

Einige wichtige Punkte zur

# Statistische Prozeßkontrolle - S P C (Statistical Process Control)

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an uns.  
Wir helfen Ihnen gerne.

*Heribert Nuhn*

***QMS***

***Qualitäts-Management-Systeme***

Dahlienweg 2

D-56587 Strassenhaus

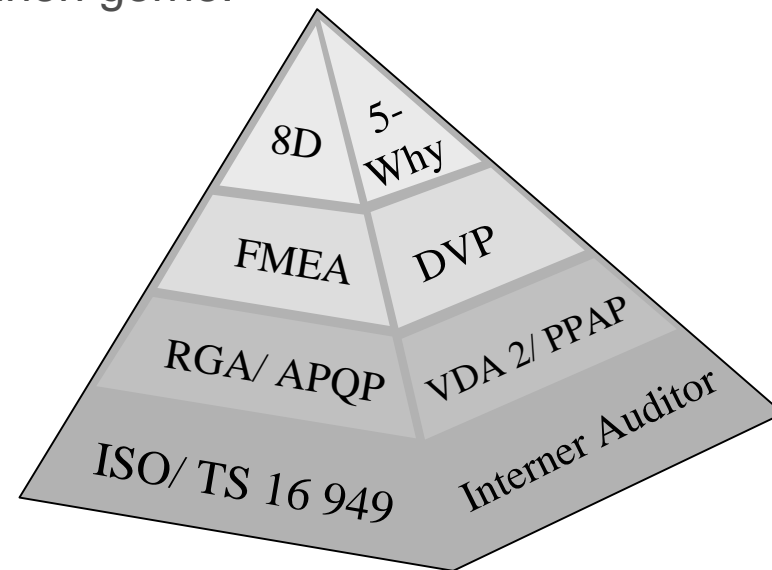
Deutschland

Tel.: ++ 49 2634 9560 71

Fax.: ++ 49 2634 9560 72

Mobil: + 49 171 315 7768

eMail: Heribert.Nuhn@Nuhn-QMS.de



# Einführung in die SPC

- Stochasmos(griech.): Vermutung
  - Sammelbegriff für  
Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik
  - Statistik: Wissenschaft, die aus dem  
massenhaften Auftreten bestimmter  
Erscheinungen auf Erfahrungsgesetze schließt.  
(1748, Achenwall)

# Einführung in die SPC

- Forderung der ISO/ TS 16 949: 2002
  - Fehlervermeidung
  - Verminderung von Streuung
  - Verminderung von Verschwendung
- Kosten von schlechter Qualität

# Einführung in die SPC

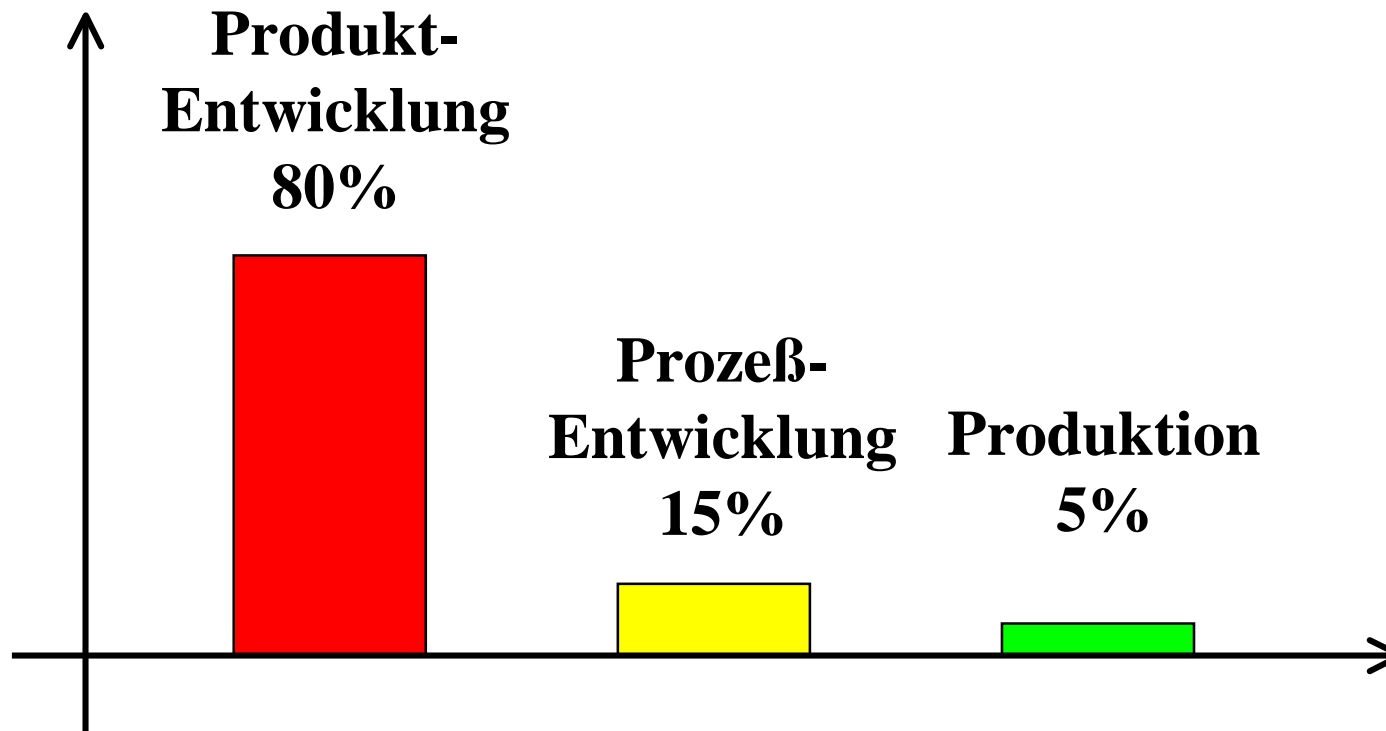
- Entdecken
  - toleriert
  - Vergeudung und Verschwendung
- Vorbeugen
  - vermeidet
  - Vergeudung und Verschwendung
- „Null-Fehler-Philosophie“

# Einführung in die SPC

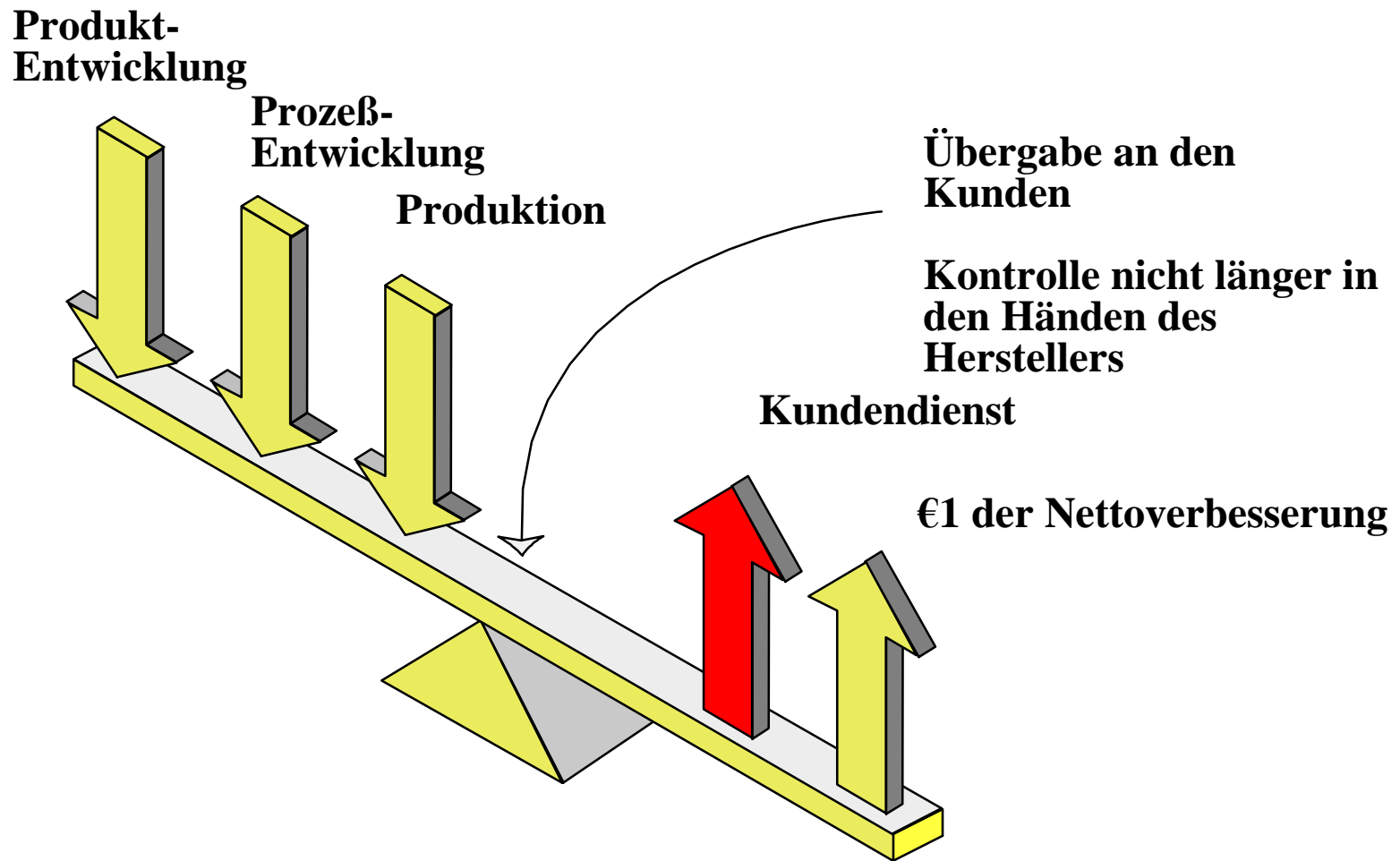
- Steuern = Control
  - steuern und vorhersagen von
    - \* Prozeßergebnissen \*
- Vorhersage mit Statistischen Methoden
- Statistische Prozeßkontrolle
- Statistical Process Control

\* S P C \*

# Beeinflussung der Produktkosten



# Qualitätsplanungshebel



# Statistische Definitionen

- Systematische Einflüsse
  - systematische Einflüsse (engl.: special cause) sind im Prozeß unzulässig und sind umgehend zu beheben (Prozeß ist nicht (mehr) stabil)
- Zufällige Einflüsse auf den Prozeß
  - zufällige, gewöhnliche Einflüsse (engl.: common cause) sind in einem Prozeß zulässig, es ist kein Eingriff erlaubt (Prozeß ist stabil)

# Statistische Definitionen

- Maßnahmen vor Ort
  - beheben von Veränderungen, bedingt durch „spezielle“ Einflüsse
  - durch Mitarbeiter, die unmittelbar am oder mit dem Prozeß arbeiten
  - typischerweise auf 20% aller Probleme zutreffend

# Statistische Definitionen

- Maßnahmen am System
  - beheben meist Veränderungen, die durch „zufällige“ Einflüsse bedingt sind
  - können häufig nur durch Vertreter des Managements behoben werden
  - typischerweise auf 80% aller Probleme zutreffend
  - 80/ 20-Regel oder Pareto Analyse

# Statistische Definitionen

- N
  - M
  - P
  - p
- Losgröße, Gesamtstichprobenumfang
  - Mittellinie auf der Qualitätsregelkarte
  - Allgemeine Bezeichnung für Wahrscheinlichkeit
  - Wahrscheinlichkeit eines einzelnen Ereignisses

# Statistische Definitionen

- $n$  • Stichprobengröße, Anzahl der Urwerte, Stichprobenumfang
- $x_i$  • Meßwert der Stichprobe, des Urwerts
- $i$  • Nummer des Meßwerts (in der Reihenfolge der Erhebung)
- $m$  • Anzahl der Stichproben
- $j$  • Nummer der Stichprobe (in der Reihenfolge der Erhebung) bei mehreren Stichproben

# Statistische Definitionen

- $\Sigma$  • Summe, z. Bsp. über die gesamte Stichprobe, Mittelwerte usw.
- $R$  • Spannweite, die Differenz zwischen dem größten und kleinsten der Urwerte
- $s^2$  • Varianz einer Stichprobe, Beurteilung der (quadrierten) Abweichungen der Urwerte vom Mittelwert
- $s = \sigma$  • Standardabweichung

# Statistische Definitionen

- $s = \sigma$
- Standardabweichung, ein Maß für die Abweichung der Urwerte vom Mittelwert
- $\sigma$
- Sigma, griechisches Zeichen für Standardabweichung

6 Sigma

# Statistische Definitionen

- $\bar{R}$ 
  - Mittlere Spannweite (von Stichproben des gleichen Datenumfangs  $n$ )
- $\overline{s^2}$ 
  - Mittlere Varianz (von Stichproben des gleichen Datenumfangs  $n$ )
- $\overline{s}$ 
  - Mittlere Standardabweichung (von Stichproben des gleichen Datenumfangs  $n$ )

# Statistische Definitionen

- $\bar{x} = \mu$
- arithmetischer Mittelwert:  
Summe der Einzelwerte dividiert durch die Anzahl der beobachteten Werte
- $\bar{\bar{x}}$
- mittlerer Mittelwert:  
bei gleichem Stichprobenumfang lässt sich aus mehreren arithm. Mittelwerten der mittlere Mittelwert errechnen
- $\bar{x}_{\text{geo}}$
- geometrischer Mittelwert:  
n-te Wurzel aus dem Produkt der Einzelwerte

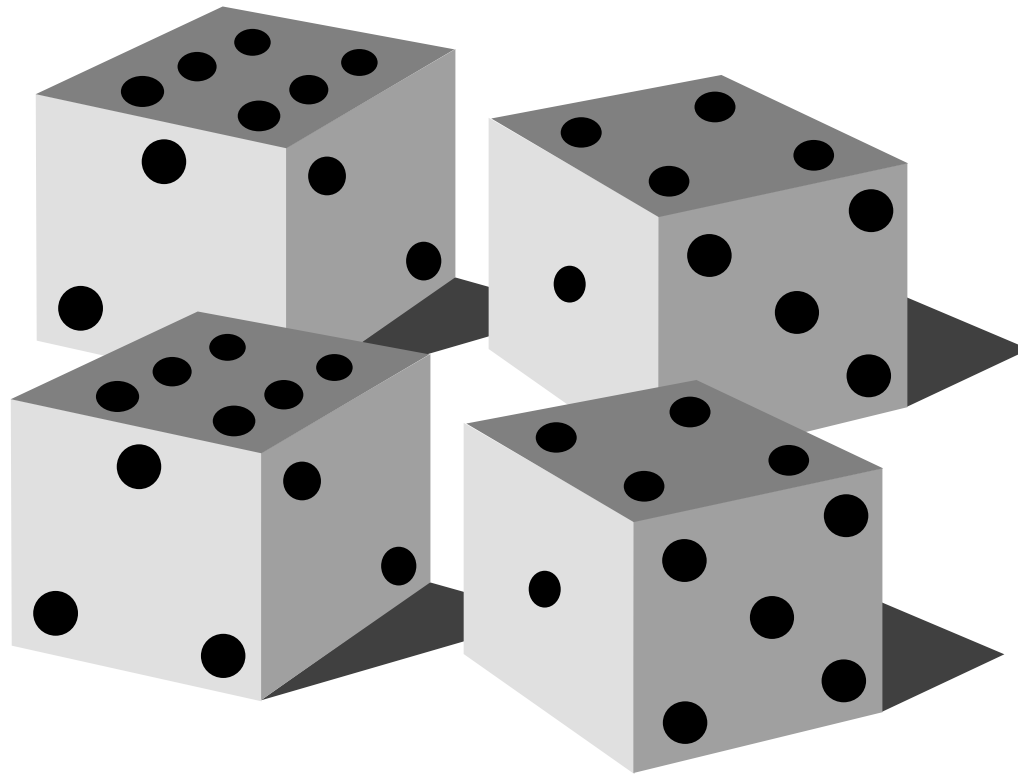
# Statistische Definitionen

- $\tilde{x}$ 
  - Median, Zentralwert:  
zentraler Wert der Stichprobe
    - ungerader Stichprobenumfang: mittlerer Wert der Einzelwerte  $((n+1)/2)$  bei einer Sortierung von Minimalwert zu Maximalwert
    - gerader Stichprobenumfang: Durchschnitt der beiden mittleren Einzelwerte der Sortierung bei einer Sortierung von Minimalwert zu Maximalwert
    - Medianzyklen (beschreibt eine Reihe von Punkten auf der gleichen Seite des Medians, etwa zur Analyse von systematischen Einflüssen)

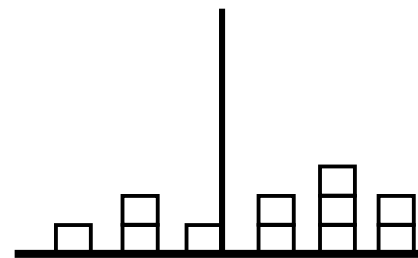
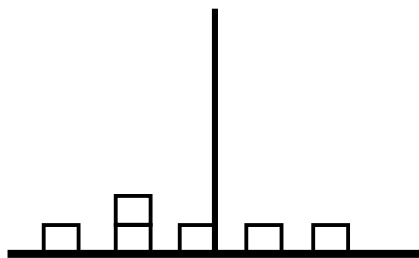
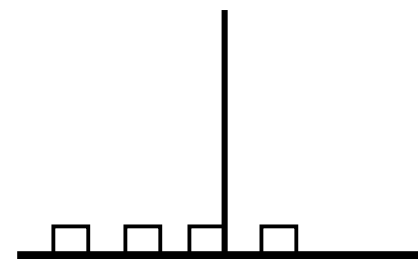
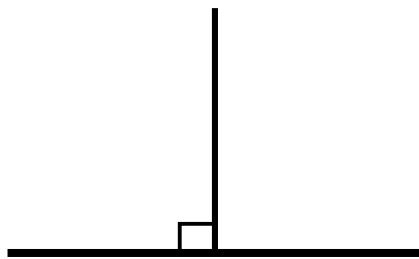
# Statistische Definitionen

- $X_{\text{mod}}$
- **Modalwert**  
häufigster Wert der Stichprobe
  - der nach dem Auszählen aller Urwerte der am häufigsten vorkommende Wert in der Stichprobe
  - „n/a“ falls alle Werte gleich oft vertreten sind

# Verteilungen



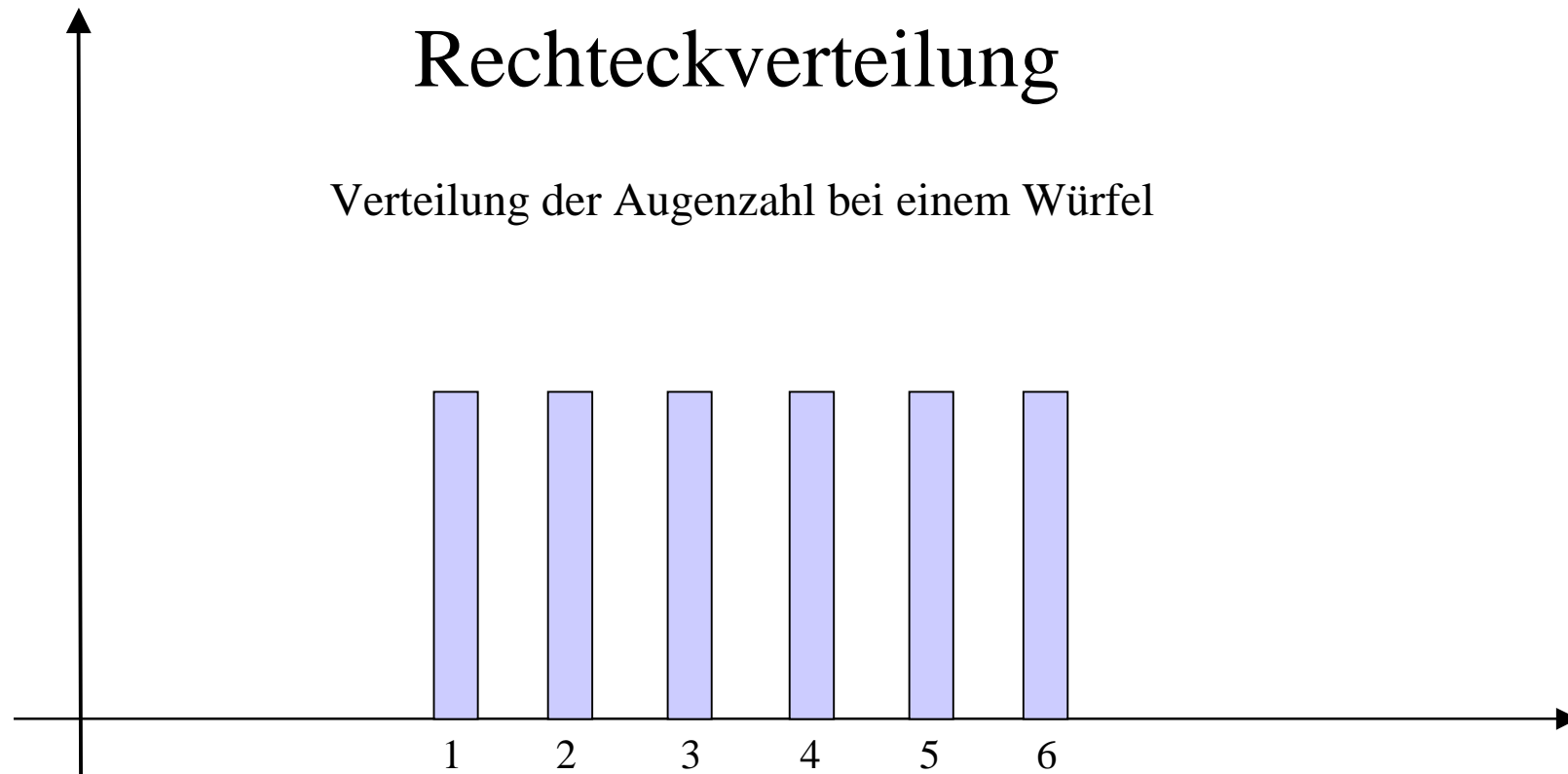
# Verteilungen



# Verteilungen

## Rechteckverteilung

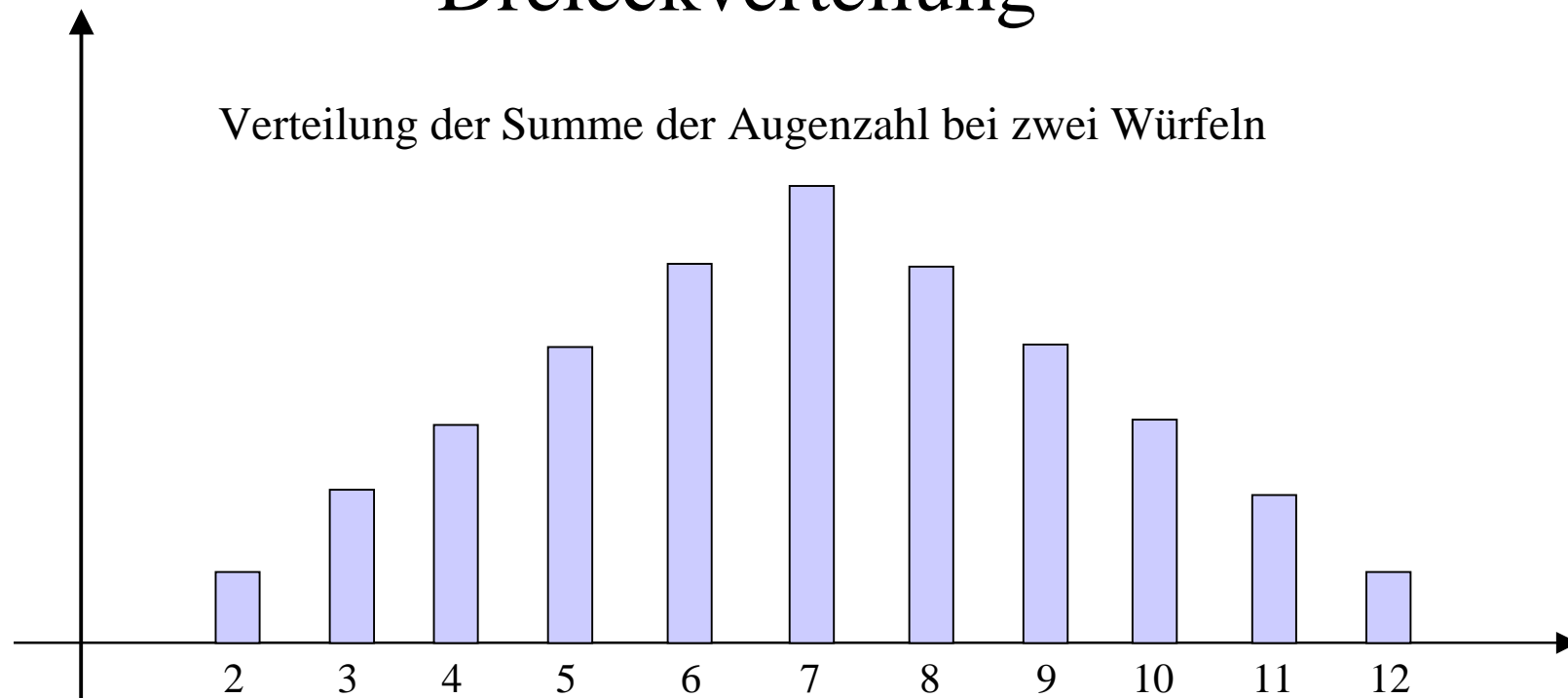
Verteilung der Augenzahl bei einem Würfel



# Verteilungen

## Dreieckverteilung

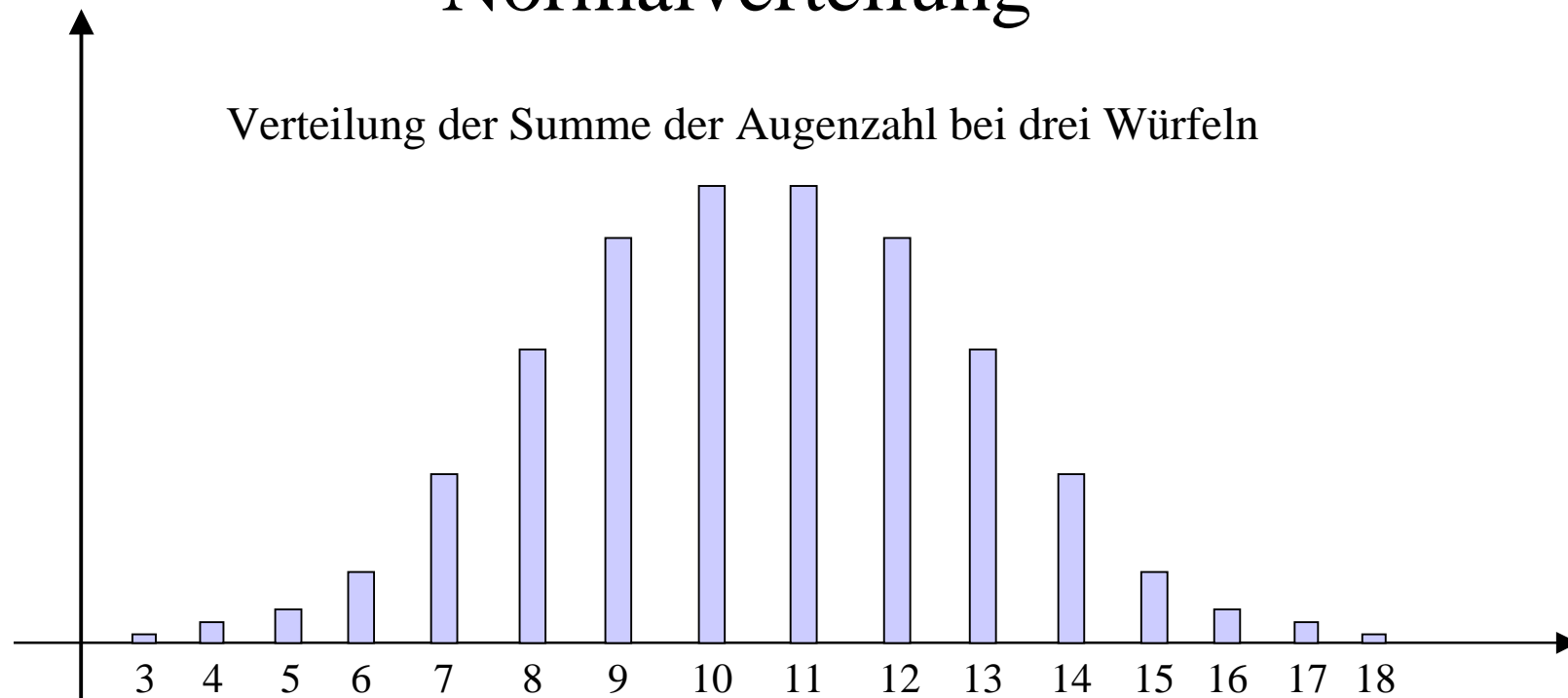
Verteilung der Summe der Augenzahl bei zwei Würfeln



# Verteilungen

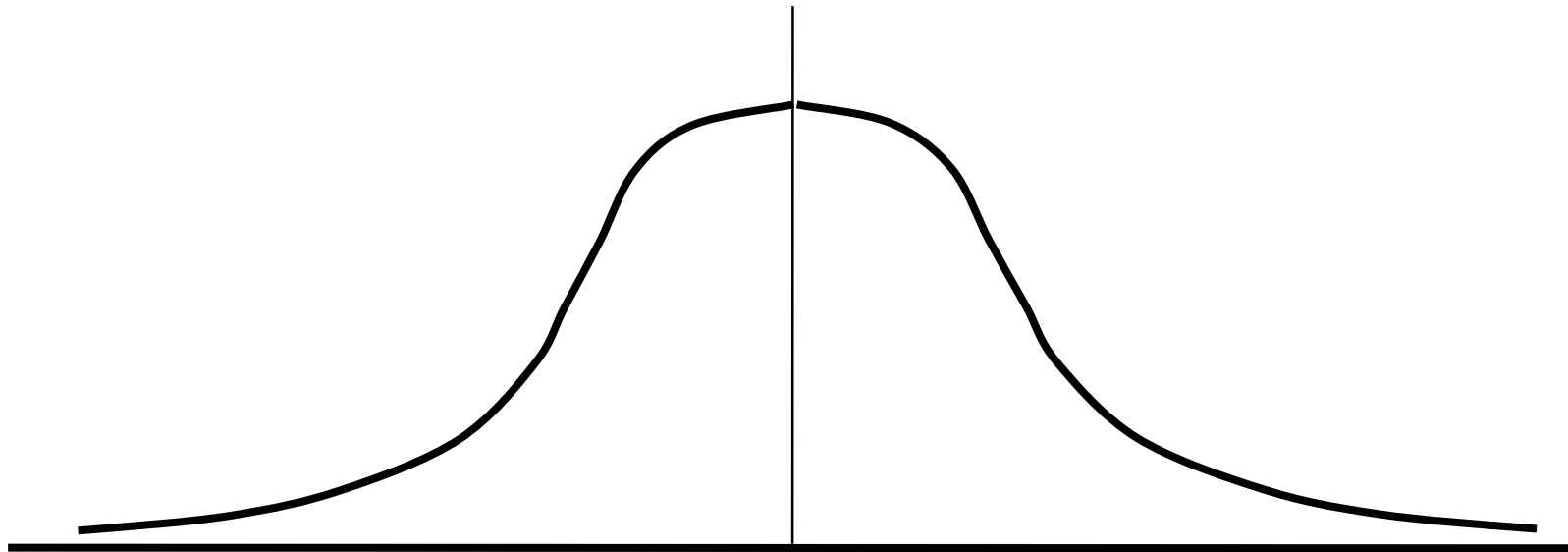
## “Normalverteilung“

Verteilung der Summe der Augenzahl bei drei Würfeln

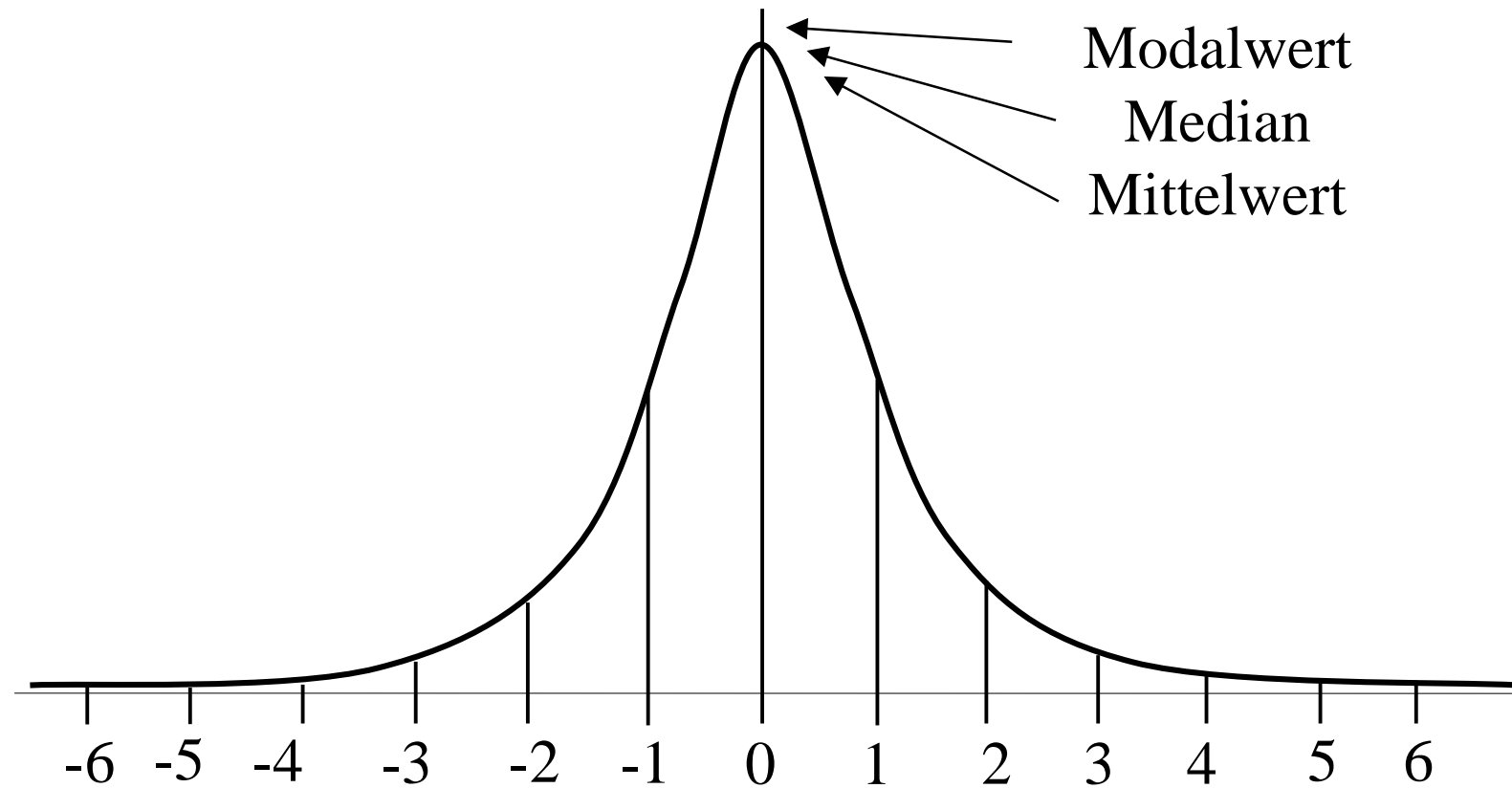


# Verteilungen

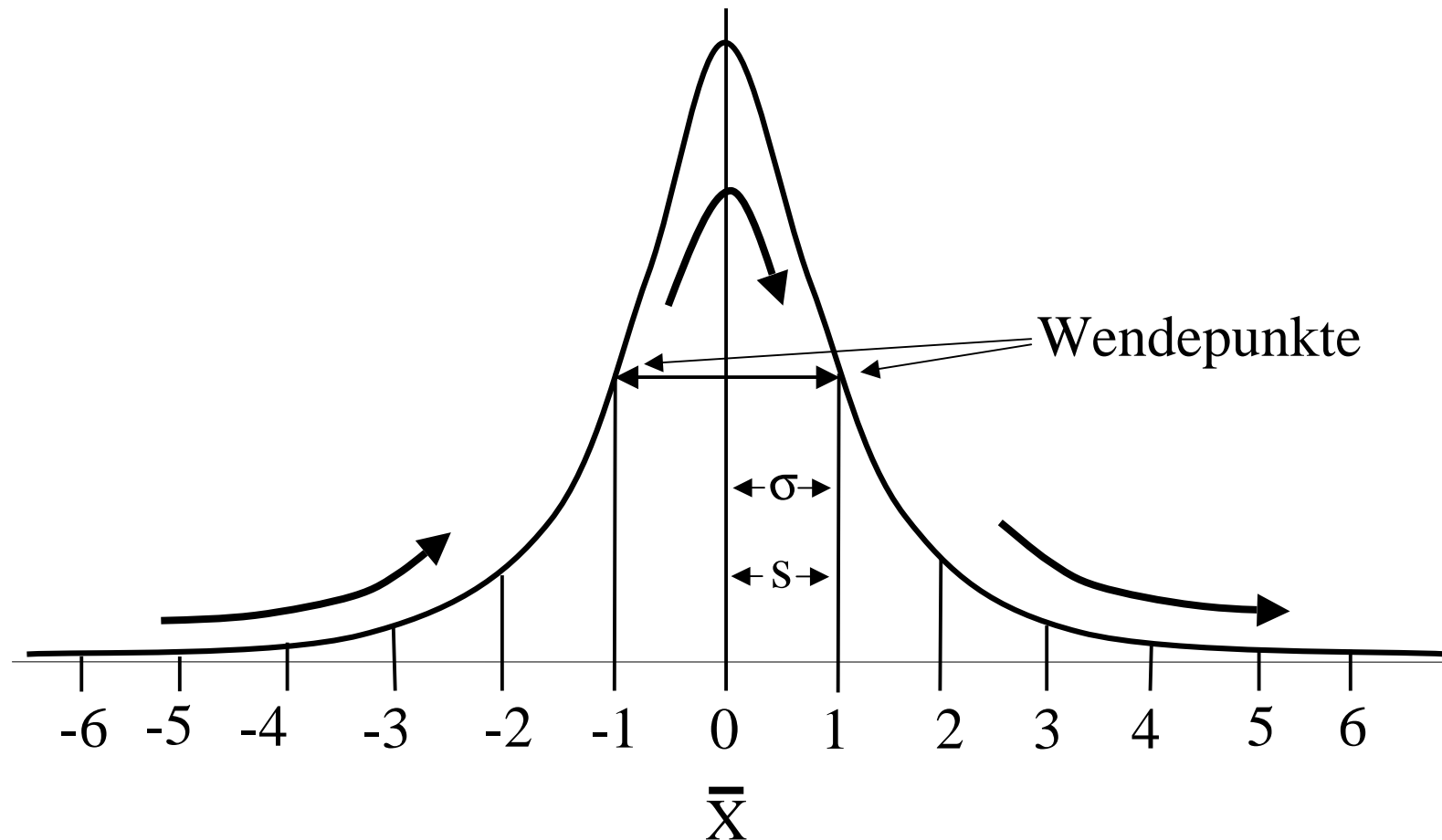
## Normalverteilung Gauß'sche Glockenkurve



# Normalverteilung



# Normalverteilung

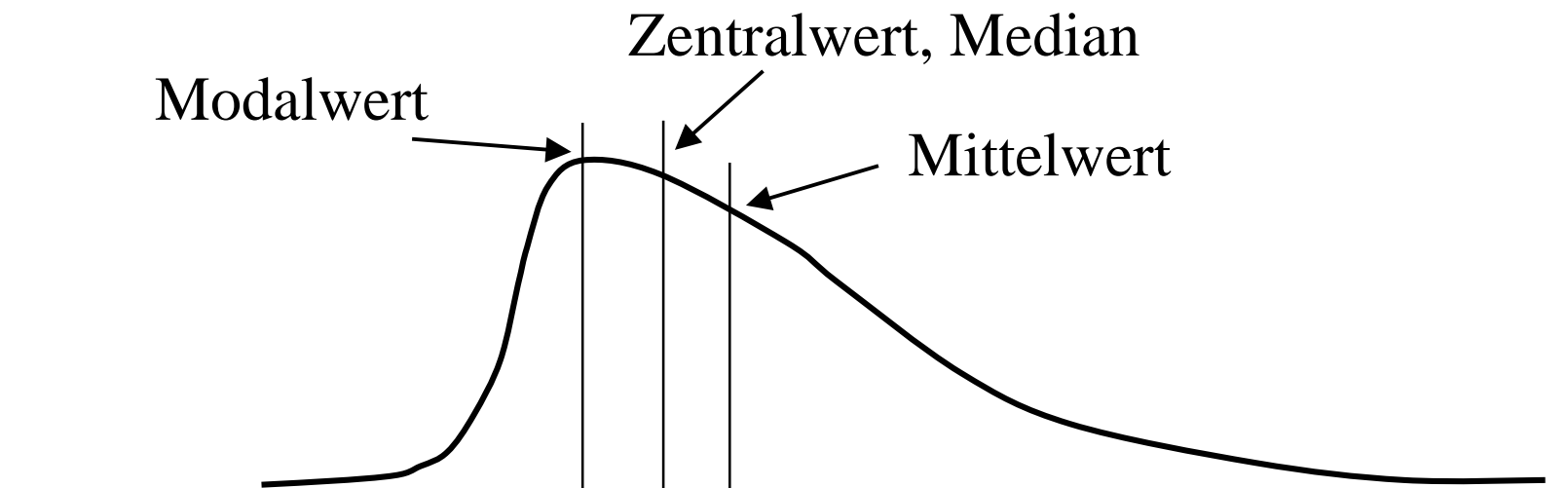


# Normalverteilung

+/-S	$f(x_{-s})$	$f(x_{+s})$	% $f(x_{+s})-f(x_{-s})$	PPM PPB*
1s	15,87	84,13	68,26	317.400
2s	2,28	97,72		
3s	0,135	99,865		
4s	0,03	99,997		
5s	0,000057	99,999369		
6s	0,0000002	99,9999999		

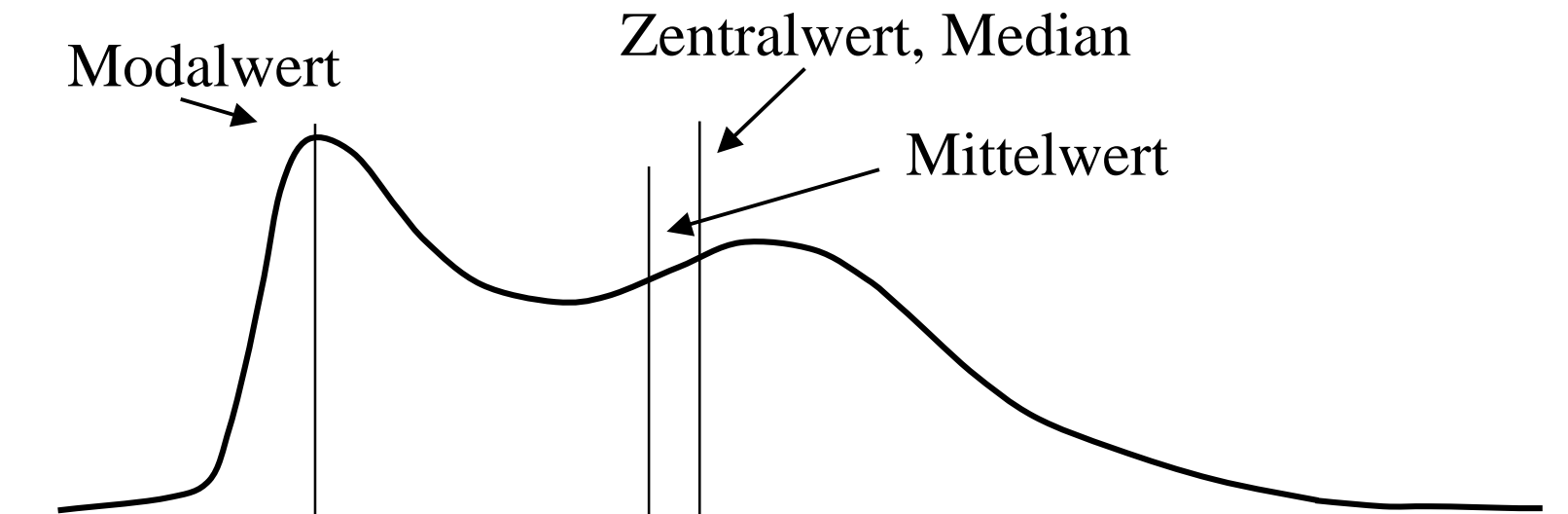
# Verteilungen

## Schiefe Verteilung



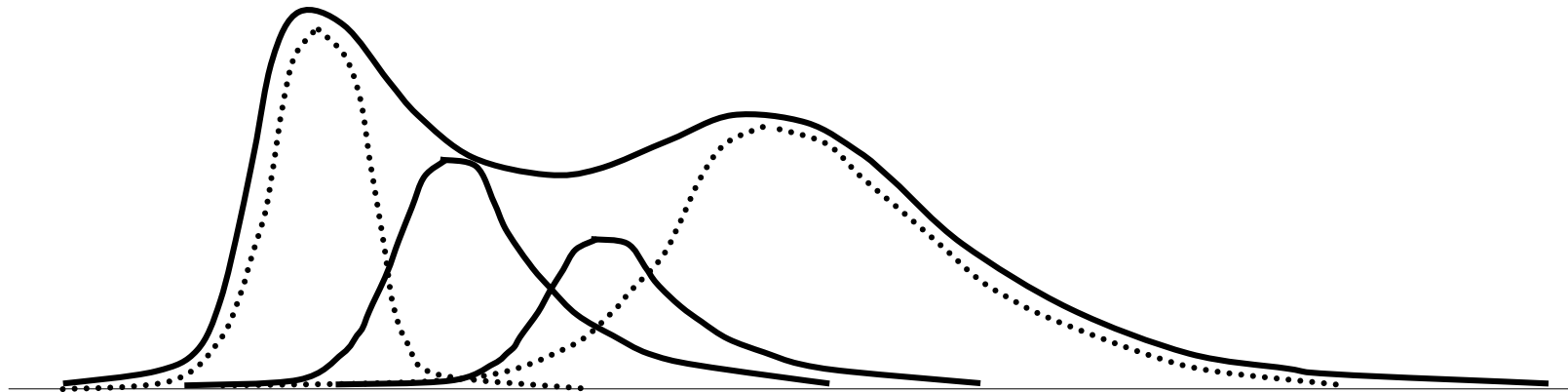
# Verteilungen

## Mischverteilung



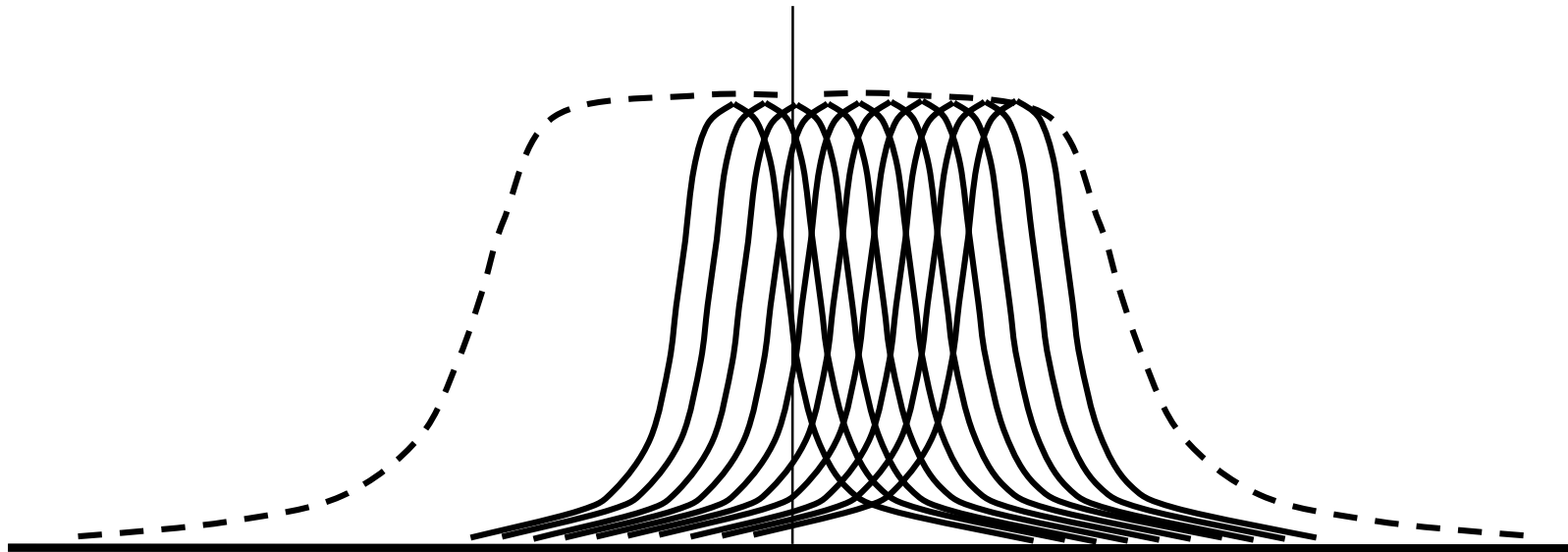
# Verteilungen

## Schichtung



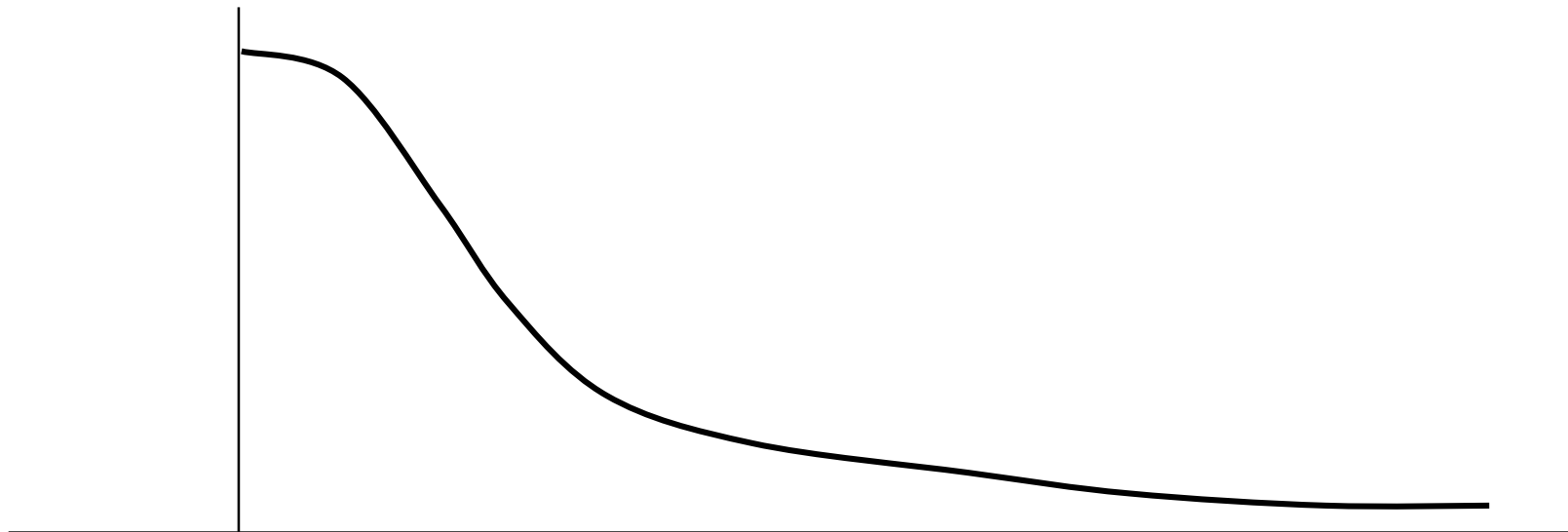
# Verteilungen

## Normalverteilung mit Überlagerung



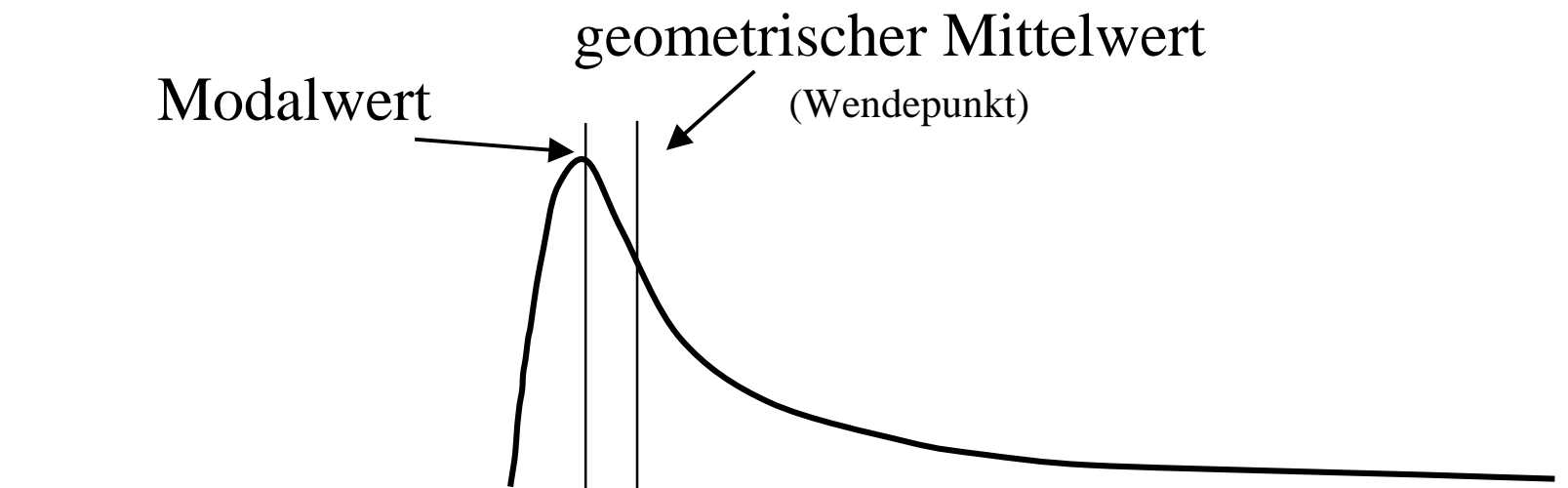
# Verteilungen

## Null-begrenzte Verteilung



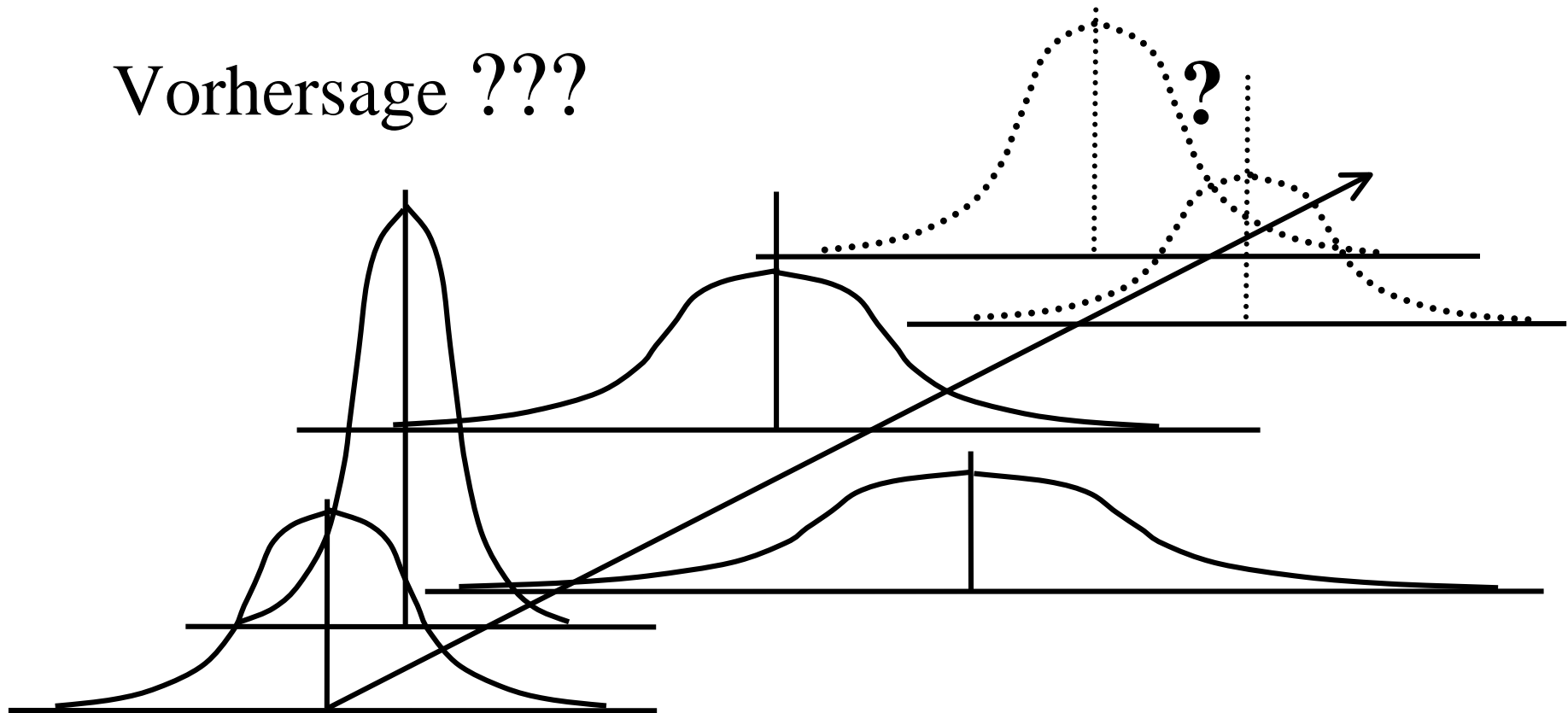
# Verteilungen

## Logarithmische Verteilung



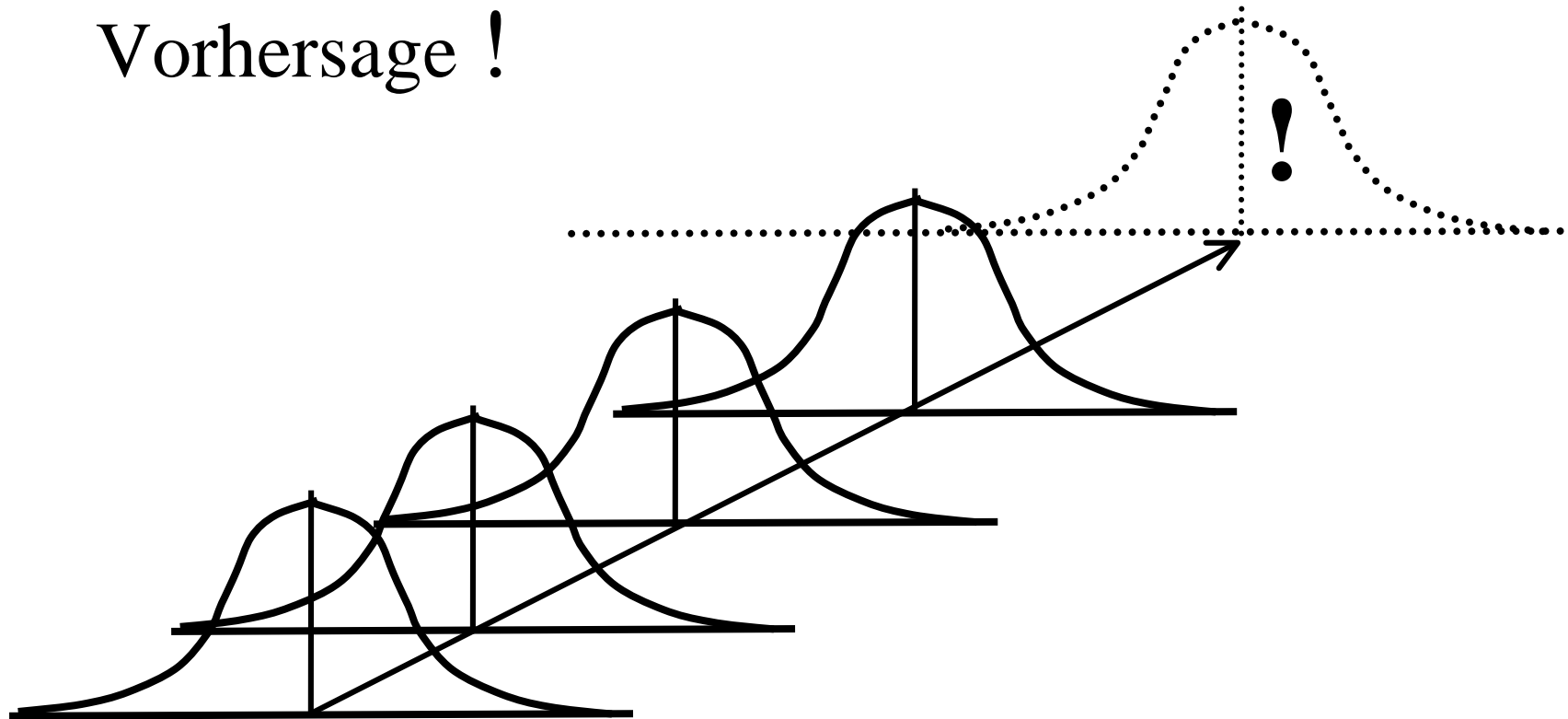
# Statistische Kenngrößen

Vorhersage ???



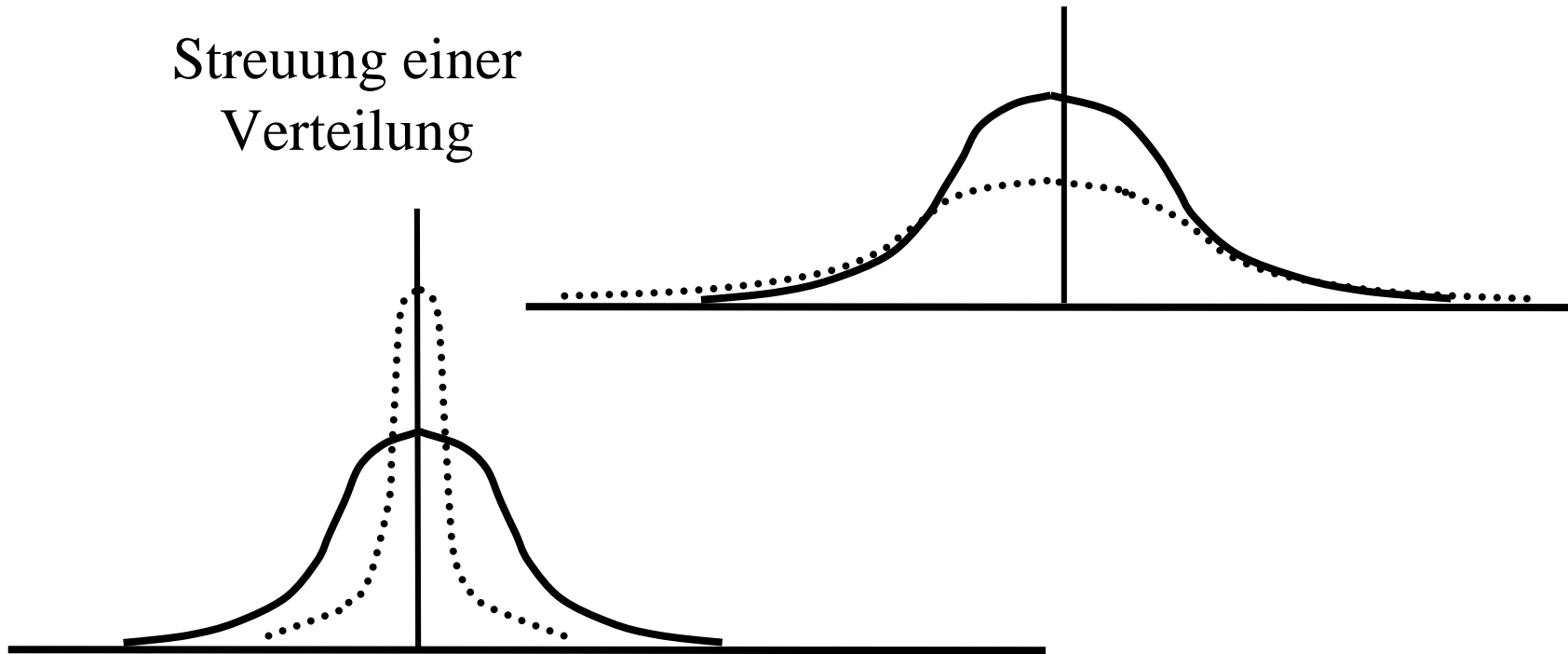
# Statistische Kenngrößen

Vorhersage !



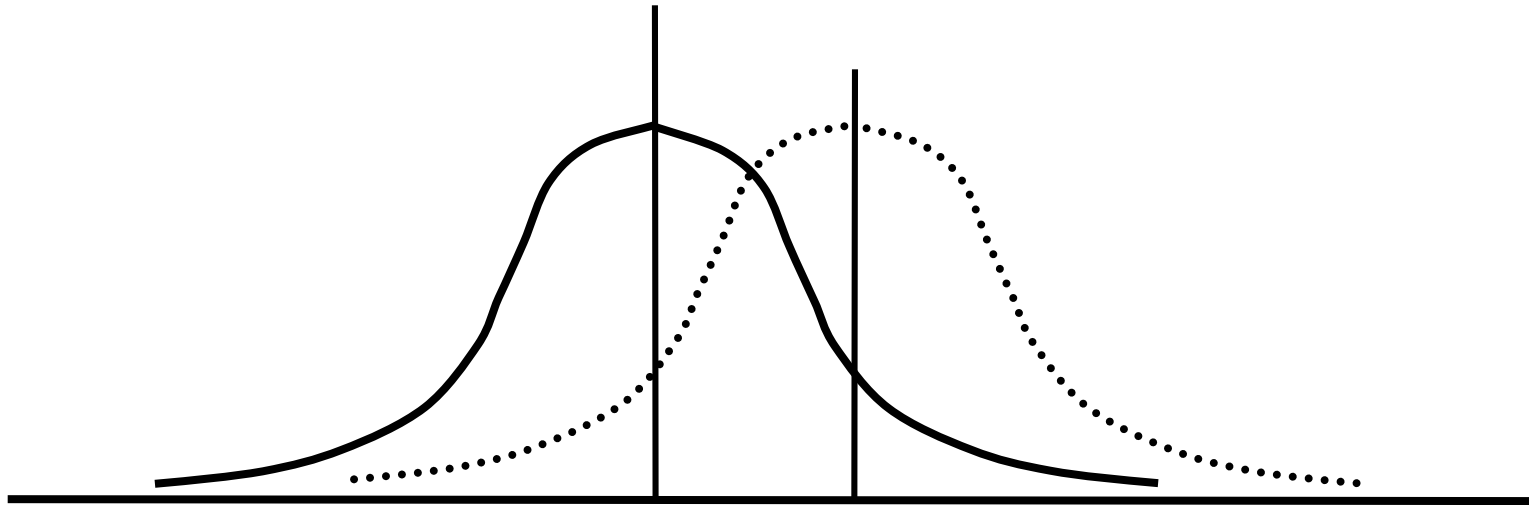
# Statistische Kenngrößen

Streuung einer  
Verteilung

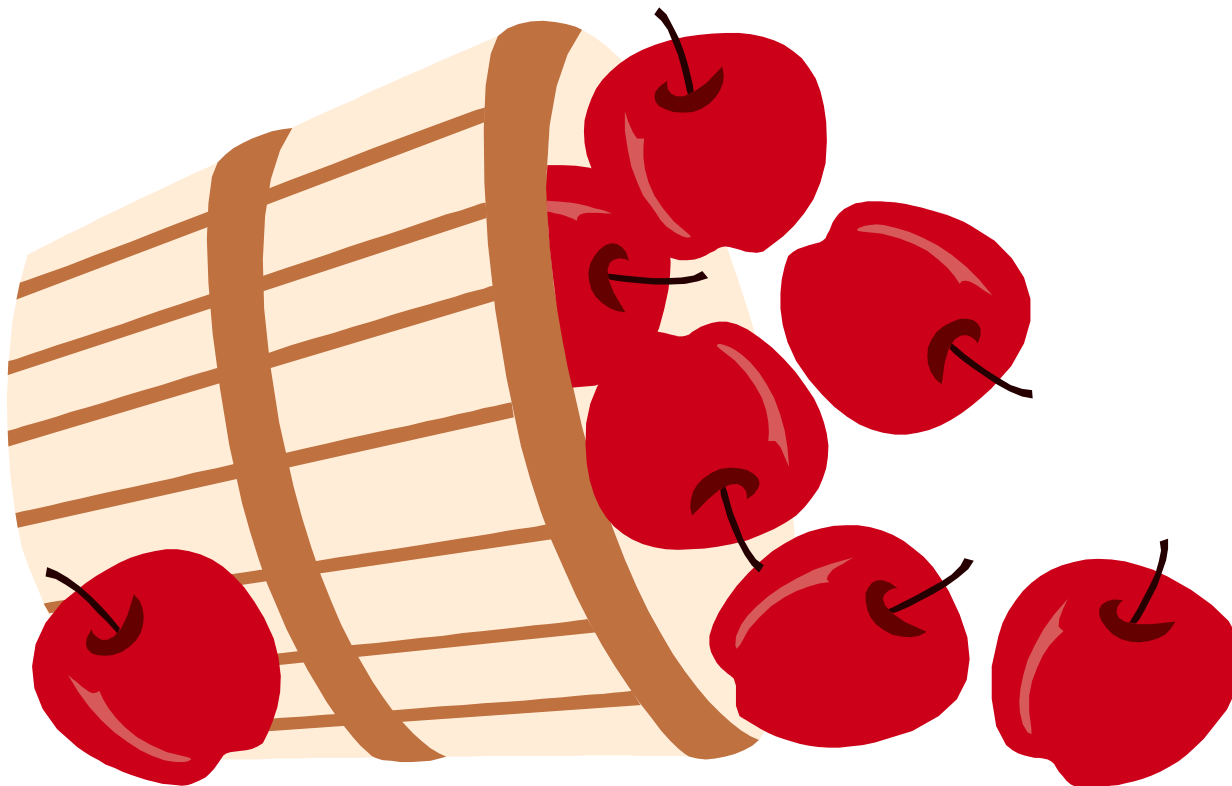


# Statistische Kenngrößen

Lage einer Verteilung



# Statistische Kenngrößen



# Statistische Kenngrößen

- Vorhersage und Steuerung bei Kenntnis :
  - Lage
    - Mittelwert (arithmetischer)
    - Modalwert
    - Median, Zentralwert
  - Streuung
    - Spannweite
    - Varianz
    - Standardabweichung

# Statistische Kenngrößen

- $\bar{X}$  : arithmetischer Mittelwert  
Summe der Einzelwerte dividiert durch die Anzahl der beobachteten Werte

Berechnungsformel:

$$\bar{X} = \frac{\text{Summe der beobachteten Werte}}{\text{Anzahl der Werte}}$$

# Statistische Kenngrößen

- $\bar{\bar{x}}$  : mittlerer Mittelwert  
bei gleichem Stichprobenumfang läßt sich aus mehreren arithmetischen Mittelwerten der mittlere Mittelwert errechnen

Berechnungsformel:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\text{Summe der Mittelwerte}}{\text{Anzahl der Mittelwerte}}$$

# Statistische Kenngrößen

- $\bar{X}_{\text{geo}}$  : geometrischer Mittelwert  
n-te Wurzel aus dem Produkt der Einzelwerte, bei schiefen oder geometrischen Verteilungen

Berechnungsformel:

$$\bar{X}_{\text{geo}} = (X_1 * X_2 * \dots * X_n)^{1/n}$$
$$\bar{X}_{\text{geo}} = \sqrt[n]{(X_1 * X_2 * \dots * X_n)}$$

# Statistische Kenngrößen

- $\tilde{x}$  : Median, Zentralwert  
zentraler Wert der Stichprobe
  - ungerader Stichprobenumfang: mittlerer Wert der Einzelwerte  $((n+1)/2)$  bei einer Sortierung von Minimalwert zu Maximalwert
  - gerader Stichprobenumfang: Durchschnitt der beiden mittleren Einzelwerte der Sortierung bei einer Sortierung der Einzelwerte von Minimalwert zu Maximalwert

# Statistische Kenngrößen

- $X_{\text{mod}}$  : Modalwert  
häufigster Wert der Stichprobe
  - der nach dem Auszählen aller Urwerte der am häufigsten vorkommende Wert in der Stichprobe
  - „n/ a“ falls alle oder mehrere Werte gleich oft vertreten sind

# Statistische Kenngrößen

- **R : Spannweite**  
beschreibt die Differenz zwischen dem größten und kleinsten Wert der Stichprobe

Berechnungsformel:

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

# Statistische Kenngrößen

- $s^2$  : Varianz

beschreibt die quadratische Abweichung der Einzelwerte einer Stichprobe vom arithmetischen Mittelwert

Berechnungsformel:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

# Statistische Kenngrößen

- $s$  : Standardabweichung ( $= \sigma$ )  
beschreibt die Schwankung der Einzelwerte um den arithmetischen Mittelwert. Bei der Normalverteilung gibt sie auch den Abstand des Wendepunkts vom Mittelwert an

Berechnungsformel:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

# Statistische Kenngrößen

- $\bar{R} = \frac{\sum R_j}{m}$  mittlere Spannweite (Range)
- $\bar{s}^2 = \frac{\sum s_j^2}{m}$  mittlere Varianz
- $\bar{s} = \frac{\sum s_j}{m}$  mittlere Standardabweichung

# Statistische Kenngrößen

- Obere Eingriffsgrenze ( OEG )
- Untere Eingriffsgrenze ( UEG )
  - jeweils berechnet in bezug auf die Verteilungseigenschaften der Stichprobe
  - berechnet für:  $R$ ,  $s$ ,  $\bar{x}$ , .....
  - die Eingriffsgrenzen haben nichts mit den Spezifikationsgrenzen zu tun

# Statistische Kenngrößen

- Obere Eingriffsgrenze ( OEG )
- Untere Eingriffsgrenze ( UEG )
  - bei Überschreitung muß in den Produktionsprozeß eingegriffen werden
  - sie sind als Warnung zu verstehen

# Statistische Kenngrößen

- Obere Eingriffsgrenze ( OEG )

Berechnungsformel:

$$\text{OEG}_{\bar{R}} = D_4 * \bar{R}$$

$$\text{OEG}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$$

$$\text{OEG}_s = B_4 * \bar{s}$$

$$\text{OEG}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 * \bar{s}$$

# Statistische Kenngrößen

- Untere Eingriffsgrenze ( UEG )

Berechnungsformel:

$$\text{UEG}_R = D_3 * \bar{R}$$

$$\text{UEG}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R}$$

$$\text{UEG}_s = B_3 * \bar{s}$$

$$\text{UEG}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3 * \bar{s}$$

# Statistische Kenngrößen

Stichprobe ( n )	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
2	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	3,267
3	1,023	1,954	0,000	2,574	0,000	2,568
4	0,729	1,628	0,000	2,282	0,000	2,266
5	0,577	1,427	0,000	2,114	0,000	2,089
10	0,308	0,975	0,223	1,777	0,284	1,716
20	0,180	0,680	0,415	1,585	0,510	1,490

# Statistische Kenngrößen

- Obere Spezifikationsgrenze ( OSG )
- Untere Spezifikationsgrenze ( USG )
  - diese Grenzen dürfen von keinem Wert der Stichprobe (und des Produktionsloses) überschritten werden

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

$c_p$ : Fortdauerndes Prozeßpotential

- Aussage über längeren Zeitraum

$p_p$ : Vorläufiges Prozeßpotential

- Untersuchung über kurzen Zeitraum
- frühzeitige Information zu neuen oder geänderten Prozessen
- während der Entwicklung von Prozessen, Maschinen und Einrichtungen

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

$$C_p = \frac{\text{Gesamte Toleranz (+/-)}}{6 \hat{\sigma}}$$

wobei gilt:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\sum R_j}{d_2 m}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{\sum s_j}{c_4 m}$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

allgemein,  
d.h. bei allen anderen Verteilungen gilt:

$$C_p = \frac{\text{Gesamte Toleranz (+/-)}}{(99,865\text{-Punkt}) - (0,135\text{-Punkt})}$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

$$C_{pk(\text{unten})} = \frac{\bar{\bar{X}} - \text{USG}}{3 \hat{\sigma}}$$

$$C_{pk(\text{oben})} = \frac{\text{OSG} - \bar{\bar{X}}}{3 \hat{\sigma}}$$

$$C_{pk} = \min (C_{pk(\text{unten})} : C_{pk(\text{oben})})$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

$$P_p = \frac{\text{Gesamte Toleranz (+/-)}}{6 \hat{\sigma}}$$

wobei gilt:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\sum R_j}{d_2 m}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{\sum s_j}{c_4 m}$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

allgemein,  
d.h. für alle anderen Verteilungen gilt:

$$P_p = \frac{\text{Gesamte Toleranz (+/-)}}{(99,865\text{-Punkt}) - (0,135\text{-Punkt})}$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

$$P_{pk(\text{unten})} = \frac{\bar{\bar{X}} - USG}{3 \hat{\sigma}}$$

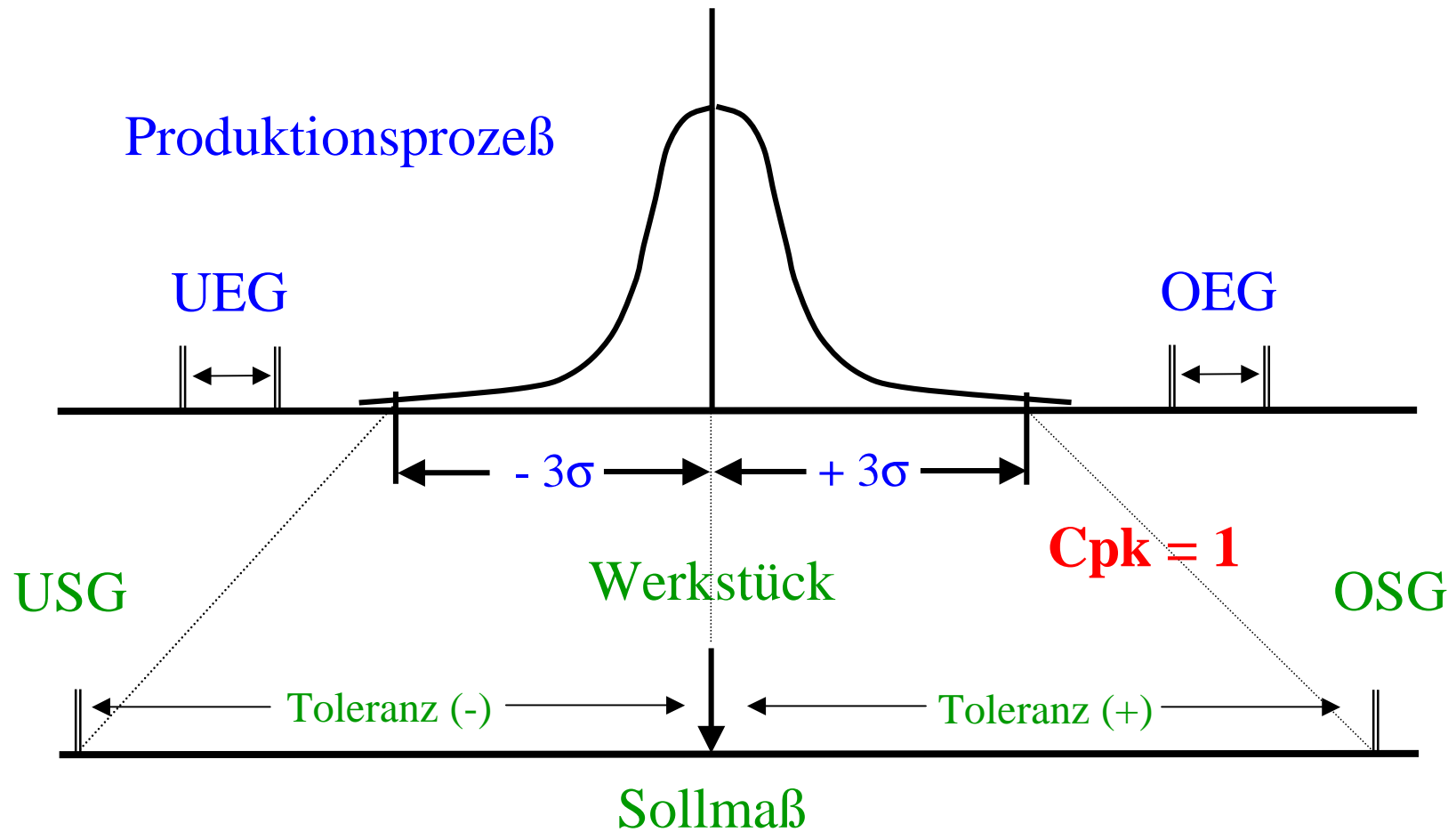
$$P_{pk(\text{oben})} = \frac{OSG - \bar{\bar{X}}}{3 \hat{\sigma}}$$

$$P_{pk} = \min (P_{pk(\text{unten})} : P_{pk(\text{oben})})$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

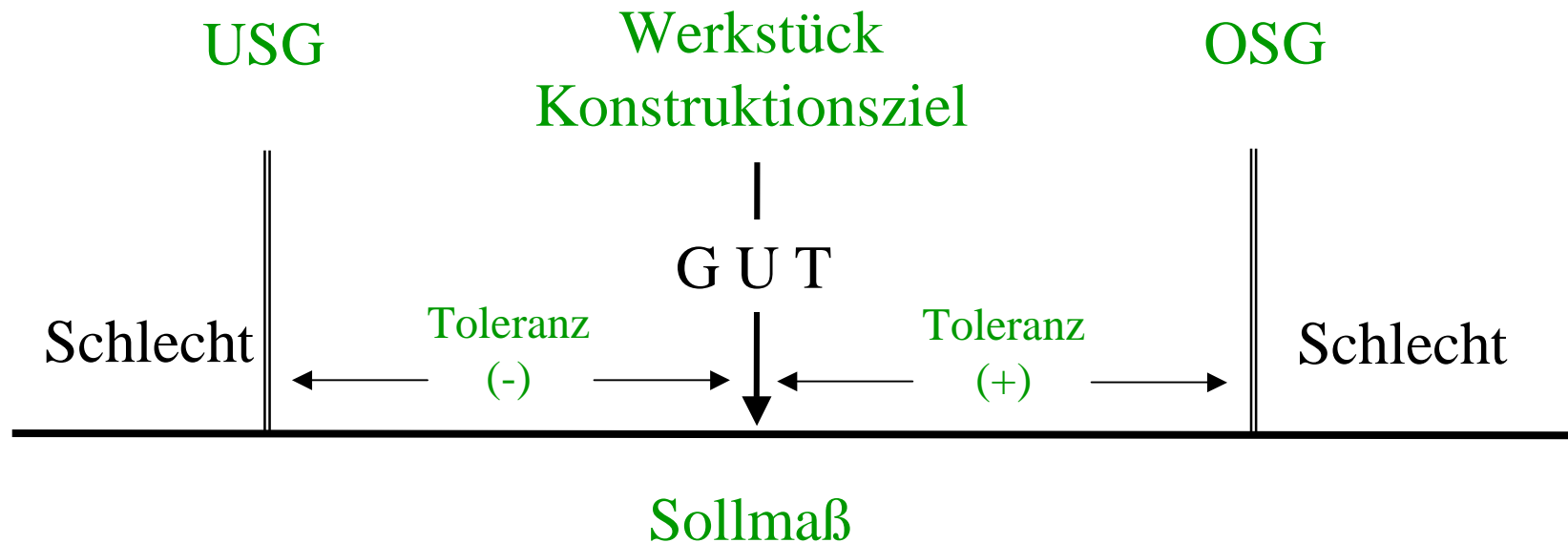
	Potential des Prozesses	Fähigkeit des Prozesses
	Streuung	Streuung und Lage
vorläufig	$p_p$	$p_{pk}$
langfristig	$c_p$	$c_{pk}$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit



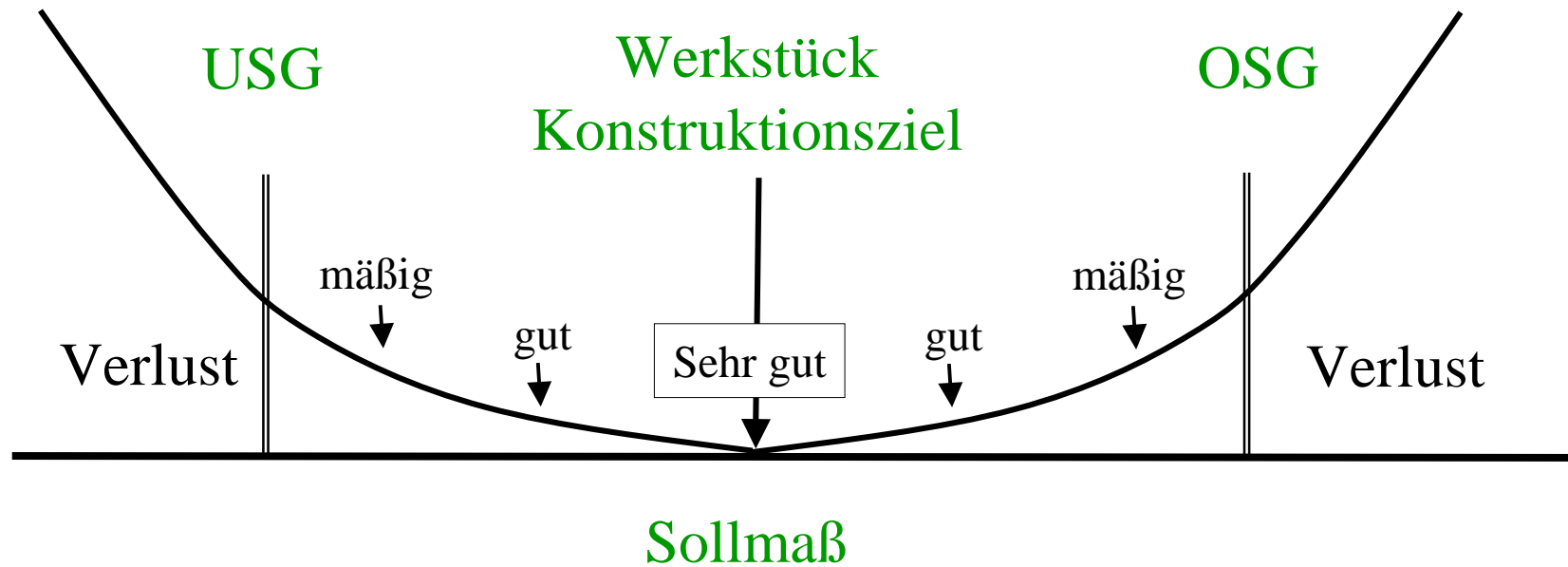
# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

## Toleranzdenken



# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

## Verlustfunktion



# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

- PIST:
  - Percent of Inspection points which Satisfy the Tolerance
  - Anteil in Prozent der Prüfpunkte innerhalb der Toleranz (nach Durchführung von evtl. erforderlicher Nacharbeiten)

$$\text{PIST} = \frac{\text{Anzahl der i.O. Messungen}}{\text{Anzahl aller Messungen}} \times 100$$

# Prozeß-Potential & -Fähigkeit

- PIPC
  - Percentage of Indices which are Process Capable
  - Anteil in Prozent der Prüfpunkte mit nachgewiesener Prozeßfähigkeit

$$\text{PIPC} = \frac{\text{Anzahl der Prozesse mit } p_p / p_{pk} \geq 1,67}{\text{Anzahl Besondere Merkmale}} \times 100$$

# 6 Sigma

## Begriffsbestimmung

- **Prozeß-Sigma:** Ausdruck der Erfolgsquote eines Prozesses aufgrund der Anzahl der Fehler pro Million Möglichkeiten (DPMO), auch als charakteristische Prozeßstreuung  $\sigma$  bezeichnet
- **Einheit:** gefertigtes oder verarbeitetes Teil
- **CTO:** Critical To Quality (Qualitätsfaktor, Qualitätsmerkmal aus Sicht des internen oder externen Kunden)

# 6 Sigma

## Begriffsbestimmung

- **Fehler:** jedes Ereignis, das eine bestimmte Kundenspezifikation nicht erfüllt (meßbare Beschreibung)
- **Fehlermöglichkeit:** Meßbare Chance für das Eintreten eines Fehlers (Aufretenswahrscheinlichkeit)
- **Fehlerhafte Einheit:** Einheit mit mindestens einem Fehler

# 6 Sigma

1979 von Art Sundry bei Motorola initiiert

- neue Ära durch die Erkenntnis: hohe Qualität und niedrige Kosten in der Produktion gehören zusammen
- Produkte mit hoher Qualität können zu einem niedrigeren Preis mit geringeren Kosten hergestellt werden und nicht umgekehrt (traditionelle Behauptung: Qualität kostet Geld)

# 6 Sigma

1987 bei Motorola entwickelt

- Titel: Total Customer Satisfaction
- Ursprüngliches Ziel: „Null-Fehler-Produktion“
- hohe Prozeßfähigkeit bei allen Geschäftsprozessen
- Organisationen mit  $6\sigma$ -Produkten können große Probleme haben wg. schlechten sonstigen Prozessen
- $6\sigma$  gilt für alle Abläufe oder Prozesse und gilt für CTQs (Critical To Quality characteristics)
- 3,4 Fehler je Fehlermöglichkeit (defect opportunity)

# 6 Sigma

## Grundsätze

- eine Organisation braucht Kennzahlen, um das zu messen, was Bedeutung für sie hat
- Kennzahlen müssen die Bedeutung von Abläufen allen Mitgliedern und Abteilungen einer Organisation vermitteln
- man kann nicht verändern, was man nicht messen kann
- Erfolg muß durch diese Kennzahlen berechnet werden
- Fortschritt muß meßbar gemacht werden

# 6 Sigma

## Ziel:

- **Gewinnsteigerung** (“The Six Sigma Phenomenon“, Mikel Harry, Richard Schroeder)
- verbesserte Qualität und höhere Wirksamkeit sind willkommene Nebeneffekte
- von  $3\sigma$  über  $4\sigma$  auf  $4,7\sigma$  ergibt jede Stufe
  - eine durchschnittliche Rendite je Teilnehmer am Projekt: \$230.000
  - 20%ige Steigerung der Gewinnspanne
  - 12 bis 18%ige Steigerung der Kapazität
  - 12%ige Reduzierung der benötigten Mitarbeiter
  - 10 bis 30% geringere Kapitalbindung
- oberhalb  $4,8\sigma$  Steigerungen nur mit „Design for Six Sigma“

# 6 Sigma

## Vorgehensweise und Werkzeuge:

- VOC: Voice Of the Customer
  - Anforderungen des Internen und Externen Kunden
- QFD und House of Quality
  - Benchmarking
- Berechnung der CTQs, verstehen der CTQs
- Design of Experiment
- Robust Design
- Design for Manufacturing

# 6 Sigma

## Feststellung

- 4 $\sigma$ -Organisationen können 6 $\sigma$ -Produkte herstellen - bei enormen Kosten für
  - Reparatur und Nacharbeit
  - Kontrollen und Prüfungen
- 6 $\sigma$ -Organisationen können weitgehend verzichten auf
  - Entdeckungsmaßnahmen (durch Design for 6 $\sigma$ -Sigma)
  - Analysen und
  - Reparatur und Nacharbeiten

# 6 Sigma

## Berechnung des Sigma-Wertes

Anzahl der Fehlermöglichkeiten je Einheit bestimmen    O    =    5

Anzahl der verarbeiteten Teile    N    =    100

Anzahl der Fehler (einschließlich der behobenen Fehler)    D    =    7

Anzahl der Fehler je Gelegenheit     $DPO = \frac{D}{N \times O} = 0,014$

Ausbeute in %     $(1-DPO) \times 100 = 98,60$

Sigma-Wert laut Tabelle    3,7

# Qualitätsregelkarte

- visualisiert wesentliche Informationen über den Produktionsprozeß
- zeigt, wann in den Prozeß eingegriffen werden muß - und wann nicht - (Überregelung)
- erleichtert die Kommunikation über den Produktionsprozeß

# Qualitätsregelkarte

- zeigt das Vorhandensein von zufälligen oder systematischen Einflüssen auf den Prozeß
  - zufällige, gewöhnliche Einflüsse (engl. : common cause) sind in einem Prozeß zulässig, es ist kein Eingriff erlaubt (Prozeß ist stabil)
  - systematische Einflüsse (engl.: special cause) sind im Prozeß unzulässig und sind umgehend zu beheben (Prozeß ist nicht (mehr) stabil)

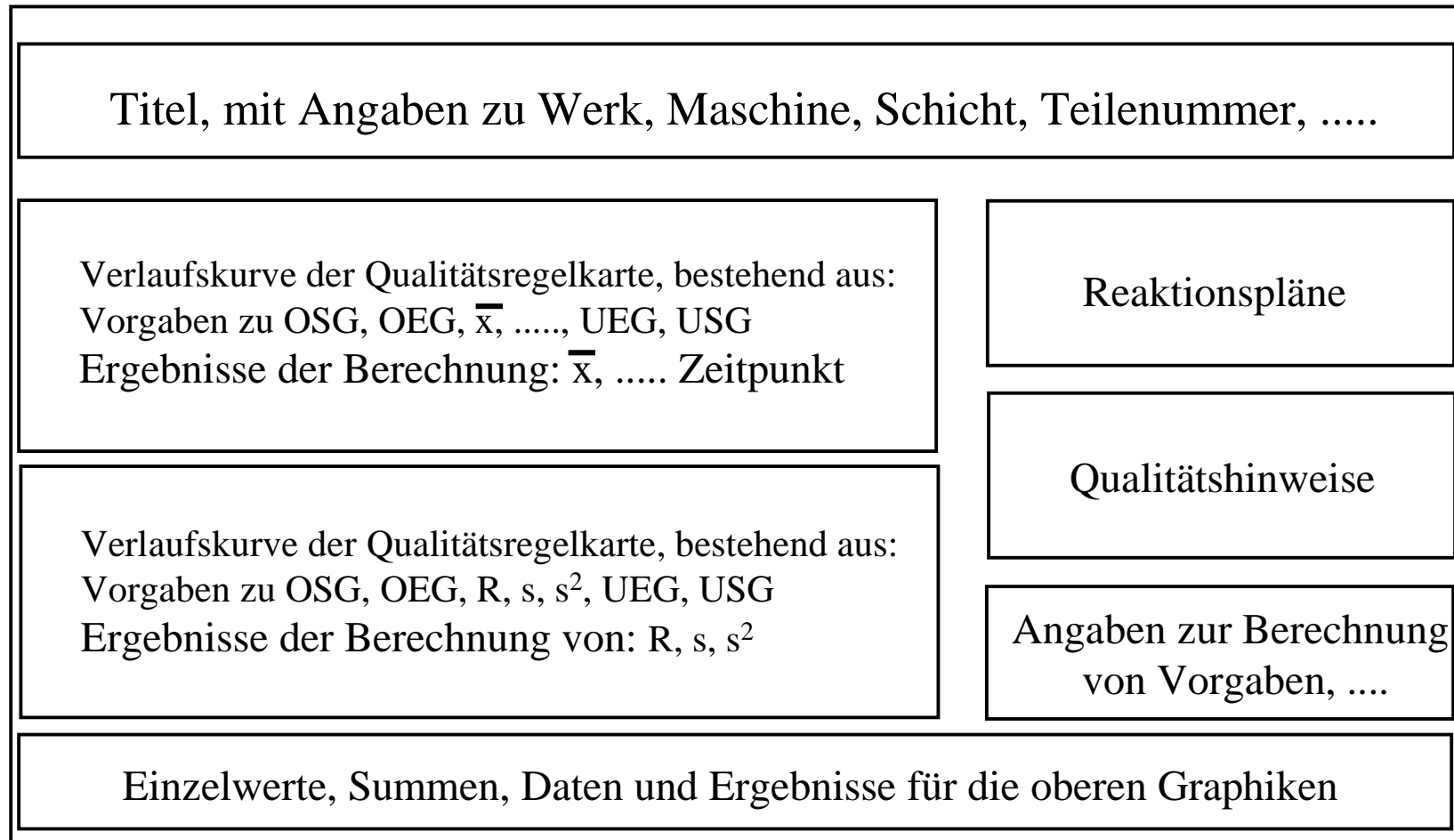
# Qualitätsregelkarte

- Voraussetzungen
  - ein geeignetes Umfeld für den Prozeß vorbereiten
  - den Prozeß definieren und beschreiben
  - wesentliche Produkt- und Prozeßmerkmale festlegen:
    - Kundenerwartungen
    - tatsächliche und mögliche Problembereiche
    - Zusammenhänge zwischen Merkmalen

# Qualitätsregelkarte

- Voraussetzungen
  - das Meßsystem festlegen
  - den Produktionsprozeß vorbereiten und optimieren
  - („systematische“) Streuungen minimieren
  - Mitarbeiter einweisen und schulen
  - Prozeßfähigkeit erhöhen

# Qualitätsregelkarte



# Qualitätsregelkarte

Titel, mit Angaben zu Werk, Maschine, Schicht, Teilenummer, .....

auf der Rückseite:

Angaben zu allen Veränderungen in bezug auf den Produktionsprozeß

Beispiel:

neues Werkzeug, Material, .....

Schichtwechsel, ungeplante Stillstände, .....

Instandhaltung, Reinigung, .....

..... alles, was bei Problemen zur Untersuchung der Grundursache beitragen könnte

# Qualitätsregelkarte

- ISO/ TS 16 949: 2000
    - Lenkung von Dokumenten – 4.2.3
    - Lenkung von Aufzeichnungen – 4.2.4
    - QS-9000: Lenkung von Qualitätsaufzeichnungen - 4.16
- Aufzeichnungen über Qualitätsleistungen (z.B. Regelkarten, Prüfergebnisse) müssen für ein Kalenderjahr nach dem Jahr, in dem sie erstellt wurden, aufbewahrt werden.

# Qualitätsregelkarte

- Variable Daten
  - $\bar{x}$  und  $R_m$ -Karte
  - Stichprobenumfang = 1
  - Beispiel: zerstörende Prüfung

# Qualitätsregelkarte

- Variable Daten
  - $\tilde{x}$  (Zentralwert) und R-Karte
  - Stichprobenumfang = 1 - 2
  - Beispiel: zerstörende Prüfung, kostenintensive oder zeitaufwendige Prüfung

# Qualitätsregelkarte

- Variable Daten
  - $\bar{x}$  (Mittelwert) und s-Karte
  - Stichprobenumfang  $\geq 10$
  - Beispiel: einfache Prüfung vor Ort, hohe Stückzahlen

# Qualitätsregelkarte

- Variable Daten
  - $\bar{x}$  (Mittelwert) und R-Karte
  - Stichprobenumfang = 3 - 5
  - Beispiel: einfache Prüfung vor Ort, hohe Stückzahlen, geringes Risiko

# Qualitätsregelkarte

- **Attributive Daten**  
für Fehler oder fehlerhafte Einheiten
  - p-Karte: Anteil fehlerhafter Einheiten
  - Stichprobenumfang  $> 50$ , variabel
  - jedes Teil wird gezählt als „iO“ oder „niO“
  - mehrere Fehlerarten werden als „ein defektes Teil“ zusammengefaßt
  - Beispiel: Anteil rechtzeitiger Lieferungen, alle Teile eingebaut, .....

# Qualitätsregelkarte

- **Attributive Daten**  
für Fehler oder fehlerhafte Einheiten
  - np-Karte: Anzahl fehlerhafter Einheiten
  - Stichprobenumfang  $> 50$ , konstant
  - jedes Teil wird gezählt als „iO“ oder „niO“
  - mehrere Fehlerarten werden als „ein defektes Teil“ zusammengefaßt
  - Beispiel: Anteil rechtzeitiger Lieferungen, alle eingebauten Teile, .....

# Qualitätsregelkarte

- **Attributive Daten**  
für Fehler oder fehlerhafte Einheiten
  - c-Karte : Fehlerzahl
  - Stichprobenumfang: konstant
  - Anzahl Fehler etwa bei einem kontinuierlichen Produktionsfluß
  - konstant in diesem Sinne könnte bedeuten:
    - je Längeneinheit, je Flächeneinheit
    - je Liter

# Qualitätsregelkarte

- **Attributive Daten**  
für Fehler oder fehlerhafte Einheiten
  - c-Karte
  - mehrere Fehlerarten werden gleich gezählt
  - Untersuchung etwa an einer Reparatur- oder Sortierstation
  - Beispiel: Blasen und Einschlüsse im Glas, Schmutzpartikel auf einer Fläche

# Qualitätsregelkarte

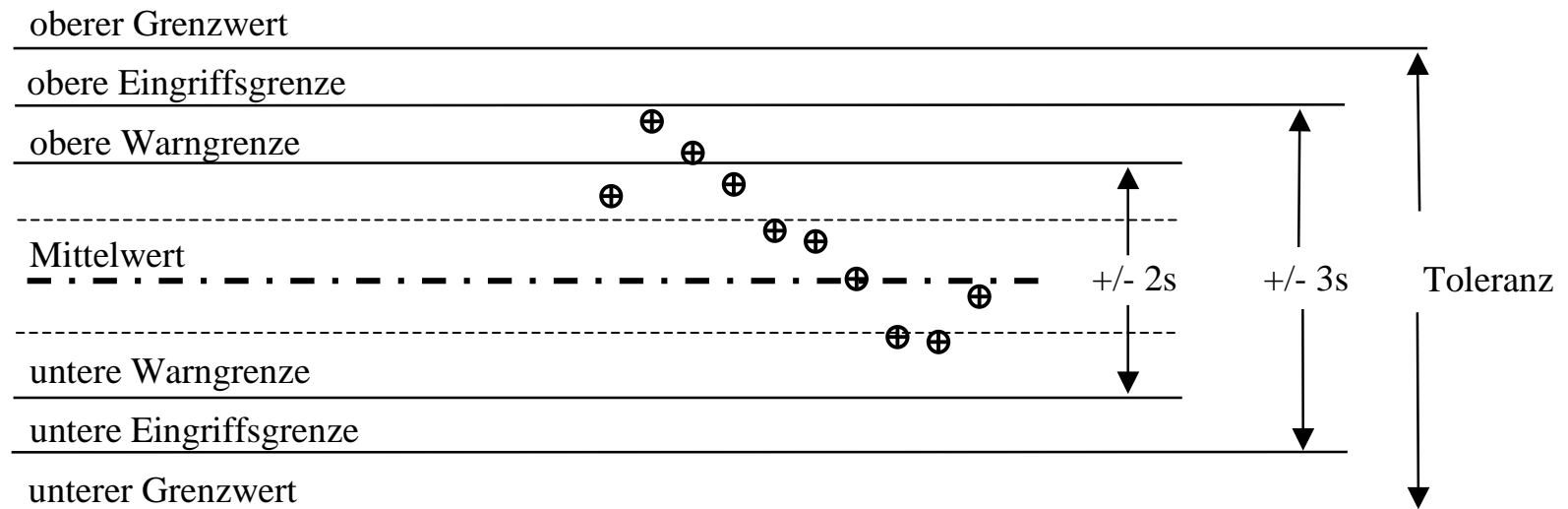
- **Attributive Daten**  
für Fehler oder fehlerhafte Einheiten
  - u-Karte: Fehlerzahl pro Einheit
  - Stichprobenumfang = variabel
  - Anzahl Fehler je Produktionseinheit
  - mehrere Fehlerarten werden gleich gezählt
  - Beispiel: herausgefallene Schrauben, zu geringes Drehmoment an Schraubverbindungen

# Qualitätsregelkarte

- **Attributive Daten**  
für Fehler oder fehlerhafte Einheiten
  - c-Karte und u-Karte  
eignen sich in leicht abgewandelter Form auch  
als Fehlersammelkarten
    - Fehlermerkmale vorgeben
    - Gruppen bilden
    - systematische Aufschreibung vorbereiten
    - Schwerpunkte setzen für ständige Verbesserung

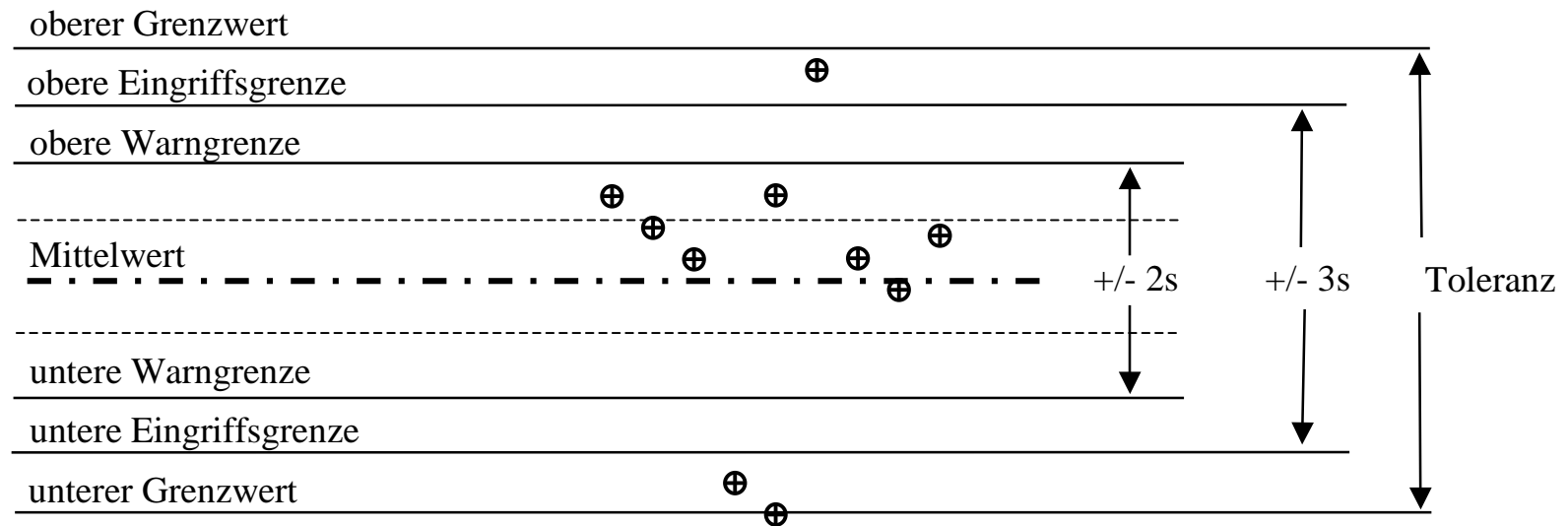
# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



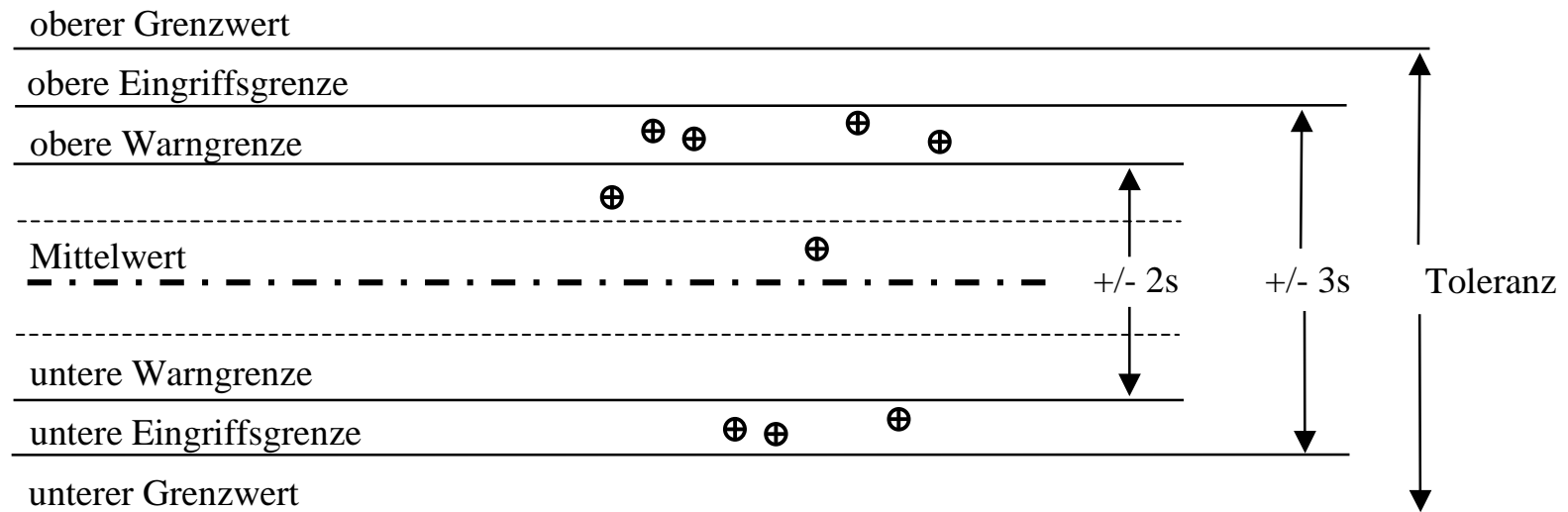
# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



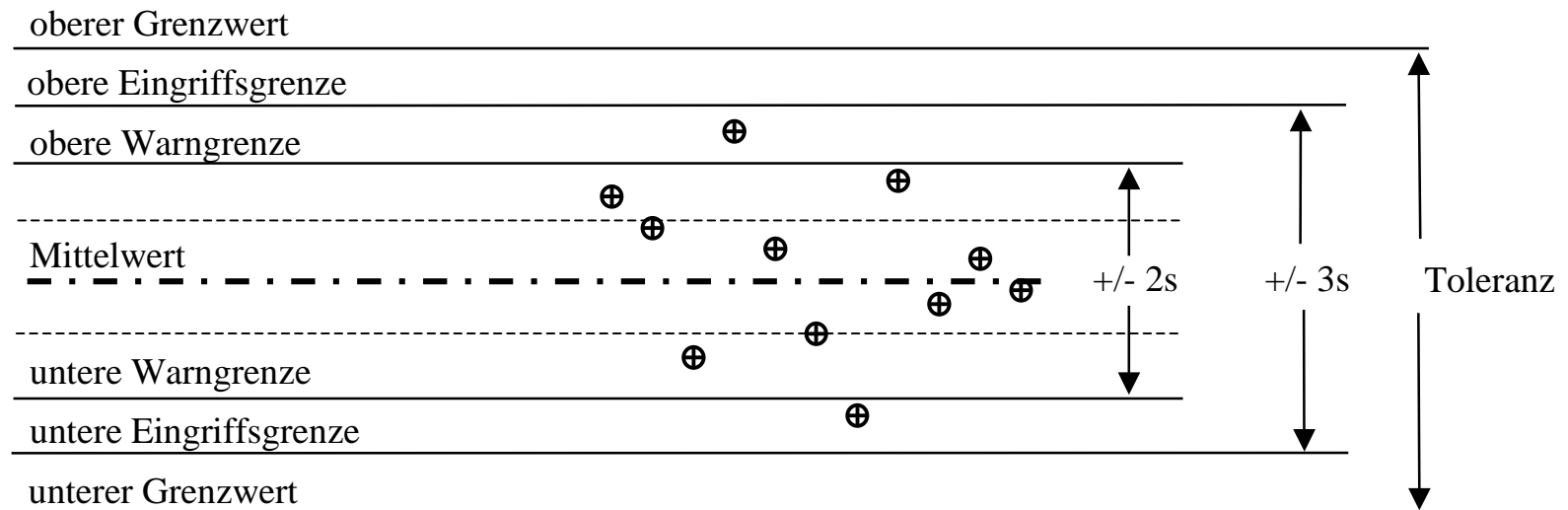
# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



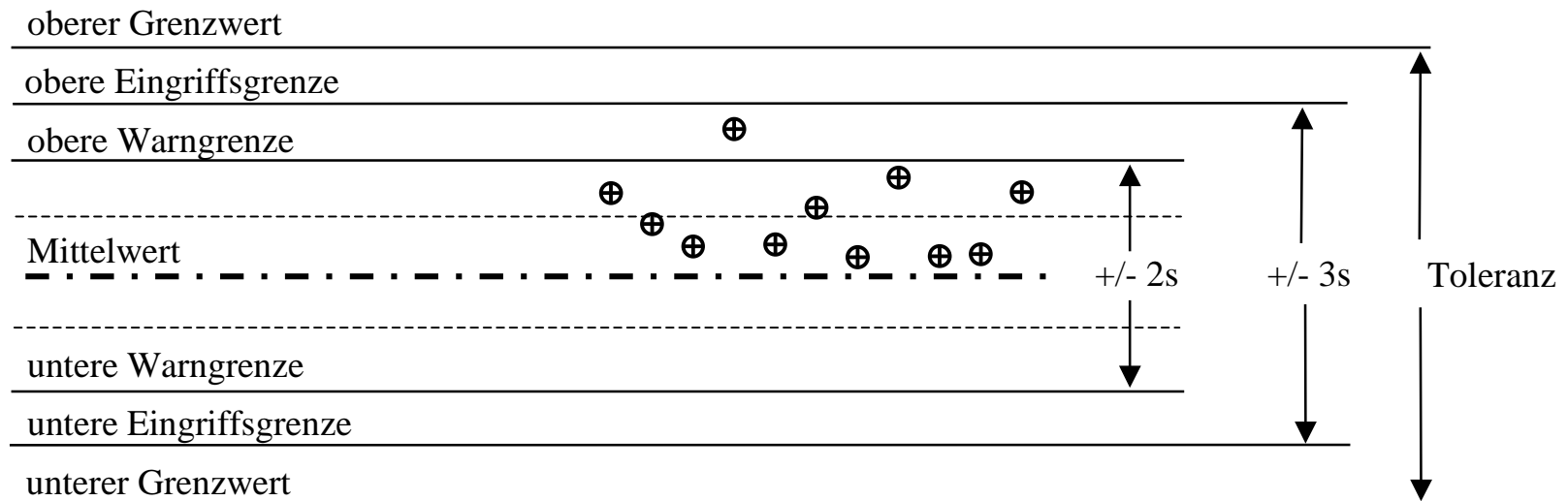
# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



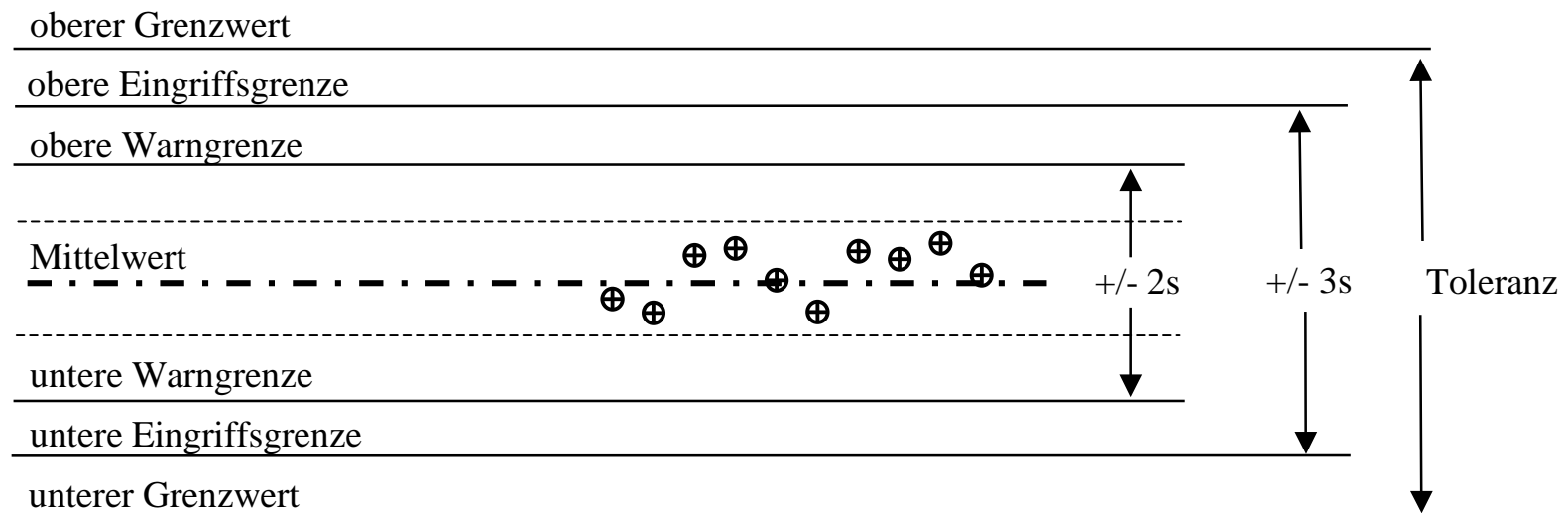
# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



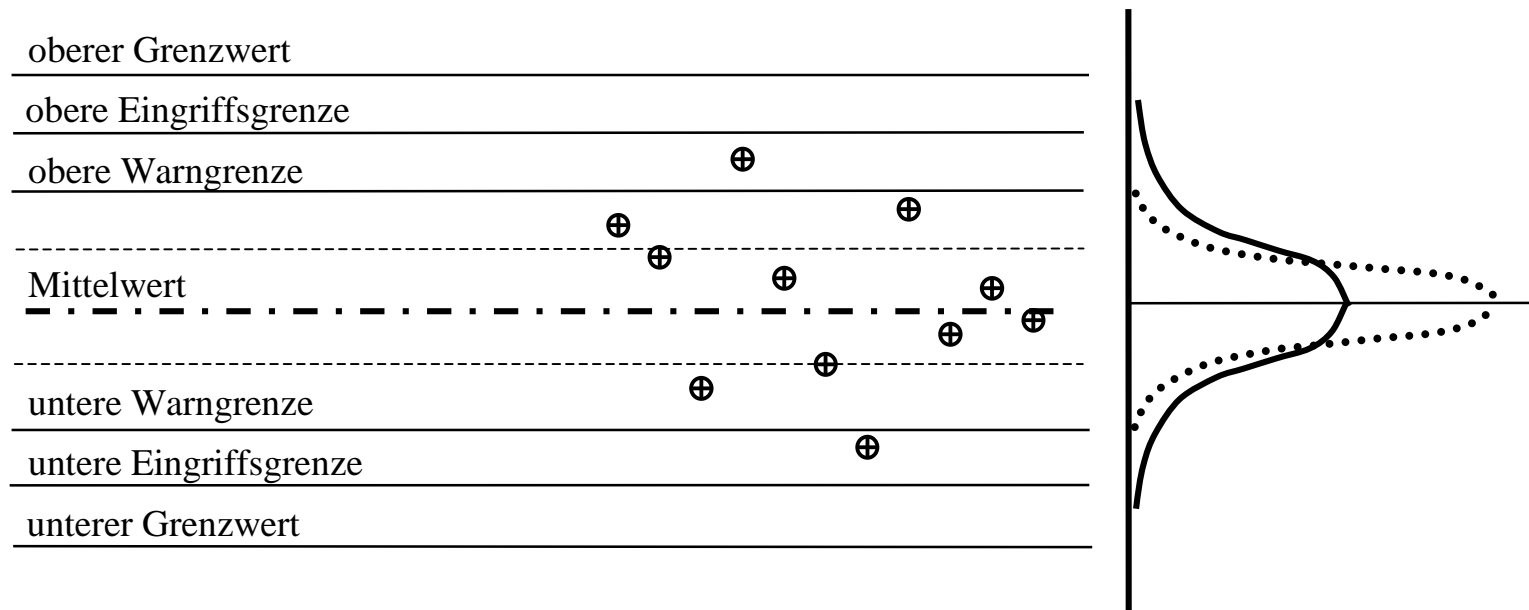
# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



# Qualitätsregelkarte

- Interpretation



# Qualitätsregelkarte

- Interpretation (vgl. Kamiske/ Brauer)  
der Prozeß ist (möglicherweise) nicht mehr fähig, wenn
  - ein Trend vorliegt, 7 und mehr Punkte gehen in die gleiche Richtung
  - 7 aufeinanderfolgende Punkte auf der gleichen Seite vom Mittelwert liegen

# Qualitätsregelkarte

- Interpretation
  - 8 aufeinanderfolgende Punkte zu nah am Mittelwert liegen
  - die Punkte zu nah an den Eingriffsgrenzen liegen
  - 1 Punkt außerhalb der Eingriffsgrenzen liegt
- nicht in fähige Prozesse eingreifen:  
Übersteuerung (Overadjustment)

# Qualitätsregelkarte

- Übersteuerung
  - Bei Übersteuerung wird auf jede Abweichung vom Mittelwert so reagiert, als läge ein systematischer Einfluß vor.
  - Jedes Nachregulieren des Prozesses wird dabei aber zu einem systematischen Eingriff in den Prozeß mit der Folge, daß insgesamt die Streuung zunimmt und möglicherweise der Prozeß bald nicht mehr fähig ist.