



**Universität
Zürich** ^{UZH}

Institut für Betriebswirtschaftslehre

Services & Operations Management

Prof. Dr. Helmut Dietl



Modulübersicht

1. Operations Strategie
2. Process Analytics
- 3. Qualitätsmanagement: SPC**
4. Plattformmanagement
5. Sportmanagement



Lernziele

Nach diesem Modul sollten Sie,

- Kontrollgrenzen berechnen können
- wissen, ob ein Prozess unter Kontrolle ist
- in der Lage sein, einen Prozess unter Kontrolle zu bringen
- Performancegrenzen berechnen können
- die Methode der SPC in Echtzeit anwenden können
- die Kostenwirkungen von Entscheidungen im Qualitätsmanagement kennen



Prozesskontrolle (1/2)

- **Grundidee:** Steuern den Prozess, der die Qualität erzeugt
- SPC (Statistische Prozesskontrolle)
- Steuerung und Kontrolle der Qualitätsdimensionen (nicht nur „guter“ vs. „schlechter“ Output)
 - Wie verändern sich die Daten im Zeitablauf?
 - Falls ein Produkt/Service fehlerhaft ist, wie weit liegen die Werte außerhalb der AQL (acceptable quality level)?

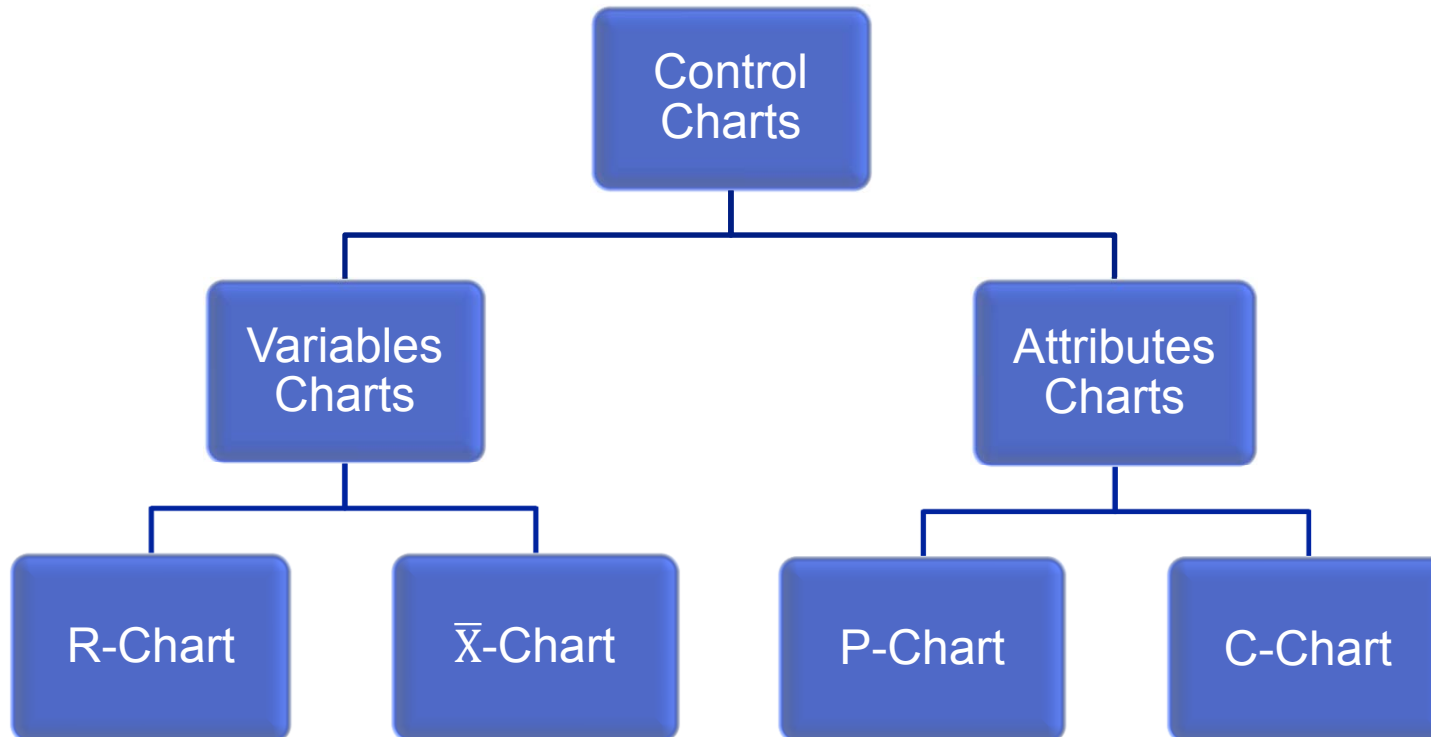


Prozesskontrolle (2/2)

- Identifikation der Ursachen der Prozessschwankungen
 - Zufällige Schwankungen (sind prozessimmanent, Vermeidung erfordert Veränderung des Prozessdesigns)
 - Identifizierbare Gründe (z.B. menschliches Versagen)
- Ermittlung der Prozessfähigkeiten
 - Welches Qualitätsniveau kann der Produktionsprozess verlässlich erreichen?
- Institutionalisierung formaler Methoden zur kontinuierlichen Diagnose und Beseitigung von Prozessmängeln

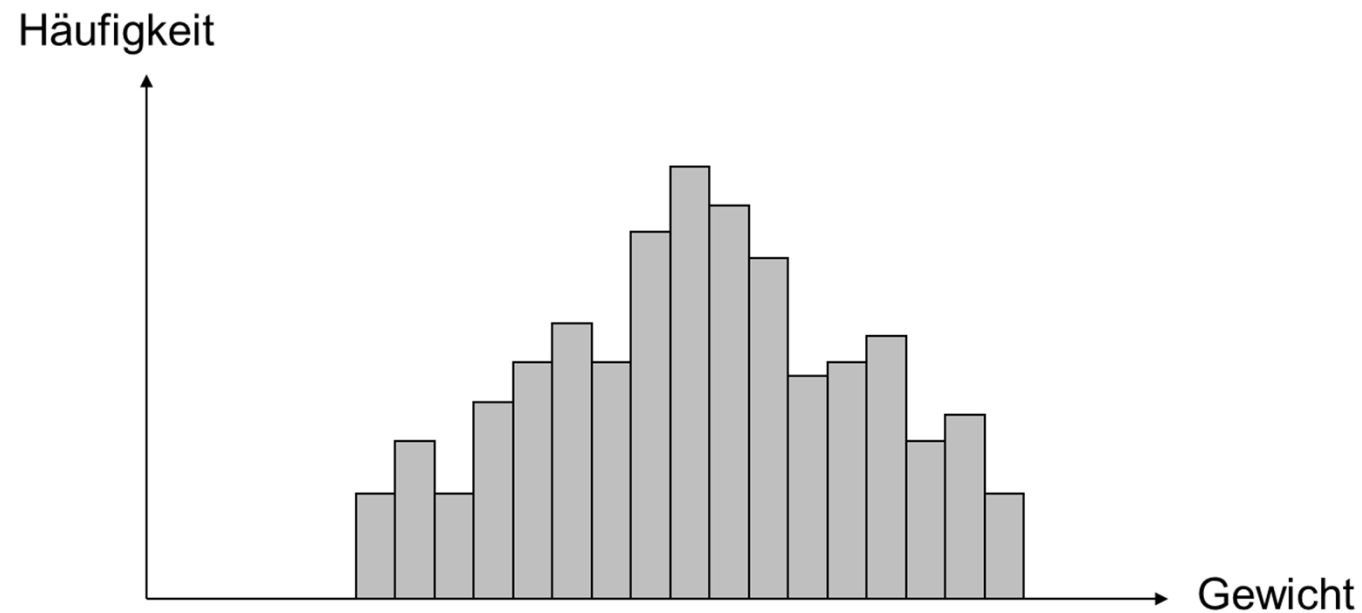


Control Charts im Überblick





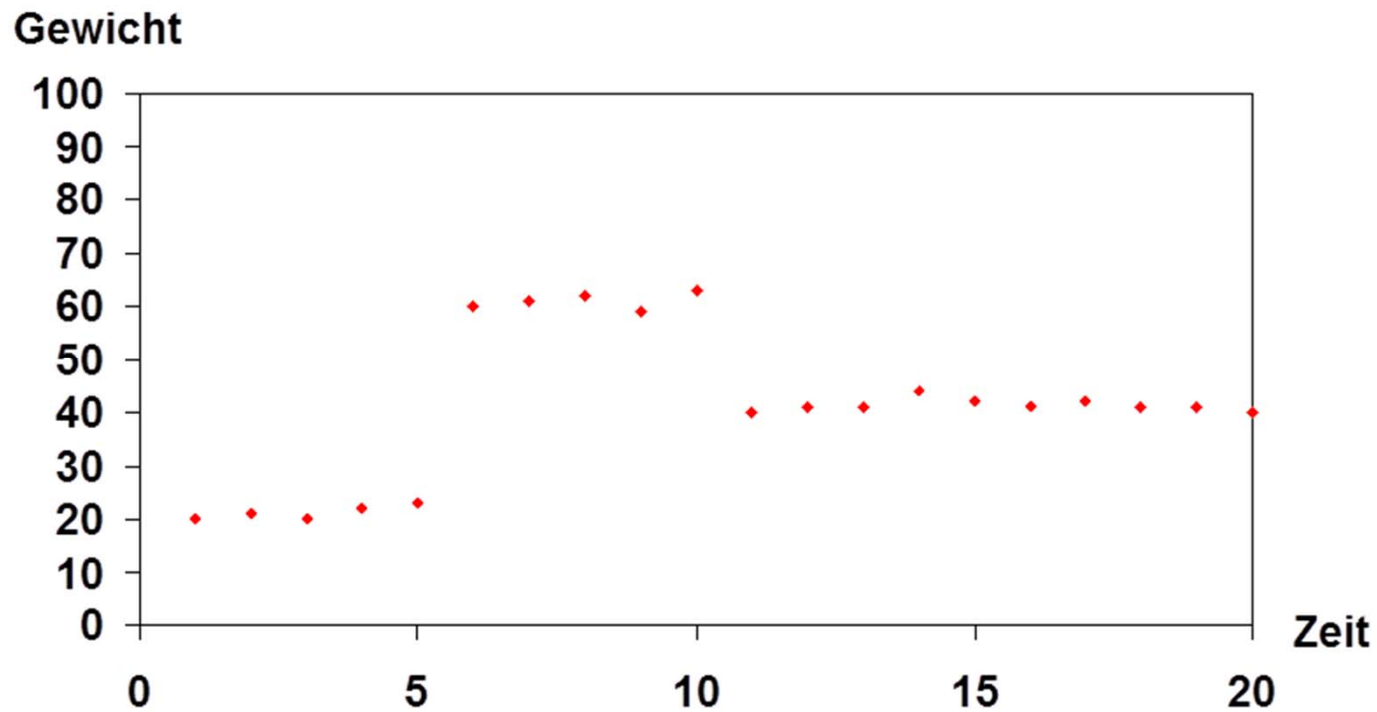
Beispiel: Gewichtskontrolle



Problem: Histogramme können die Qualitätsabweichungen nicht im Zeitablauf darstellen



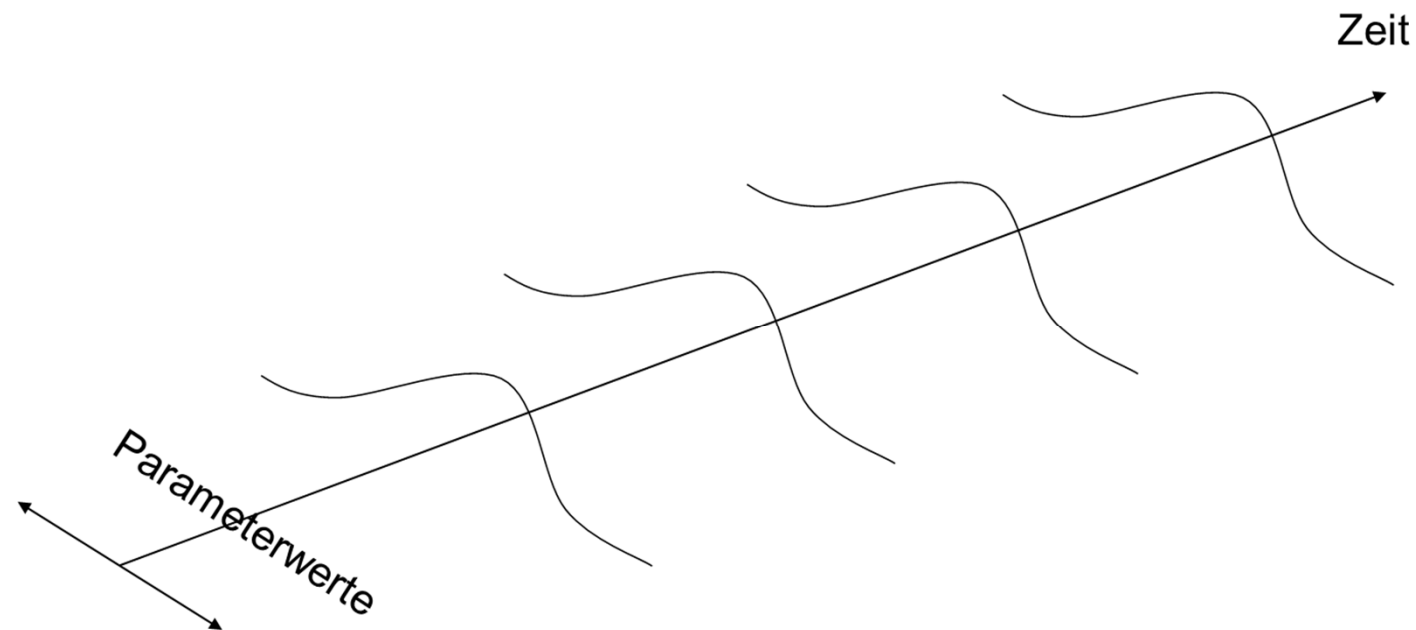
Beispiel: Gewichtskontrolle





Das Konzept statistischer Kontrolle

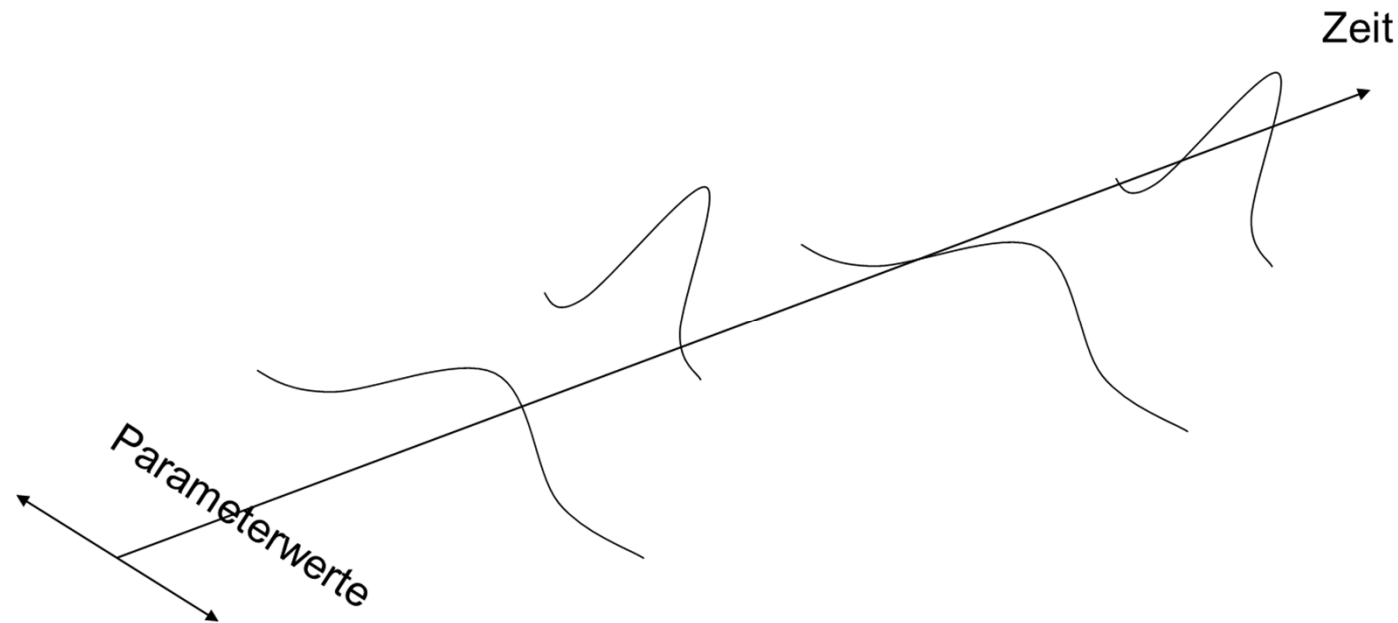
Dieser Prozess ist unter statistische Kontrolle, da die Parameterverteilung im Zeitablauf **konstant** bleibt.





Das Konzept statistischer Kontrolle

Dieser Prozess ist **nicht** unter statistische Kontrolle, da die Parameterverteilung im Zeitablauf **nicht konstant** bleibt.





Control Charts: Aufgaben

Control Charts sollen aufzeigen, ob sich ein Prozess unter statistischer Kontrolle befindet

und

die Ursachen eventueller Abweichungen identifizieren

und

den laufenden Produktionsprozess überwachen



Datensammlung für Control Charts



Clusterbildung

- **Ziele:**
 - Minimiere Qualitätsabweichungen innerhalb der Cluster
 - Maximiere Qualitätsabweichungen zwischen den Clustern
- **Gruppierungskriterien:**
 - Konstante Umweltbedingungen innerhalb eines Clusters
 - Konstante Materialien
 - Konstantes Personal (z.B. eine Schicht)

Prinzip: Wenn Qualitätsabweichungen spezielle Ursachen haben, sind die Cluster hiervon unterschiedlich betroffen



Control Chart: Symbole

μ = Mittelwert

σ = Standardabweichung

\bar{X} = Mittelwert einer Stichprobe

$\bar{\bar{X}}$ = Mittelwert aller Stichproben

R = Spannweite (range) einer Stichprobe

\bar{R} = Mittelwert der Spannweite aller Stichproben



Control Charts

\bar{X} – Chart

Zeigt, ob ein Prozess hinsichtlich seiner Mittelwerte unter Kontrolle ist

- Kontrollgrenzen bei bekannten Parametern: $\bar{\bar{X}} \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
- Kontrollgrenzen bei unbekanntem Parametern: $\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$

R – Chart

Zeigt, ob die Prozessschwankungen unter Kontrolle sind

- Obergrenze: $D_4 \bar{R}$
- Untergrenze: $D_3 \bar{R}$



| n | A₂ | D₃ | D₄ |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2 | 1,88 | 0 | 3,27 |
| 3 | 1,02 | 0 | 2,57 |
| 4 | 0,73 | 0 | 2,28 |
| 5 | 0,58 | 0 | 2,11 |
| 6 | 0,48 | 0 | 2,00 |
| 7 | 0,42 | 0,08 | 1,92 |
| 8 | 0,37 | 0,14 | 1,86 |
| 9 | 0,34 | 0,18 | 1,82 |
| 10 | 0,31 | 0,22 | 1,78 |

Quelle: Grant E.L. (1988): Statistical Quality Control, 6. Aufl.



| n | A₂ | D₃ | D₄ |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 11 | 0,29 | 0,26 | 1,74 |
| 12 | 0,27 | 0,28 | 1,72 |
| 13 | 0,25 | 0,31 | 1,69 |
| 14 | 0,24 | 0,33 | 1,67 |
| 15 | 0,22 | 0,35 | 1,65 |
| 16 | 0,21 | 0,36 | 1,64 |
| 17 | 0,20 | 0,38 | 1,62 |
| 18 | 0,19 | 0,39 | 1,61 |
| 19 | 0,19 | 0,40 | 1,60 |
| 20 | 0,18 | 0,41 | 1,59 |



Beispiel 1

- Schraubendurchmesser, Standardabweichung = 0,09 cm
- Tabelle enthält Daten der letzten 5 Stichproben (Stichprobenumfang = 4)
- Ist der Prozess unter Kontrolle?

| Stichprobe | 1 | 2 | 3 | 4 | Stichproben- mittel | Stichproben- spannweite |
|------------|------|------|------|------|------------------------|----------------------------|
| 1 | 0,51 | 0,63 | 0,39 | 0,35 | 0,47 | 0,28 |
| 2 | 0,50 | 0,56 | 0,42 | 0,64 | 0,53 | 0,22 |
| 3 | 0,68 | 0,49 | 0,53 | 0,62 | 0,58 | 0,19 |
| 4 | 0,45 | 0,33 | 0,47 | 0,55 | 0,45 | 0,22 |
| 5 | 0,70 | 0,58 | 0,64 | 0,68 | 0,65 | 0,12 |



Beispiel 1

\bar{X} – Chart

- $\bar{\bar{X}} = \frac{0,47+0,53+0,58+0,45+0,65}{5} = 0,536$
- UCL (Obergrenze) = $0,536 + 3 * \left(\frac{0,09}{\sqrt{4}}\right) = 0,536 + 0,135 = 0,671$
- LCL (Untergrenze) = $0,536 - 0,135 = 0,401$

→ Prozess ist hinsichtlich der Mittelwerte unter Kontrolle



Beispiel 1

R – Chart

- $\bar{R} = \frac{0,28+0,22+0,19+0,22+0,12}{5} = 0,206$
- UCL (Obergrenze) = $2,28 * 0,206 = 0,47$
- LCL (Untergrenze) = $0 * 0,206 = 0$

→ Prozess ist hinsichtlich der Spannweite unter Kontrolle



Beispiel 2

- Reifenabrieb in mm, Standardabweichung ist nicht bekannt
- 20 Stichproben à 10 Reifen (siehe Tabelle)
- Ist der Prozess unter Kontrolle?

| Sample | Average | Range | Sample | Average | Range |
|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| 1 | 95.72 | 1.0 | 11 | 95.80 | 0.6 |
| 2 | 95.24 | 0.9 | 12 | 95.22 | 0.2 |
| 3 | 95.18 | 0.8 | 13 | 95.56 | 1.3 |
| 4 | 95.44 | 0.4 | 14 | 95.22 | 0.5 |
| 5 | 95.46 | 0.5 | 15 | 95.04 | 0.8 |
| 6 | 95.32 | 1.1 | 16 | 95.72 | 1.1 |
| 7 | 95.40 | 0.9 | 17 | 94.82 | 0.6 |
| 8 | 95.44 | 0.3 | 18 | 95.46 | 0.5 |
| 9 | 95.08 | 0.2 | 19 | 95.60 | 0.4 |
| 10 | 95.50 | 0.6 | 20 | 95.74 | 0.6 |



Beispiel 2

- $\bar{\bar{X}} = 95,398$
- $\bar{R} = 0,665$
- $UCL (\bar{X} - \text{Chart}) = 95,398 + 0,31 * 0,665 = 95,60$
- $LCL (\bar{X} - \text{Chart}) = 95,398 - 0,31 * 0,665 = 95,19$
- $UCL (R - \text{Chart}) = 1,78 * 0,665 = 1,18$
- $LCL (R - \text{Chart}) = 0,22 * 0,665 = 0,15$



Beispiel 2

| Sample | Average | Range | Sample | Average | Range |
|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| 1 | 95.72 | 1.0 | 11 | 95.80 | 0.6 |
| 2 | 95.24 | 0.9 | 12 | 95.22 | 0.2 |
| 3 | 95.18 | 0.8 | 13 | 95.56 | 1.3 |
| 4 | 95.44 | 0.4 | 14 | 95.22 | 0.5 |
| 5 | 95.46 | 0.5 | 15 | 95.04 | 0.8 |
| 6 | 95.32 | 1.1 | 16 | 95.72 | 1.1 |
| 7 | 95.40 | 0.9 | 17 | 94.82 | 0.6 |
| 8 | 95.44 | 0.3 | 18 | 95.46 | 0.5 |
| 9 | 95.08 | 0.2 | 19 | 95.60 | 0.4 |
| 10 | 95.50 | 0.6 | 20 | 95.74 | 0.6 |

→ Prozess ist hinsichtlich der Mittelwerte nicht unter Kontrolle



Beispiel 2

| Sample | Average | Range | Sample | Average | Range |
|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| 1 | 95.72 | 1.0 | 11 | 95.80 | 0.6 |
| 2 | 95.24 | 0.9 | 12 | 95.22 | 0.2 |
| 3 | 95.18 | 0.8 | 13 | 95.56 | 1.3 |
| 4 | 95.44 | 0.4 | 14 | 95.22 | 0.5 |
| 5 | 95.46 | 0.5 | 15 | 95.04 | 0.8 |
| 6 | 95.32 | 1.1 | 16 | 95.72 | 1.1 |
| 7 | 95.40 | 0.9 | 17 | 94.82 | 0.6 |
| 8 | 95.44 | 0.3 | 18 | 95.46 | 0.5 |
| 9 | 95.08 | 0.2 | 19 | 95.60 | 0.4 |
| 10 | 95.50 | 0.6 | 20 | 95.74 | 0.6 |

→ Prozess ist hinsichtlich der Spannweite nicht unter Kontrolle



Performancegrenzen

Kontrollgrenzen

- dienen dazu, allgemeine und spezielle Abweichungsursachen zu identifizieren
- basieren auf tatsächlichen Prozessdaten
- werden clusterweise berechnet

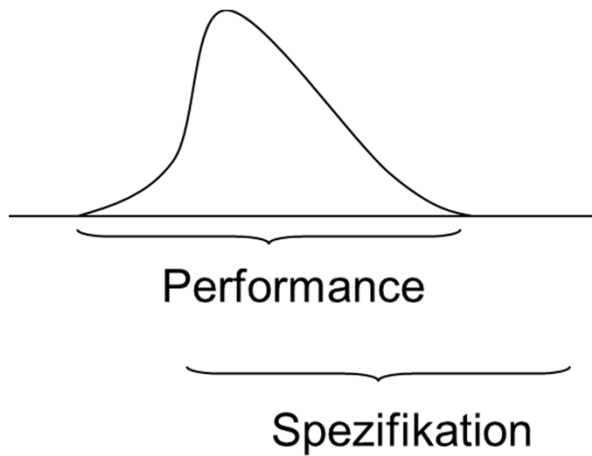
Performancegrenzen

- werden für Prozesse, die unter Kontrolle sind, ermittelt, um die zukünftige Performance vorherzusagen
- Performancegrenzen machen wenig Sinn, wenn der Prozess nicht unter Kontrolle ist

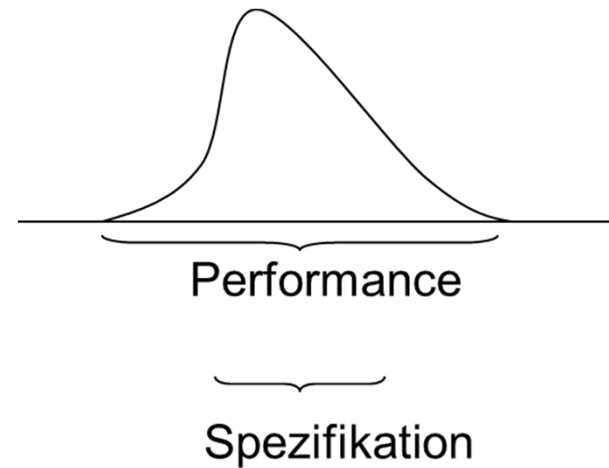


Spezifikationsgrenzen vs. Performancegrenzen

Unerwünschte Situation:



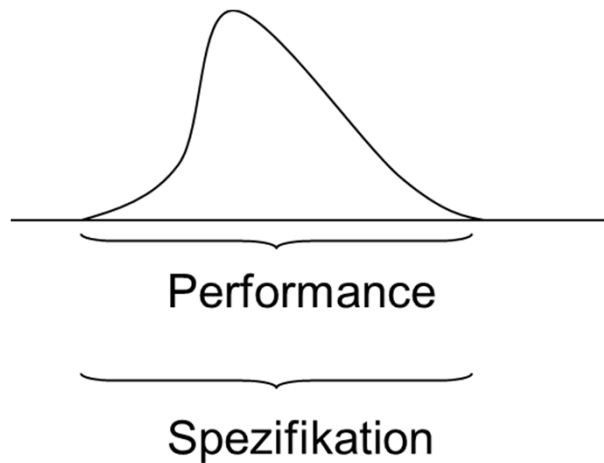
Äußerst unerwünschte Situation:



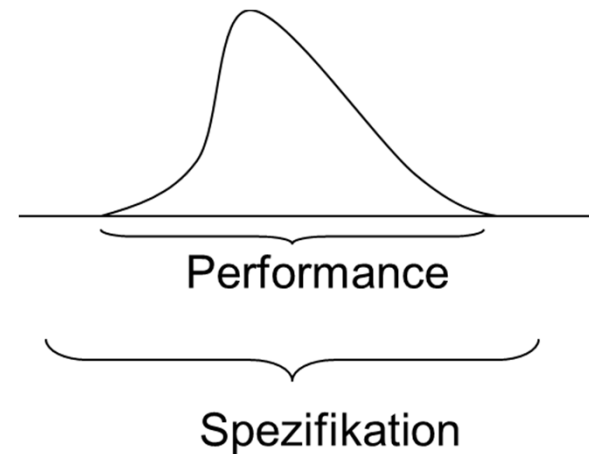


Spezifikationsgrenzen vs. Performancegrenzen

Verwundbare Situation:



Äußerst erstrebenswerte Situation:





Process Capability Index (Fähigkeitsindex)

$$C_P = \frac{\text{Zulässige Spannweite}}{\text{Tatsächliche Spannweite}}$$

bzw.

$$C_P = \frac{\text{Obere Spezifikationsgrenze} - \text{untere Spezifikationsgrenze}}{6 * \sigma}$$

Prozess ist fähig (capable), falls $C_P \geq 1$

Manche Unternehmen setzten $C_P = 1,33$

Motorola in den 80er Jahren: $C_P = 2$



Sonderfall: Process Capability Index für asymmetrische Prozesse

$$C_{pk} = \min \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right]$$

C_{pk} Capability Index für asymmetrische Prozesse

USL obere Spezifikationsgrenze

LSL untere Spezifikationsgrenze

μ Mittelwert des Prozesses (Mitte zwischen UCL und LCL)

σ Standardabweichung des Prozesses



Prozessfähigkeit (Process Capability)

Spezifikationsgrenzen

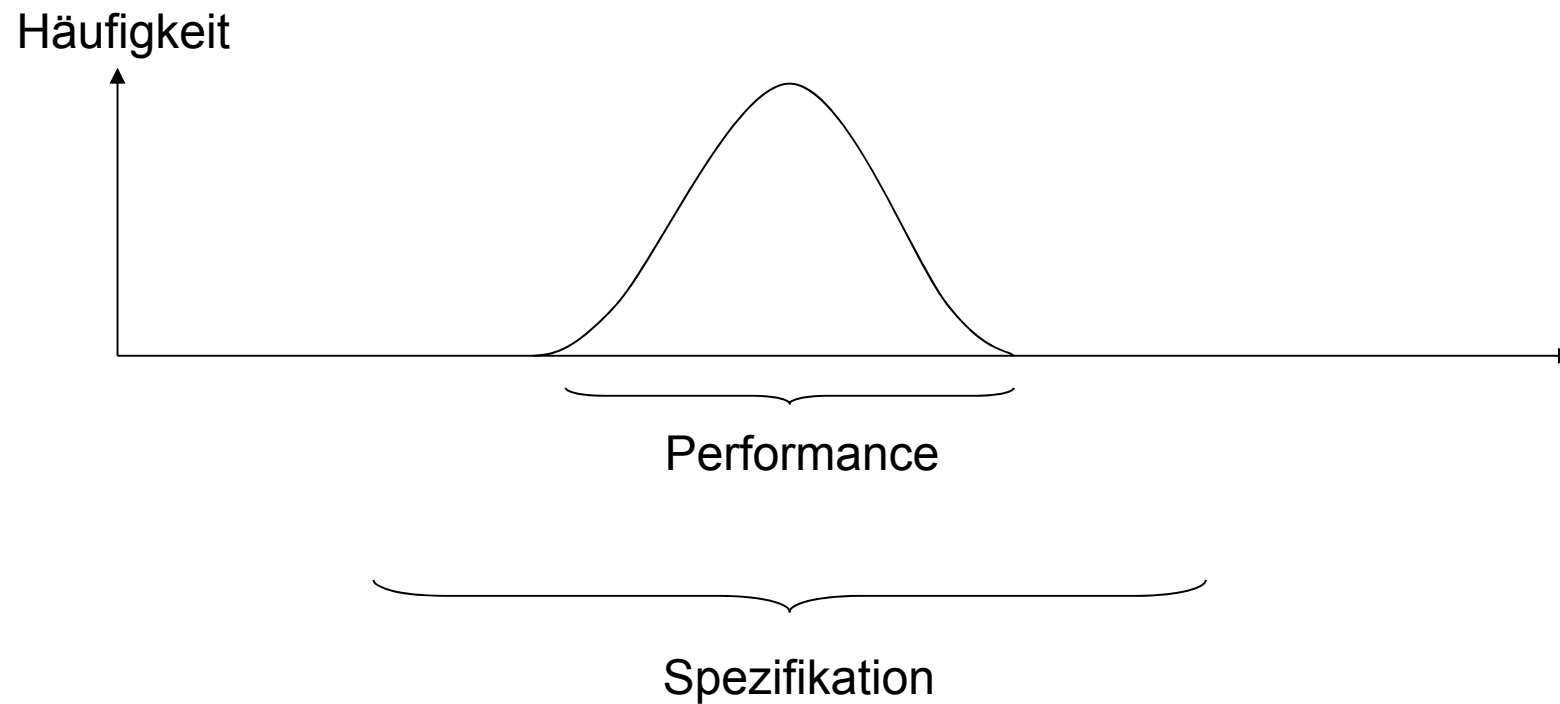
- Beschreiben wünschenswerte Toleranzbereiche
- Verkörpern die Qualitätsansprüche der Kunden

Prozessfähigkeiten

- Können nur für Prozesse, die unter Kontrolle sind, bestimmt werden. Bei Vorliegen unkontrollierter Spezialeinflüsse können die Prozessfähigkeiten nicht verlässlich prognostiziert werden
- Ein Prozess, der unter Kontrolle ist, besitzt die Fähigkeit, innerhalb der Performancegrenzen zu bleiben
- Aber: Auch ein Prozess, der unter Kontrolle ist, produziert unter Umständen fehlerhafte Produkte (d.h. außerhalb der Spezifikationsgrenzen)

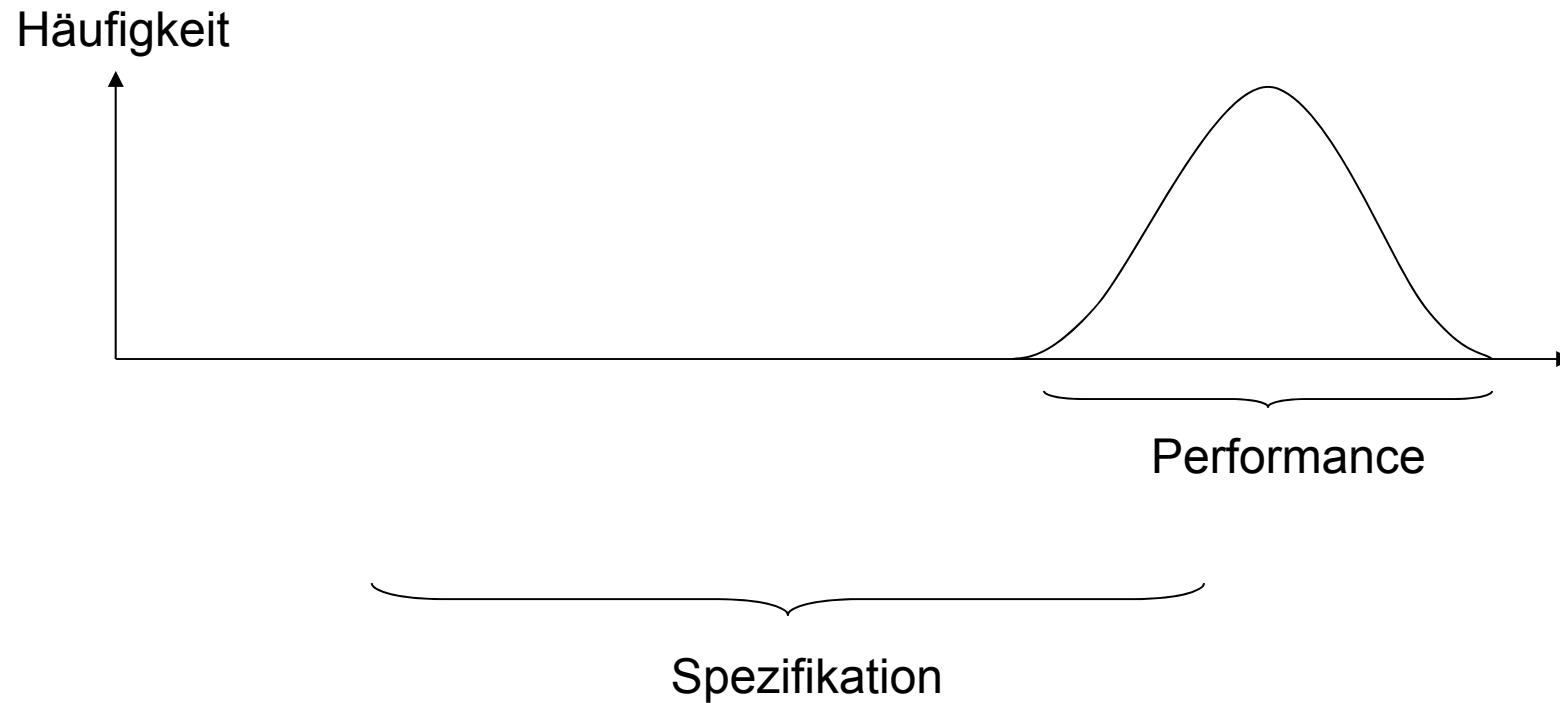


Idealzustand: $C_p > 1$





Schlecht, aber lösbar: $C_p > 1$





Nicht lösbar: $C_p \ll 1$

