

# OPERATIONS MANAGEMENT



## - Qualitätsmanagement -



© Helmut M. Dietl

1

## Lernziele

Nach dieser Veranstaltung sollen Sie wissen,

- was man unter Qualitätsmanagement versteht
- welche Ziele das Qualitätsmanagement verfolgt
- was man unter Prozesskontrolle versteht
- welche Methoden der Prozesskontrolle existieren, bzw. wie und wann man diese anwendet



© Helmut M. Dietl

2

## Qualität: Konsument vs. Produzent

- **Konsument**
  - Erfüllung der Erwartungen
  - Gebrauchsfähigkeit
  - Zweckdienlichkeit
  - Erfüllung der Produkthanforderungen
- **Produzent:**
  - Einhaltung der Produktspezifikationen



## Qualität entsteht durch:

- Übersetzung von Kundenbedürfnissen in Produkteigenschaften (z.B. vom Markt gewünschter Benzinverbrauch)
- Übersetzung der Produkteigenschaften in Produktspezifikationen (z.B. Gewicht, Windwiderstand)
- Entwicklung eines Produktionssystems, das diese Produktspezifikationen zu vertretbaren Kosten realisiert



# Warum ist Qualität wichtig?

## Interne Kosten

- Fehlerbehebung
- Lagerkosten
- Kapazitätskonsum
- Produktionsunterbrechung

## Externe Kosten

- Reputationsverlust  
(beschädigter Markenname)
- Haftungskosten  
(Produzentenhaftung,  
Gerichtskosten, Strafen etc.)
- Garantiekosten
- Preisnachlässe

## Präventions- und Aufdeckungskosten

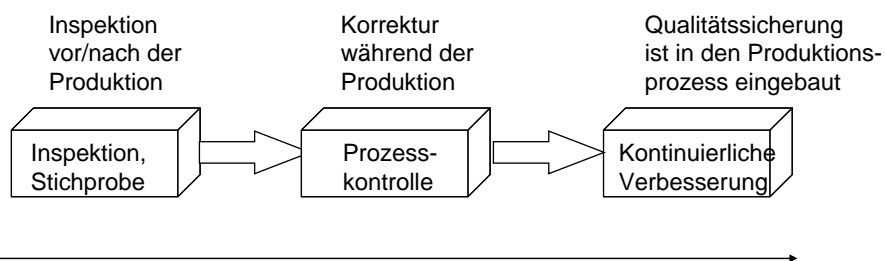
- Kontrollkosten
- Inspektionskosten
- Fehlerdiagnose

## Marktvorteile

- Kostenreduktion für Kunden
- Ausnutzung der  
Risikoaversion der Kunden  
(z.B. Disneyland)
- Markenloyalität/Franchise



# Qualitätssicherung



## Qualitätsmanagement: Ziele

- Hohe Qualität verkaufter Produkte/Services
- Aufdecken und Lösen von Qualitätsproblemen
- Kostenminimierung

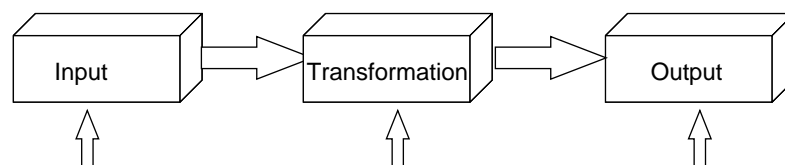
*Wie erreichen wir diese Ziele?*



© Helmut M. Dietl

7

## Inspektion vs. Prozesskontrolle



© Helmut M. Dietl

8

## Möglichkeit 1: Inspektion

- Grundidee: Selektiere schlechte Qualität aus, *bevor* sie den Kunden erreicht
- Inspektion kann sehr teuer sein
  - Inspektionskosten
    - Direkt: Inspektionspersonal, Geräte
    - Indirekt: Ausschuss, Kapazitätsverlust
  - Ungeeignet in Branchen mit
    - Geringen Gewinnmargen
    - Integraler Produktarchitektur
    - Hohen Opportunitätskosten der Produktionskapazität



© Helmut M. Dietl

9

## Stichprobentheorie

Mit zunehmendem Stichprobenprobenumfang nähert sich die Verteilung der Stichprobe unabhängig von der Verteilung der Grundgesamtheit der Normalverteilung an.

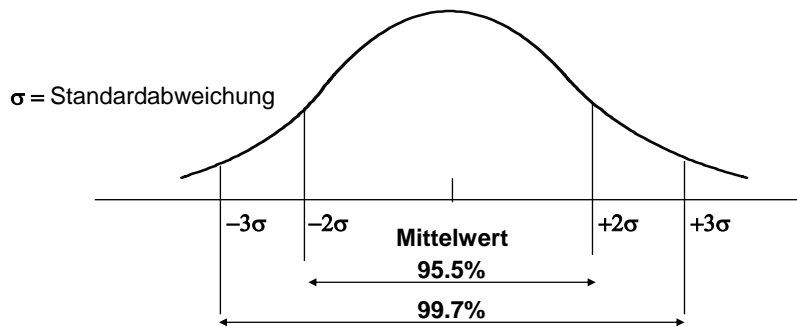


© Helmut M. Dietl

10

# Verteilungsannahmen

## Normalverteilung



© Helmut M. Dietl

11

## Stichprobeninspektion: Warum?

- In den meisten Fällen ist eine 100%ige Inspektion zu teuer (große Produktionsvolumen)
- Oft ist eine 100%ige Inspektion unmöglich (z.B. wenn durch die Inspektion das Produkt/der Service verbraucht oder zerstört wird (z.B. Vorkosten in Restaurants, Bombentest))
- Häufig ist Inspektion durch den Produzenten günstiger als durch den Kunden (Größenvorteile durch Inspektionsfixkosten)



© Helmut M. Dietl

12

## Stichprobenterminologie

	Grundgesamtheit wird angenommen	Grundgesamtheit wird zurückgewiesen
Grundgesamtheit ist "gut"		
Grundgesamtheit ist "schlecht"		



## Möglichkeit 2: Prozesskontrolle

- 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 Daten außerhalb der AQL (acceptable quality level)?

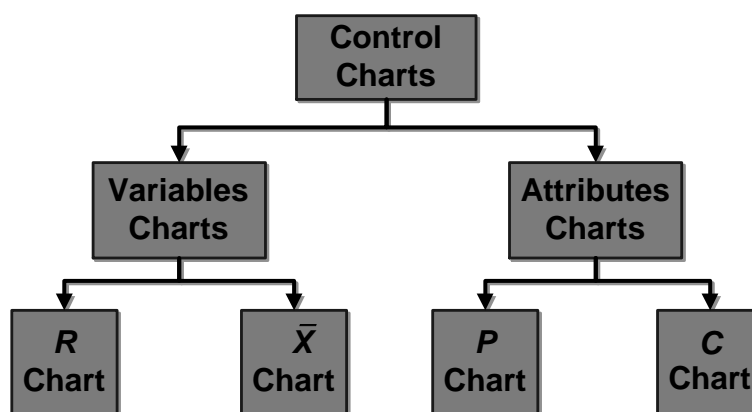


## Möglichkeit 2: Prozesskontrolle

- 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

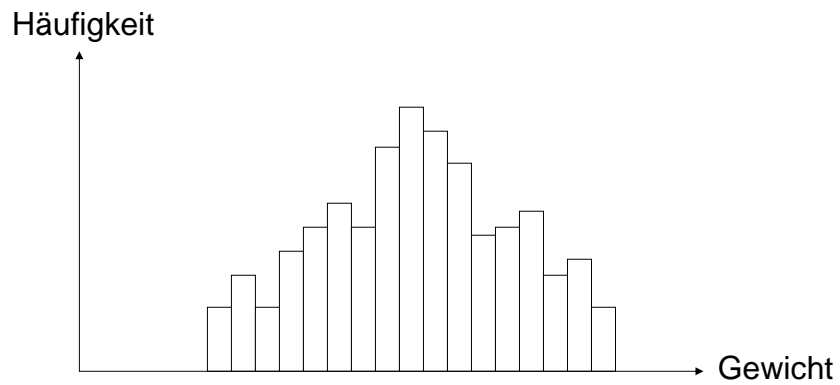


## Control Charts im Überblick





## Beispiel: Gewichtskontrolle



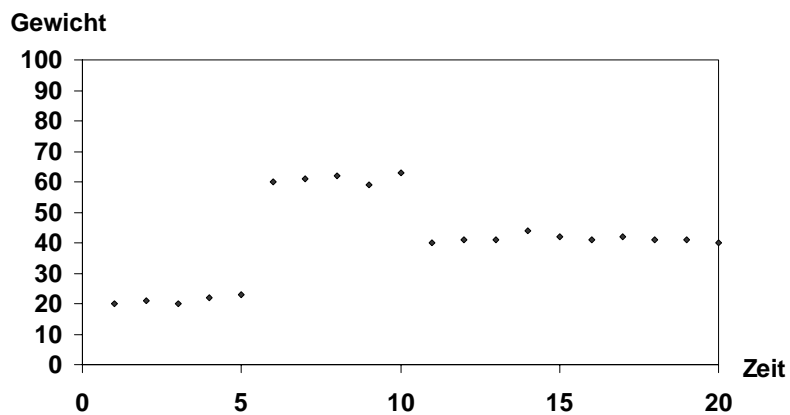
Problem: *Histogramme können die Qualitätsabweichungen nicht im Zeitablauf darstellen*



© Helmut M. Dietl

17

## Beispiel: Gewichtskontrolle

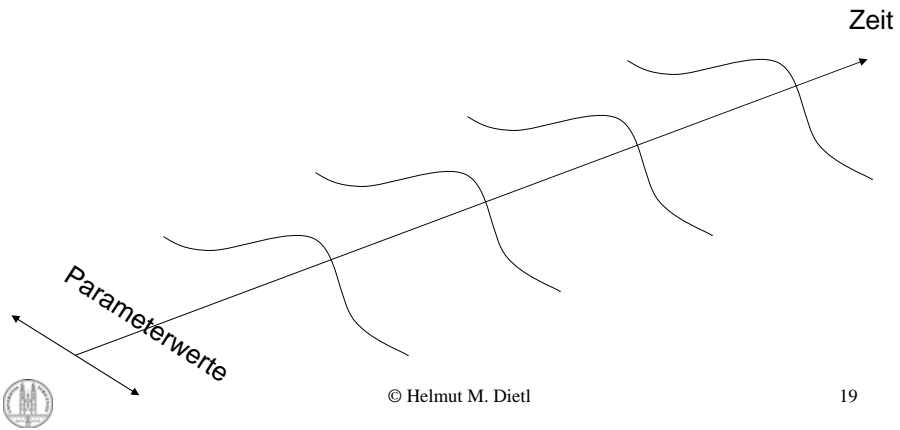


© Helmut M. Dietl

18

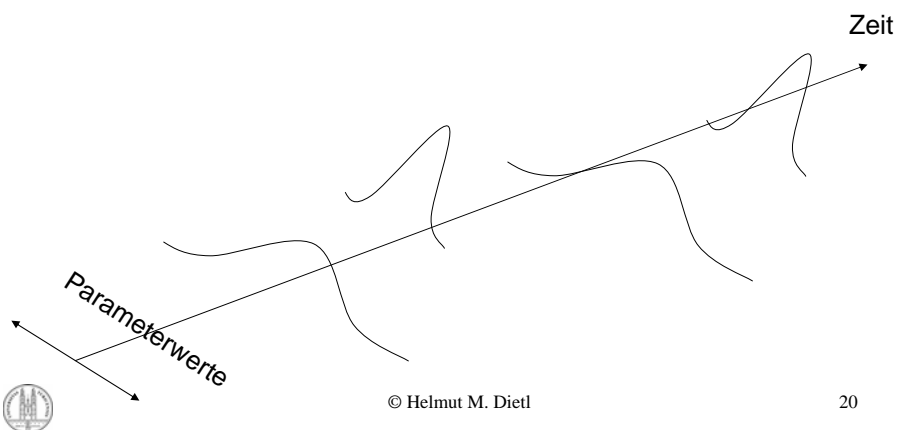
# Das Konzept statistischer Kontrolle

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



© Helmut M. Dietl

21

## 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*



© Helmut M. Dietl

22

# Control Chart: Symbole

$\mu$  = Mittelwert

$\sigma$  = Standardabweichung

$\bar{X}$  = Mittelwert einer Stichprobe

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

$R$  = Spannweite (range) einer Stichprobe

$\bar{R}$  = Mittelwert der Spannweite aller Stichproben



## $\bar{X}$ - 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	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
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.



© Helmut M. Dietl

25

n	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
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

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



© Helmut M. Dietl

26

# 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	Stich- proben- mittel	Stich- proben- 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



© Helmut M. Dietl

27

# Beispiel 1

## $\bar{X}$ - Chart

$$\bar{\bar{X}} = (0,47 + 0,53 + 0,58 + 0,45 + 0,65) / 5 = 0,536$$

$$UCL(\text{Obergrenze}) = 0,536 + 3(0,09 / \sqrt{4}) = 0,536 + 0,135 = 0,671$$

$$LCL(\text{Untergrenze}) = 0,536 - 0,135 = 0,401$$

=> Prozess ist hinsichtlich der Mittelwerte unter Kontrolle



© Helmut M. Dietl

28

# Beispiel 1

## R - Chart

$$\bar{R} = (0,28 + 0,22 + 0,19 + 0,22 + 0,12) / 5 = 0,206$$

$$UCL(\text{Obergrenze}) = 0 \times 0,206 = 0$$

$$LCL(\text{Untergrenze}) = 2,28 \times 0,206 = 0,47$$

=> 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

$$\bar{\bar{X}} =$$

$$\bar{R} =$$

$$UCL(\text{Obergrenze}) =$$

$$LCL(\text{Untergrenze}) =$$

$$\bar{R} =$$

$$UCL =$$

$$LCL =$$



## 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

=>





## 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

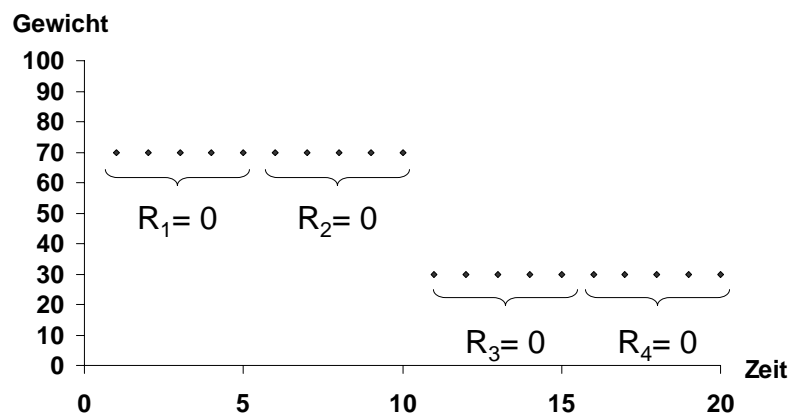
=>



© Helmut M. Dietl

33

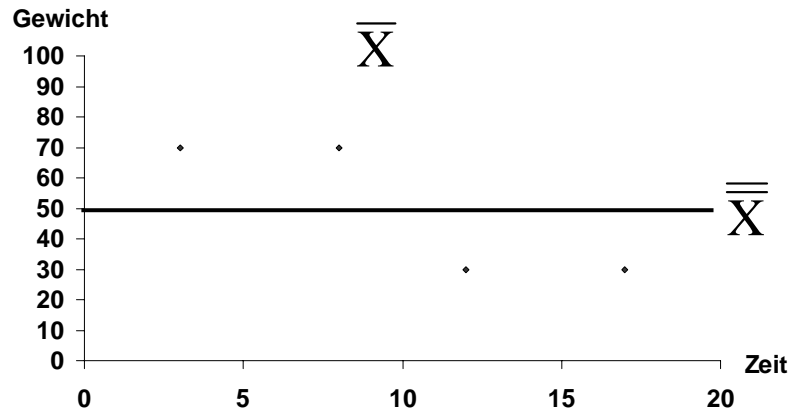
## Warum Control Charts funktionieren



© Helmut M. Dietl

34

## Warum Control Charts funktionieren



=> Prozess besteht den Test nicht! (Beachte:  $\bar{R} = 0$ )



© Helmut M. Dietl

35

## Kontrollgrenzen und 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



© Helmut M. Dietl

36

## 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)

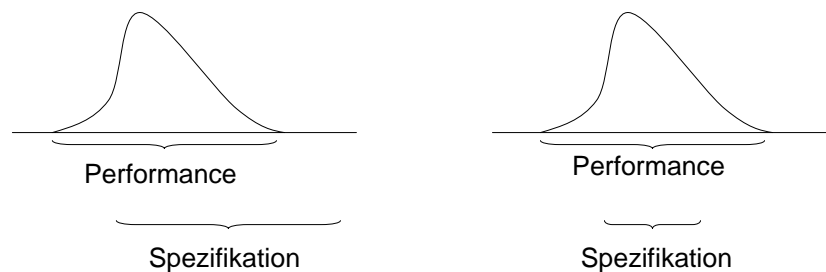


© Helmut M. Dietl

37

## Spezifikationsgrenzen vs. Performancegrenzen

**Unerwünschte Situation: Äußerst unerwünschte Situation:**

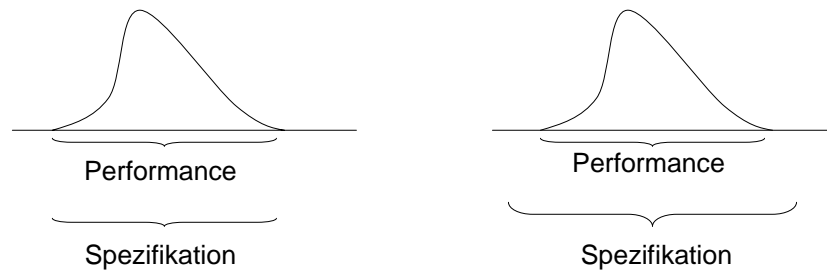


© Helmut M. Dietl

38

## Spezifikationsgrenzen vs. Performancegrenzen

Verwundbare Situation: Äußerst erstrebenswerte Situation:



© Helmut M. Dietl

39

## 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 capable, falls  $C_p \geq 1$   
Manche Unternehmen setzten  $C_p = 1.33$   
Motorola in den 80er Jahren:  $C_p = 2$

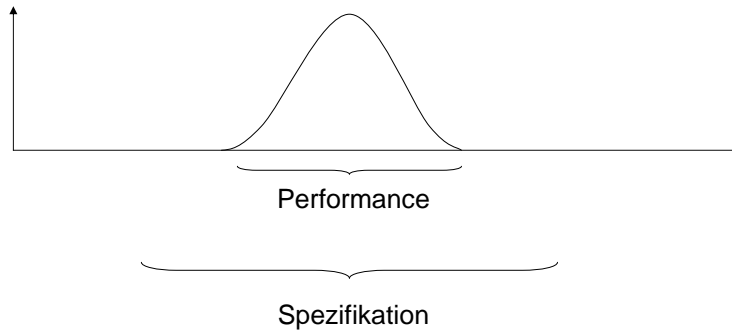


© Helmut M. Dietl

40

## Idealzustand: $C_p > 1$

Häufigkeit

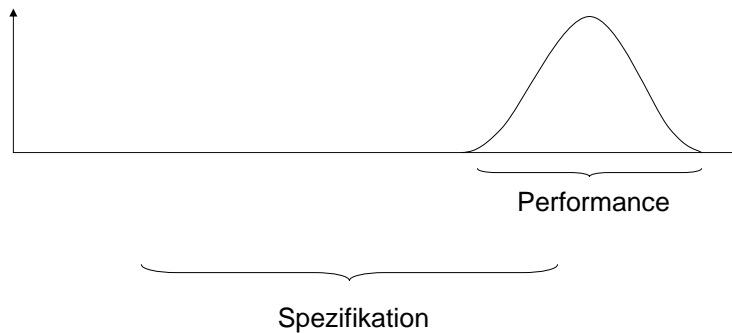


© Helmut M. Dietl

41

## Schlecht, aber lösbar: $C_p > 1$

Häufigkeit



© Helmut M. Dietl

42

# Nicht lösbar: $C_p \ll 1$

