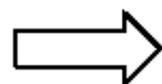
Vergleich der **Systembestände** zweier benachbarter Stufen i und $i+1$ der Supply Chain

↪ Systembestand auf Stufe i : $a_{n,i}^* = \tilde{d}_{n,i}(\nu+1) + \tilde{\sigma}_i \sqrt{\nu+1} \phi^{-1}(k)$

↪ Entwicklung der Systembestände auf benachbarten Stufen der Supply Chain

$$a_{n,i+1}^* - a_{n,i}^* = \left(\underbrace{\sqrt{\frac{(\nu + \tau + 1)^2 + (\nu + 1)^2}{\tau^2}} - 1}_{> 0} \right) \tilde{\sigma}_i \sqrt{\nu+1} \phi^{-1}(k) > 0$$

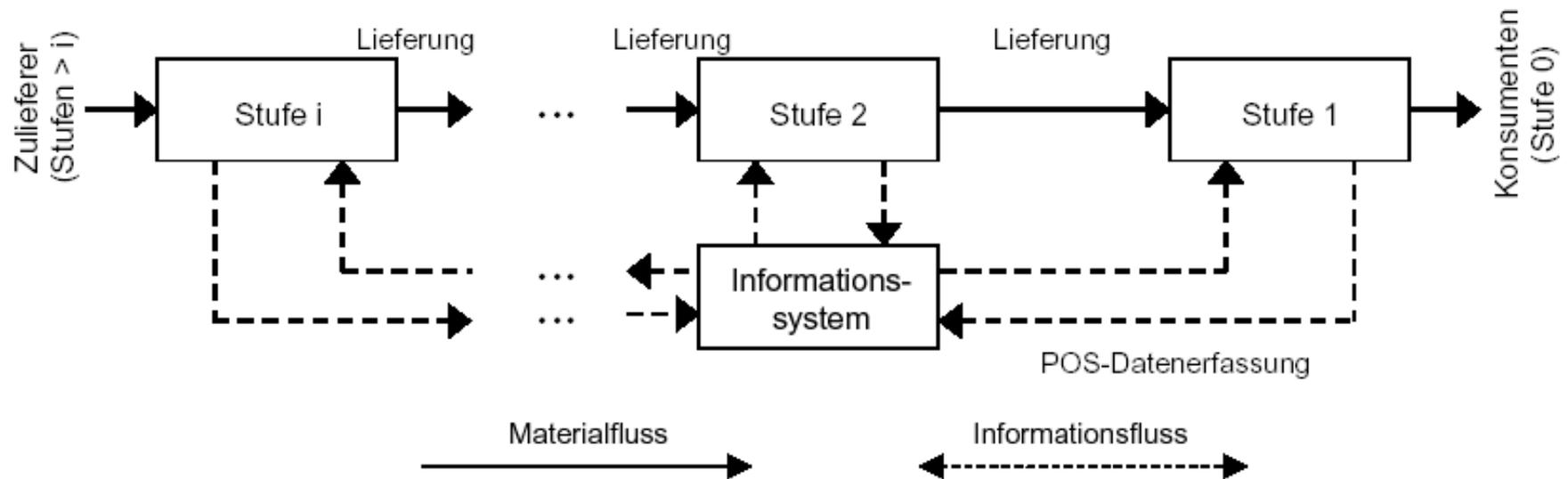
Ausprägung des Bullwhip-Effekts



Zusammenhang von Bullwhip-Effekt und Beständen

[Quelle: Faisst, 2003]

Erweitertes Modell der Supply Chain



Definition informationslogistischer Prozesse

- ↪ Synchrone Weitergabe von Marktdaten
- ↪ Austausch von Bestandsdaten und Bestellpolitik zu Beginn einer Planungsperiode

[Quelle: Faisst, 2003]



Modifikation Bestellpolitik

Mit Info-System

Ohne Info-System

Systembestand

$$a_{n,i}^* = D_{n,i-1} + \tilde{d}_{n,Markt} \nu + \tilde{\sigma}_{Markt} \sqrt{\nu} \phi^{-1}(k)$$

$$a_{n,i}^* = \tilde{d}_{n,i} (\nu + 1) + \tilde{\sigma}_i \sqrt{\nu + 1} \phi^{-1}(k)$$

Bestellpolitik

$$z_{n,i}^* = D_{n,i-1} + \frac{\nu}{\tau} (D_{n-1,Markt} - D_{n-\tau-1,Markt})$$

$$z_{n,i}^* = \frac{\nu + \tau + 1}{\tau} D_{n-1,i} - \frac{\nu + 1}{\tau} D_{n-\tau-1,i}$$

Ausprägung Bullwhip-Effekt auf Stufe i bezogen auf Marktnachfrage

$$\frac{\text{var}(z_{n,i}^*)}{\sigma_{Markt}^2} = \left(1 + i \frac{\nu^2}{\tau^2} \right) \equiv q_{i,inf}$$

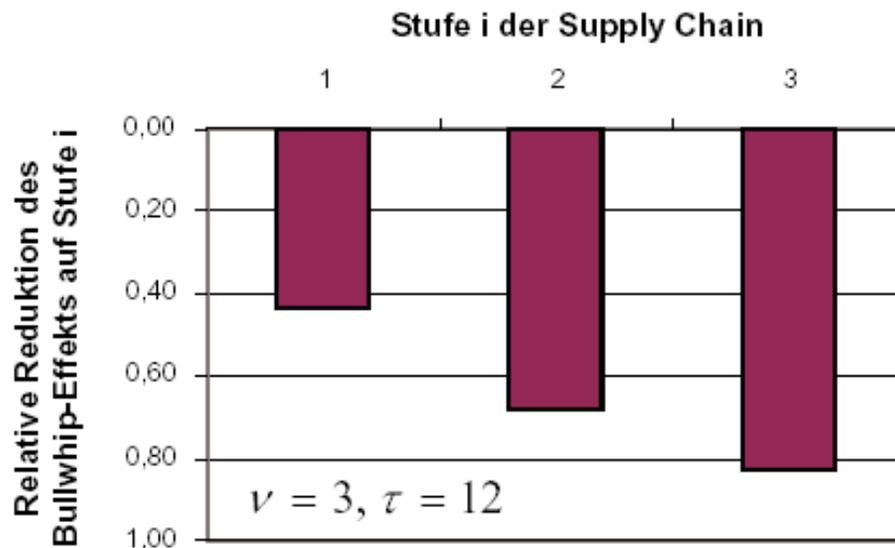
$$\frac{\text{var}(z_{n,i}^*)}{\sigma_{Markt}^2} = \left(\frac{(\nu + \tau + 1)^2 + (\nu + 1)^2}{\tau^2} \right)^i \equiv q_i$$

[Quelle: Faisst, 2003]



Reduktion des Bullwhip-Effekts

Relative Reduktion des Bullwhip-Effekts durch **zusätzliche Information** $= \frac{q_i - q_{i,inf}}{q_i}$



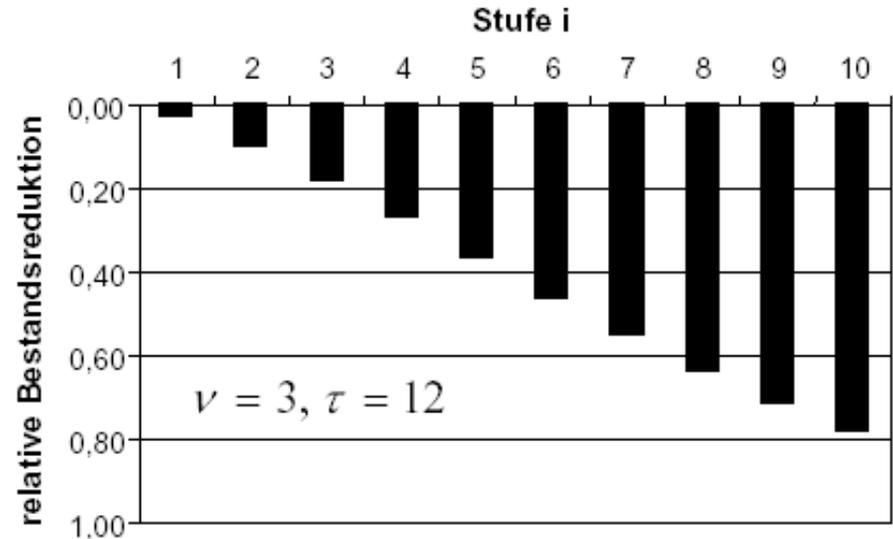
- ⇒ Reduktion der Ausprägung des Bullwhip-Effekts auf **allen Stufen** der Supply Chain
- ⇒ Reduktion **wächst** auf höheren Stufen der Supply Chain

[Quelle: Faisst, 2003]

Reduktion Systembestände

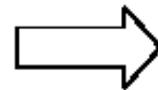
Relative Bestandsreduktion bei Anwendung eines Informationssystems auf Stufe i der Supply Chain

↳ Unternehmen auf **höheren** Stufen der Supply Chain profitieren in höherem Maße



Bestandsreduktion bei Anwendung eines Informationssystems in der Supply Chain auf **jeder Stufe**

↳ **Systemweite** Bestandsreduktion



Verbesserung der Wettbewerbssituation der **gesamten** Supply Chain

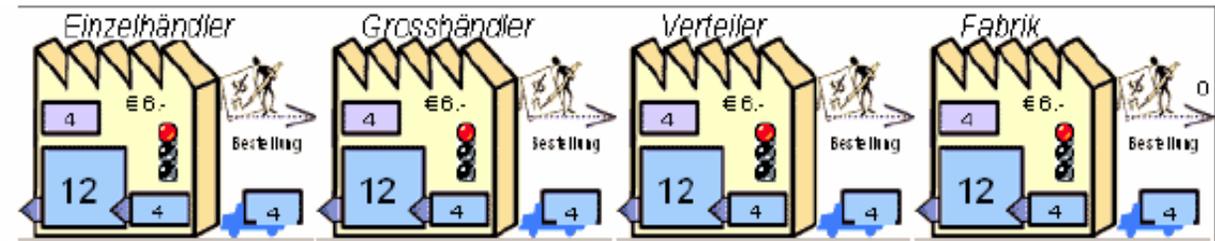
[Quelle: Faisst, 2003]



Weitere Ursachen für den Bullwhip Effekt



The Beer Game



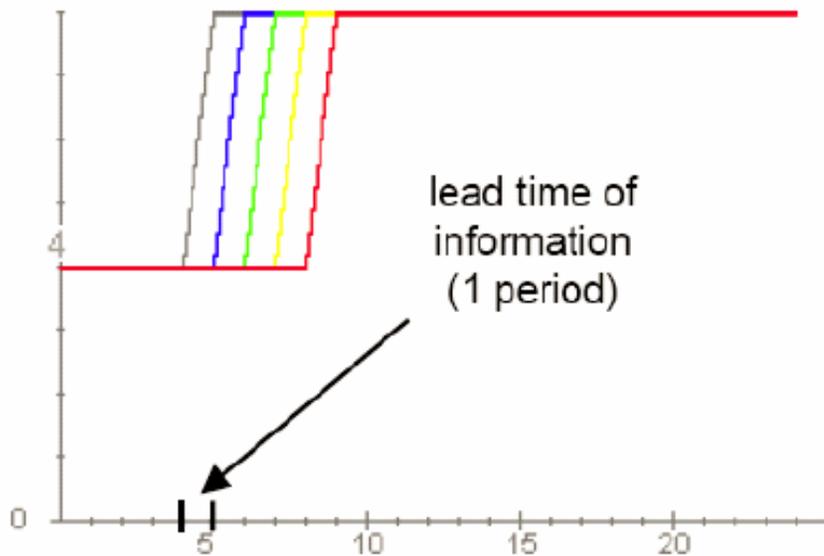
- Verwendet für Schulungszwecke und
- Zur Studie der „weichen“ Faktoren in der Supply Chain

Online spielbar unter: <http://www.beergame.lim.ethz.ch/>

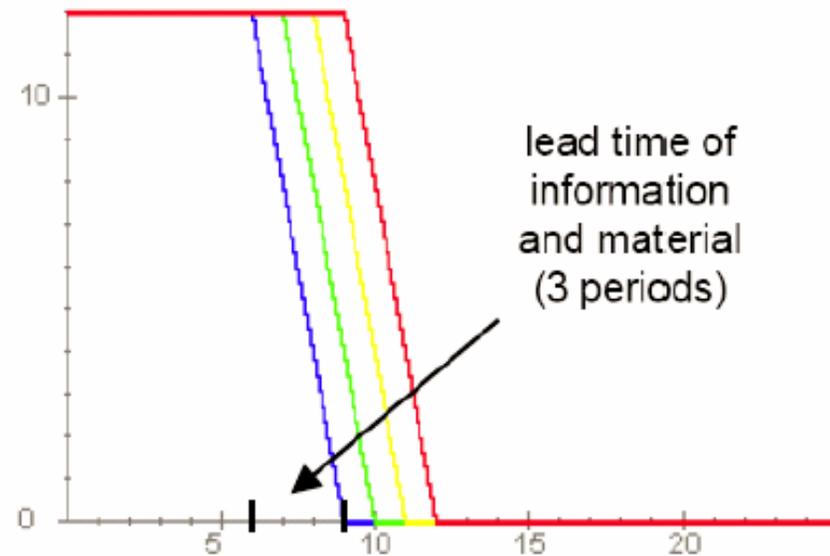
[Quelle: Nienhaus, Ziegenbein, Duijts, 2002]

Der Einfluß des menschlichen Verhaltens (1/3)

Orders



Stock levels



unexpected usage

4

x

lead time

3

=

stock necessary

12

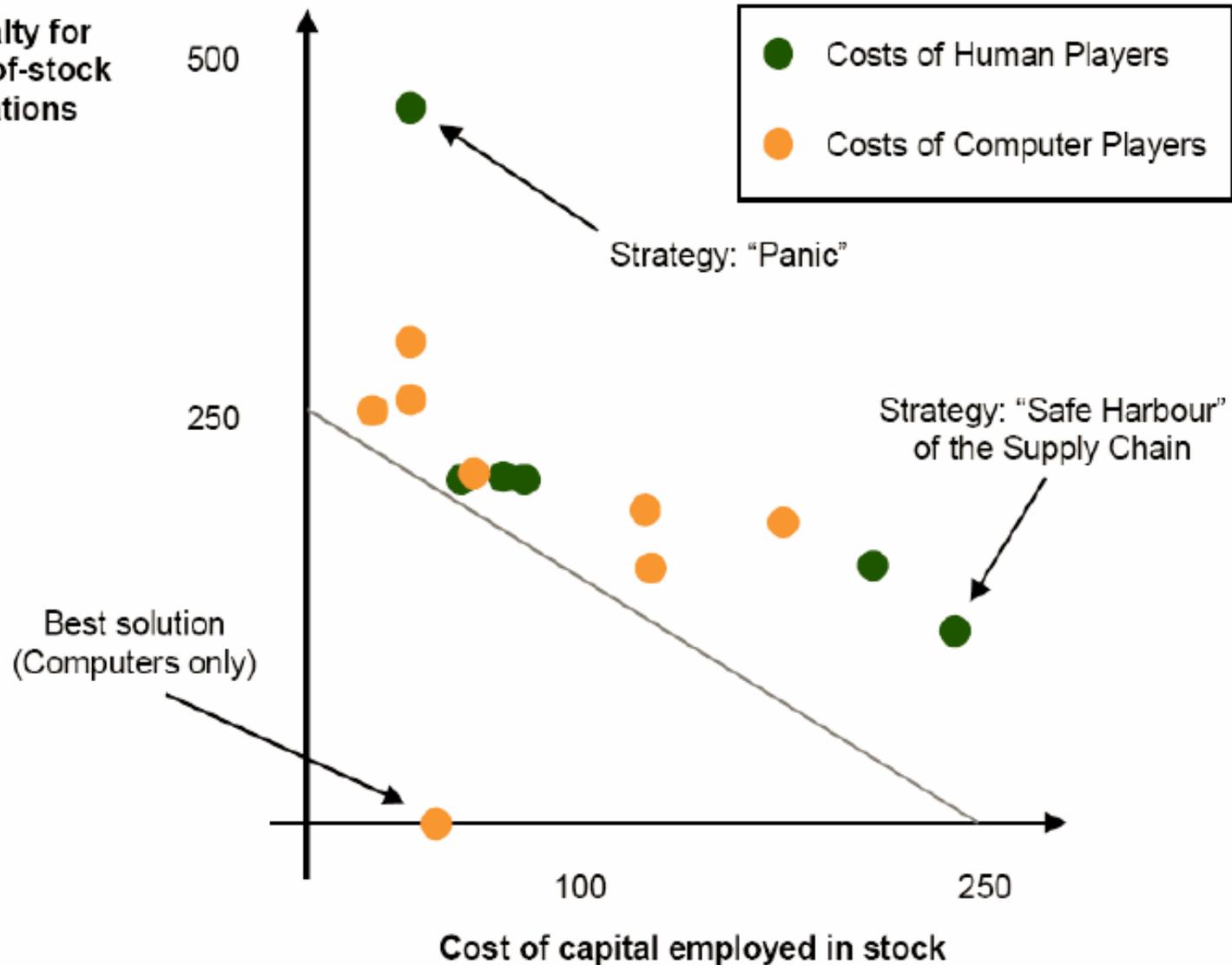
Optimale Lösung: Informationsweitergabe sofort

[Quelle: Nienhaus, Ziegenbein, Duijts, 2002]



Der Einfluß menschlichen Verhaltens (2/3)

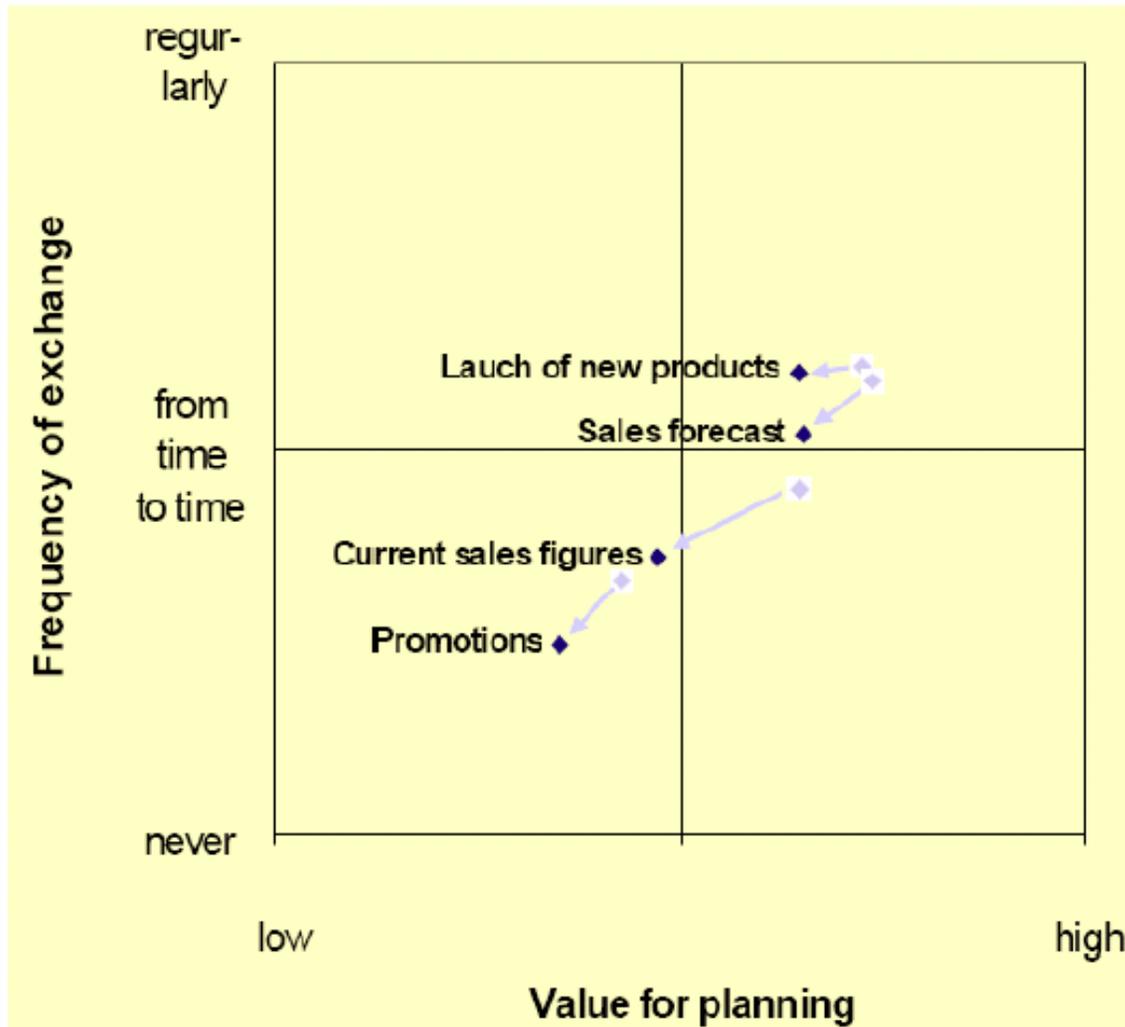
Penalty for out-of-stock situations



[Quelle: Nienhaus, Ziegenbein, Duijts, 2002]



Der Einfluß des menschlichen Verhaltens (3/3)



- ◆ Information from customers
- ◆ Information to suppliers

[Quelle: Nienhaus, Ziegenbein, Duijts, 2002]

