



Universität
Zürich^{UZH}

Institut für Betriebswirtschaftslehre

Operations Management

Qualitätsmanagement

Prof. Dr. Helmut Dietl





Lernziele

Nach dieser Veranstaltung sollen Sie wissen,

- was man unter Qualitätsmanagement versteht,
- welche Ziele das Qualitätsmanagement verfolgt,
- welche Methoden der Qualitätssicherung existieren,
- was man unter statistischer Prozesssteuerung (SPC) versteht und wie man sie anwendet,
- was man unter Kontroll-, Performance- und Spezifikationsgrenzen versteht,
- was der Process Capability Index besagt und wie man ihn berechnet.



Qualität: Konsument vs. Produzent

Konsument:

- Erfüllung der Erwartungen
- Gebrauchsfähigkeit
- Zweckdienlichkeit
- Erfüllung der Produkt-/Serviceanforderungen

Produzent:

- Einhaltung der Produkt-/Servicespezifikationen

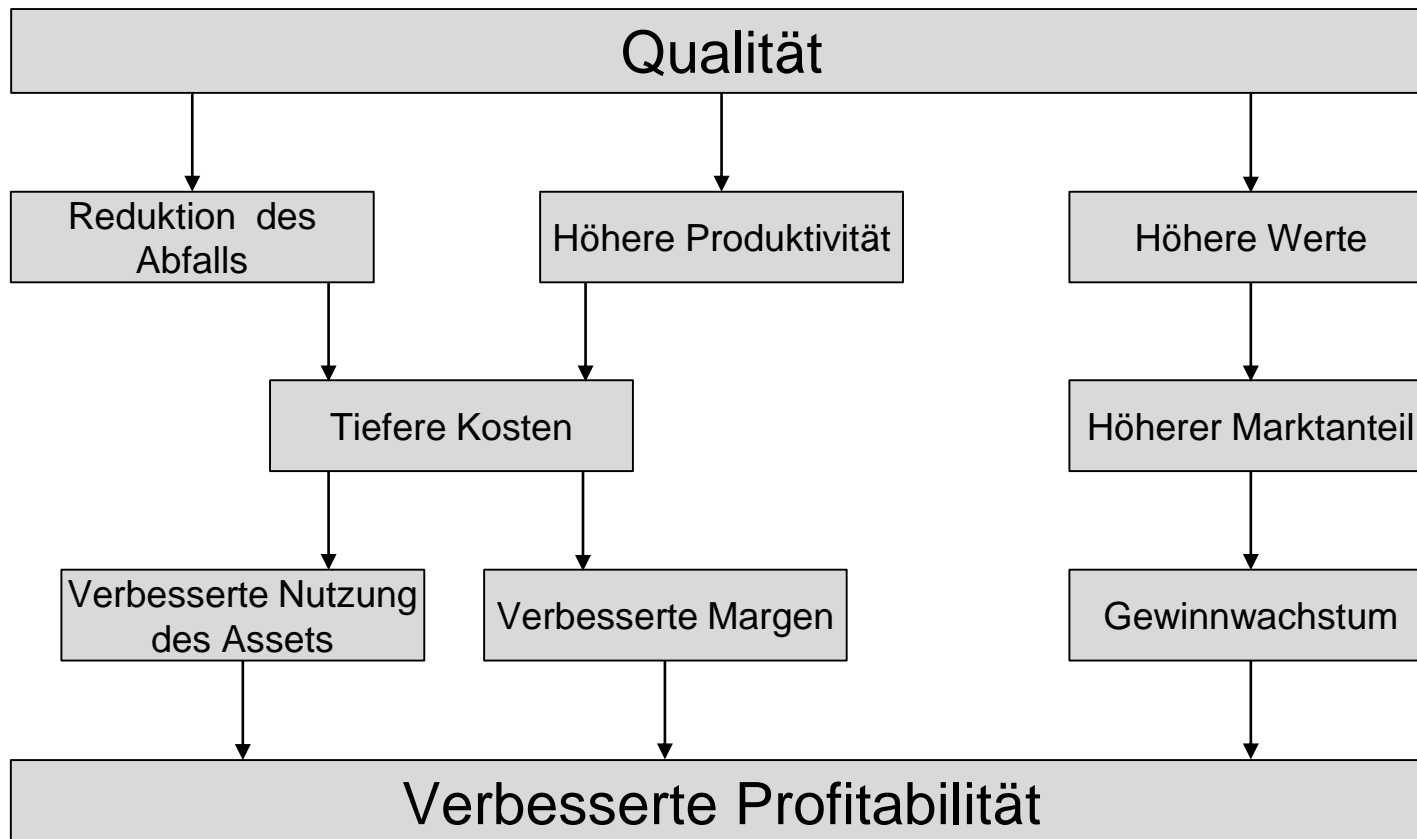


Qualität entsteht durch

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



Qualität und Profitabilität





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

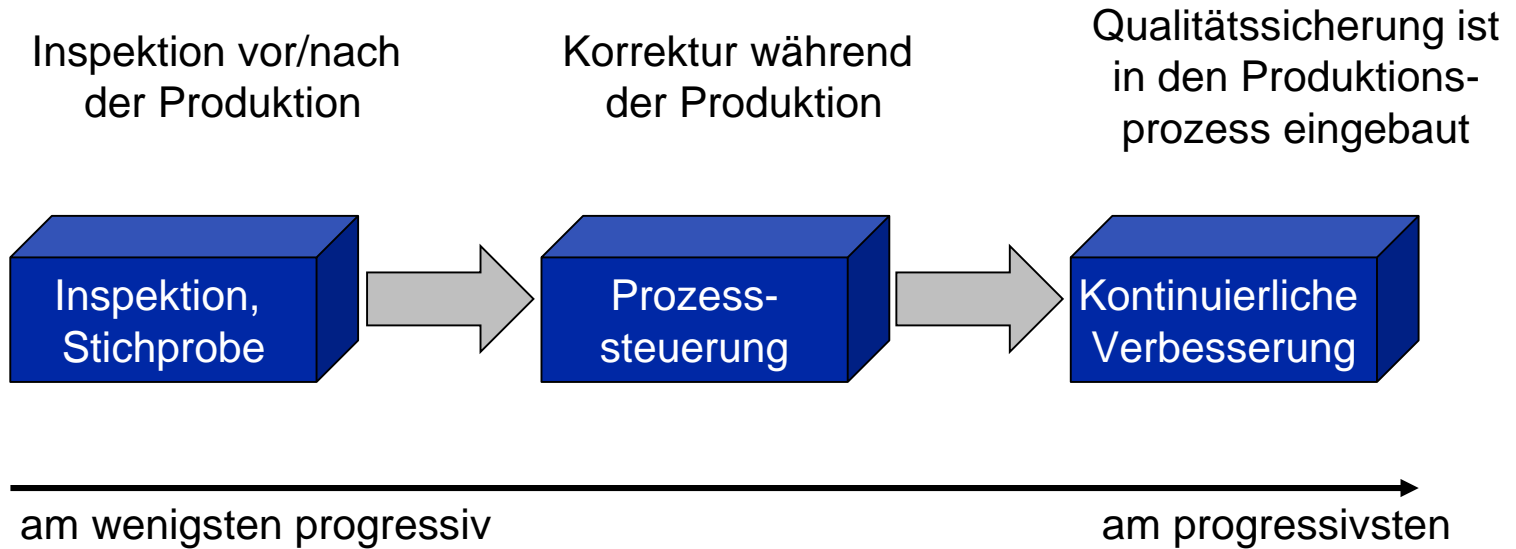
- Kontrollkosten
- Inspektionskosten
- Fehlerdiagnose

Marktvorteile

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



Qualitätssicherung





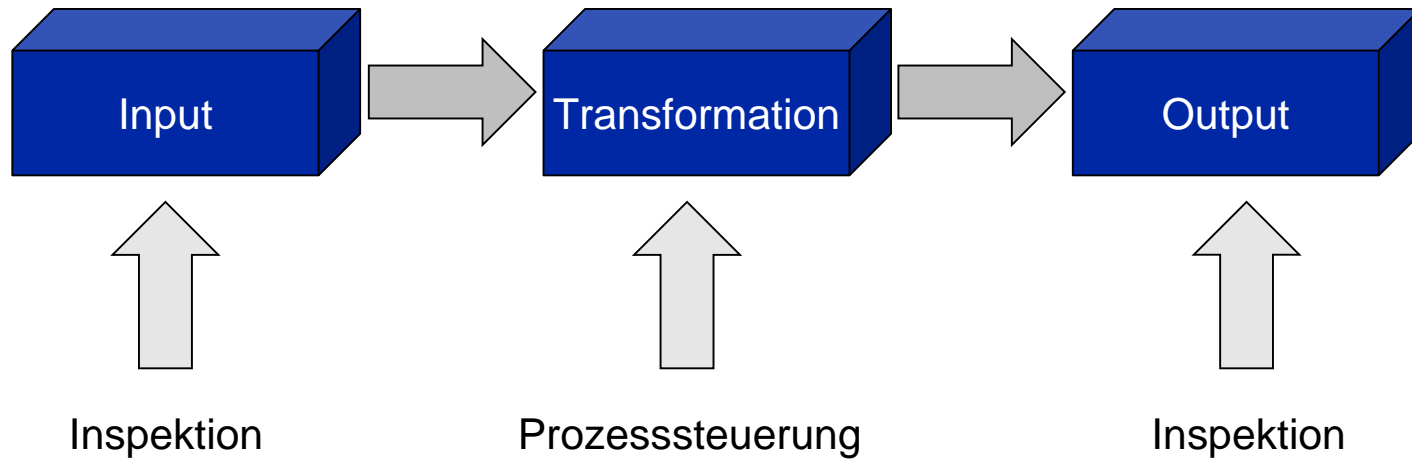
Ziele des Qualitätsmanagements

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

Wie erreichen wir diese Ziele?



Inspektion vs. Prozesssteuerung





Möglichkeit 1: Inspektion

Grundidee: Selektiere schlechte Qualität aus, *bevor* sie den Kunden erreicht

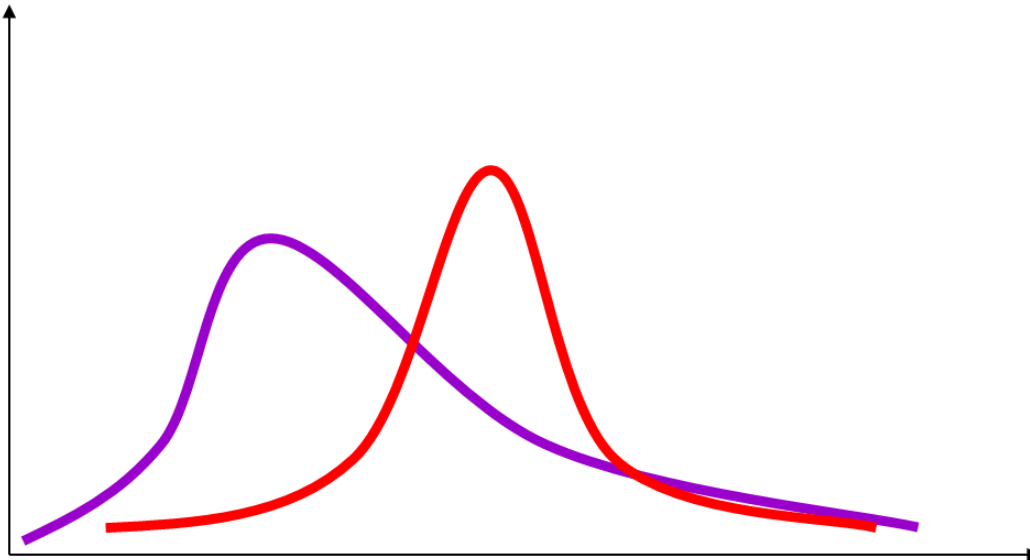
Inspektion kann sehr teuer sein

- Inspektionskosten
 - Direkt: Inspektionspersonal, Geräte
 - Indirekt: Ausschuss, Kapazitätsverlust
- Ungeeignet in Branchen mit
 - geringen Gewinnmargen
 - integraler Produktarchitektur
 - hohen Opportunitätskosten der Produktionskapazität



Stichprobentheorie

Mit zunehmendem Stichprobenumfang nähert sich die Verteilung des Stichprobenmittelwertes unabhängig von der Verteilung der Grundgesamtheit der Normalverteilung an.

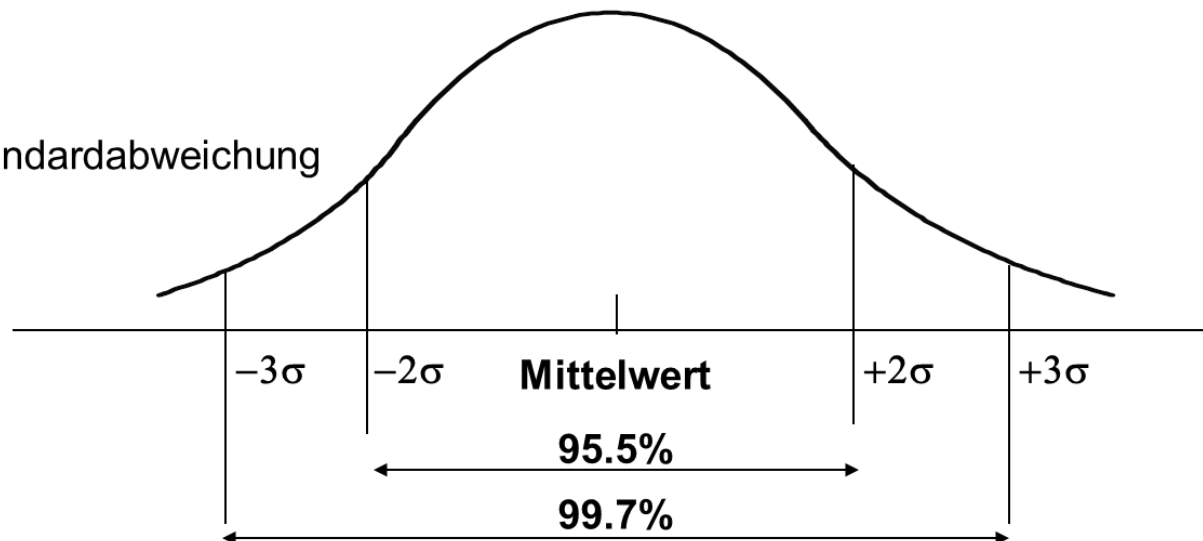




Verteilungsannahmen

Normalverteilung

σ = Standardabweichung





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)



Stichprobenterminologie

	Grundgesamtheit wird angenommen	Grundgesamtheit wird zurückgewiesen
Grundgesamtheit ist «gut»	o.k.	Produzentenrisiko α bzw. Typ 1 Fehler
Grundgesamtheit ist «schlecht»	Konsumentenrisiko β bzw. Typ 2 Fehler	o.k.



Möglichkeit 2: Prozesssteuerung (1/3)

Grundidee: Steuern den Prozess, der die Qualität erzeugt

- SPC (Statistical Process Control)
- 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 des AQL (acceptable quality level)?



Möglichkeit 2: Prozesssteuerung (2/3)

- Identifikation der Ursachen der Prozessschwankungen
 - Allgemeine Ursachen (zufällige Schwankungen)
 - sind prozessimmanent
 - Vermeidung erfordert Veränderung des gesamten Prozessdesigns
 - Besondere Ursachen (systematische Schwankungen)
 - beruhen auf vermeidbaren Fehlern (z.B. menschliches Versagen)
 - Vermeidung erfordert keine Veränderung des gesamten Prozessdesigns

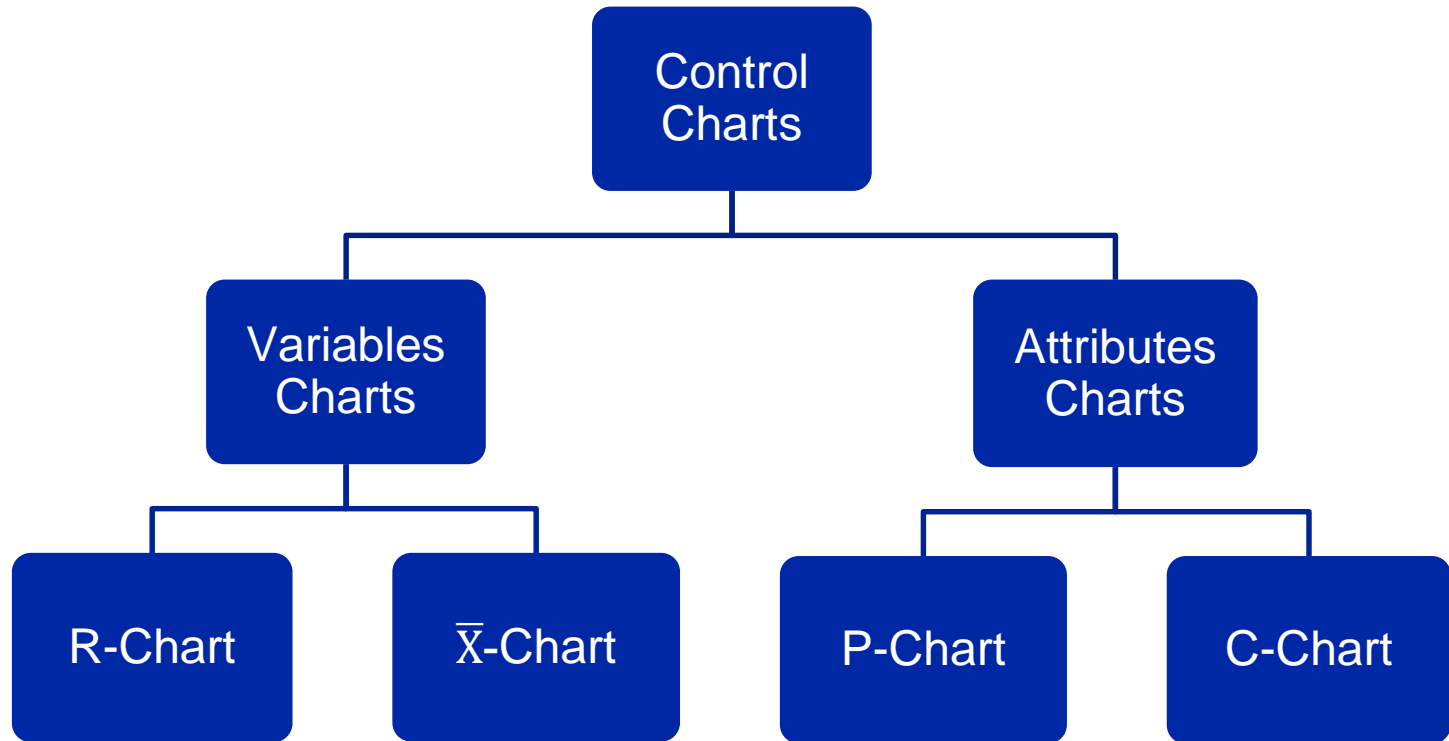


Möglichkeit 2: Prozesssteuerung (3/3)

- Ermittlung der Prozessfähigkeiten
 - Welches Qualitätsniveau kann der Produktionsprozess verlässlich erreichen?
- Institutionalisierung formaler Methoden zur kontinuierlichen Diagnose und Beseitigung von Prozessmängeln

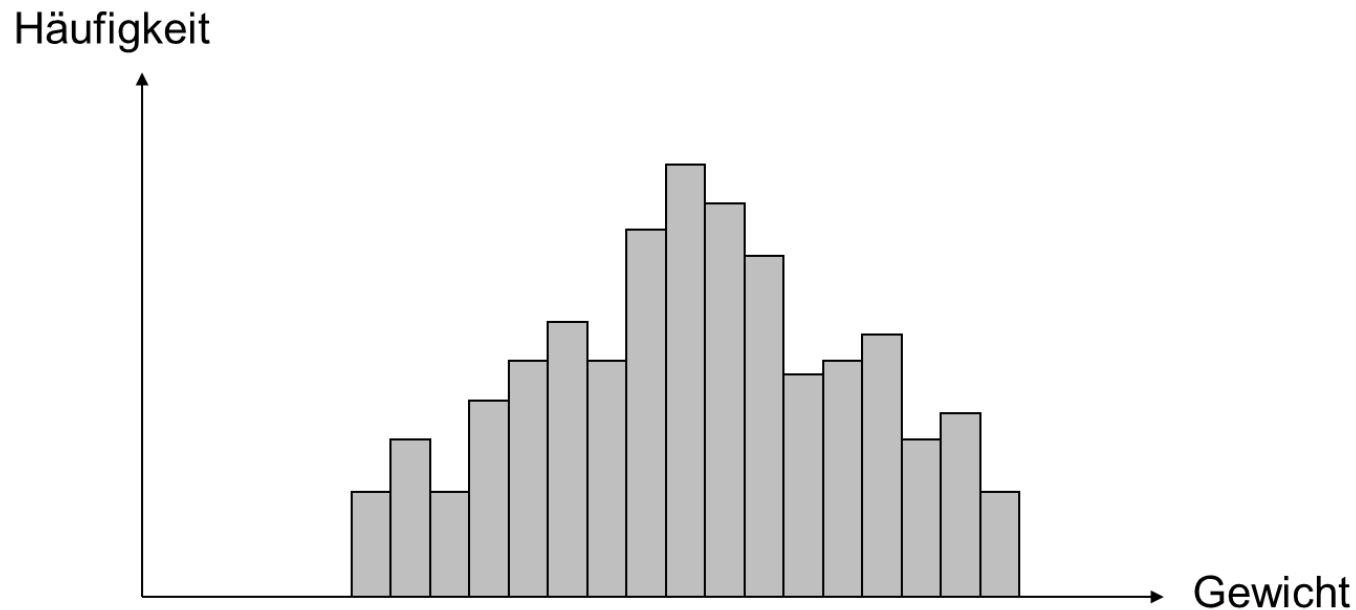


Control Charts im Überblick





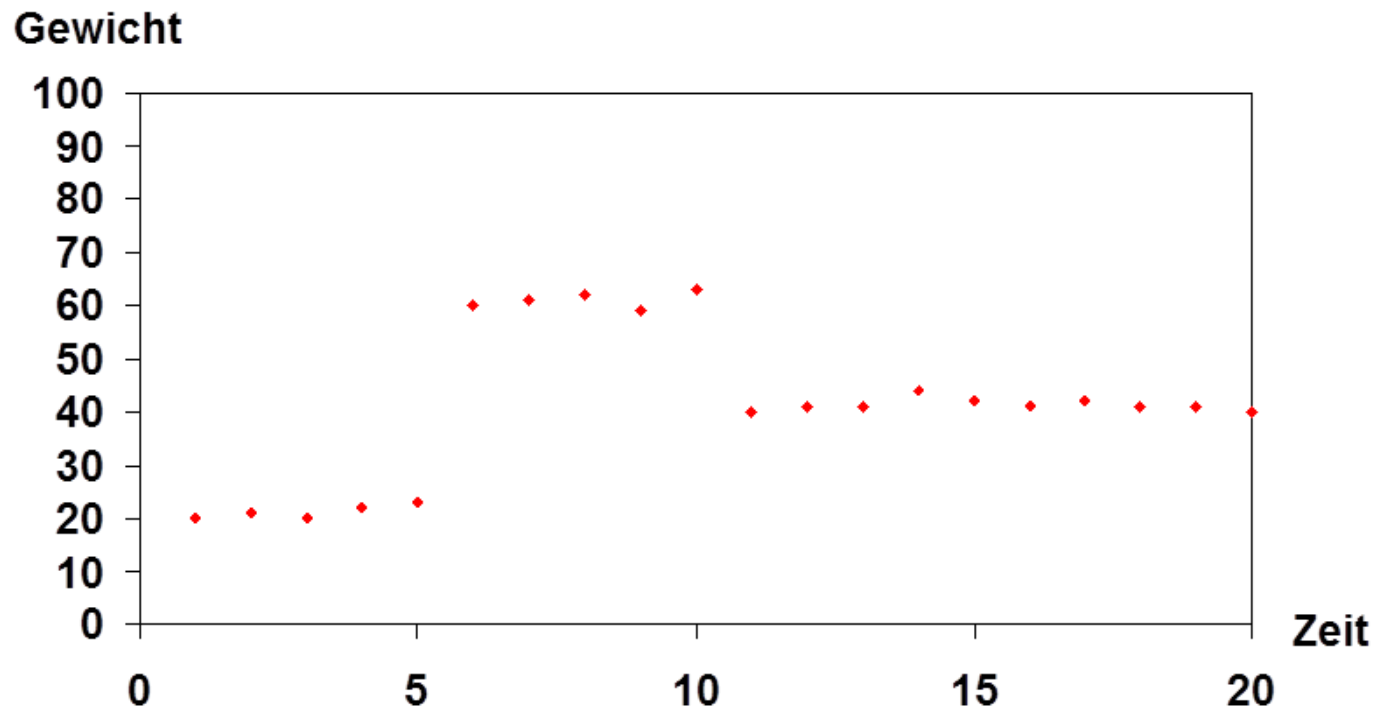
Beispiel: Gewichtskontrolle



Problem: Histogramme können die Qualitätsabweichungen nicht im Zeitablauf darstellen



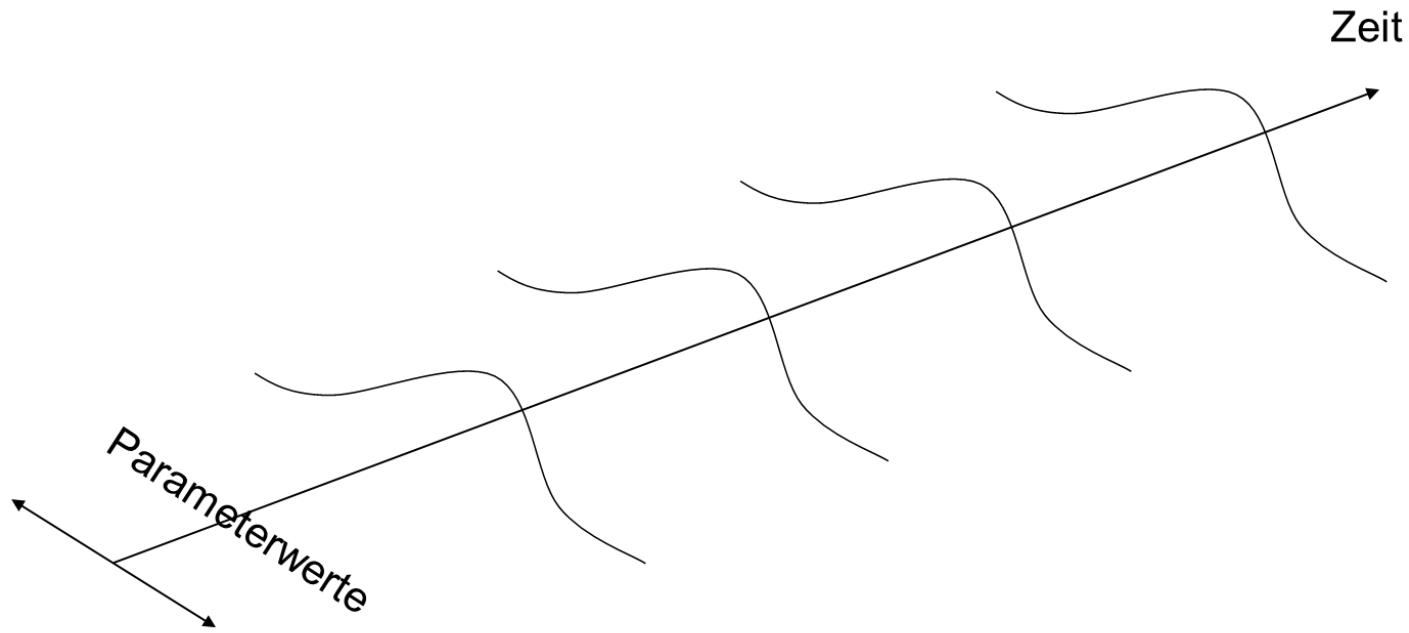
Beispiel: Gewichtskontrolle





Das Konzept statistischer Kontrolle

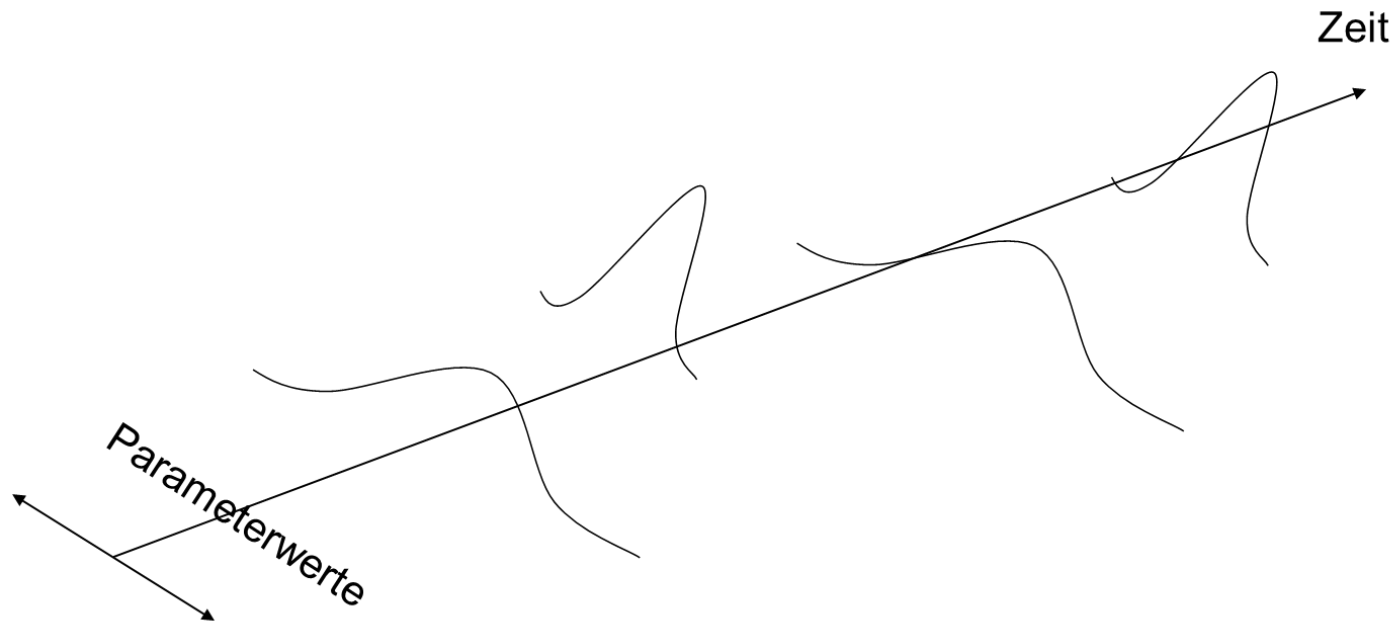
Dieser Prozess ist unter statistische Kontrolle, da die Parameterverteilung im Zeitablauf **konstant** bleibt.





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



- **Ziele:**
 - In sich möglichst homogene, untereinander möglichst heterogene Stichproben
- **Kriterien zur Bildung der Stichproben**
 - Konstante Umweltbedingungen innerhalb einer Stichprobe
 - Konstante Materialien innerhalb einer Stichprobe
 - Konstantes Personal (z.B. eine Schicht)

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



Control Chart: Symbole

μ = Mittelwert

σ = Standardabweichung

n = Stichprobenumfang

\bar{X} = Mittelwert einer Stichprobe

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

R = Spannweite (range) einer Stichprobe

\bar{R} = Mittelwert der Spannweiten 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

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

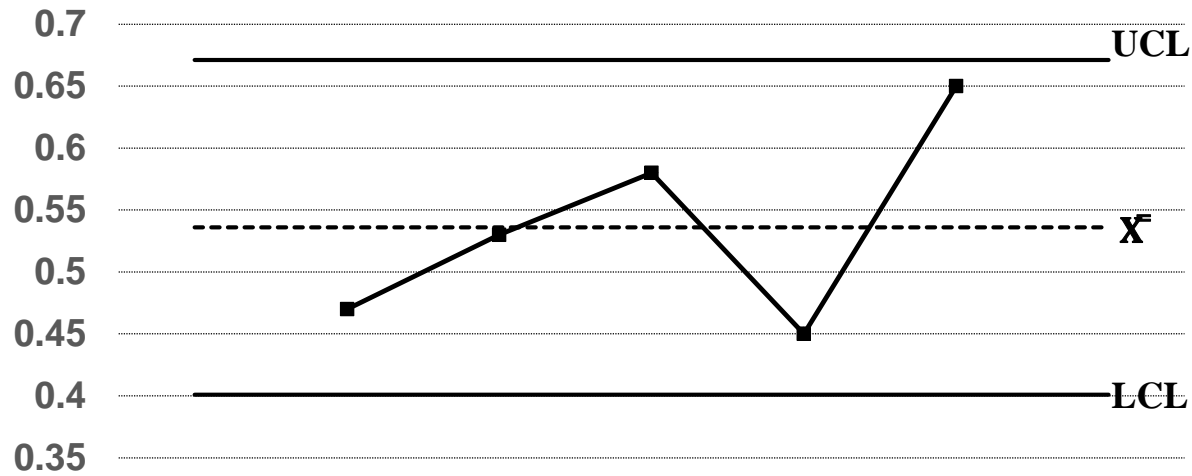


Beispiel 1

- 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- spanweite
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

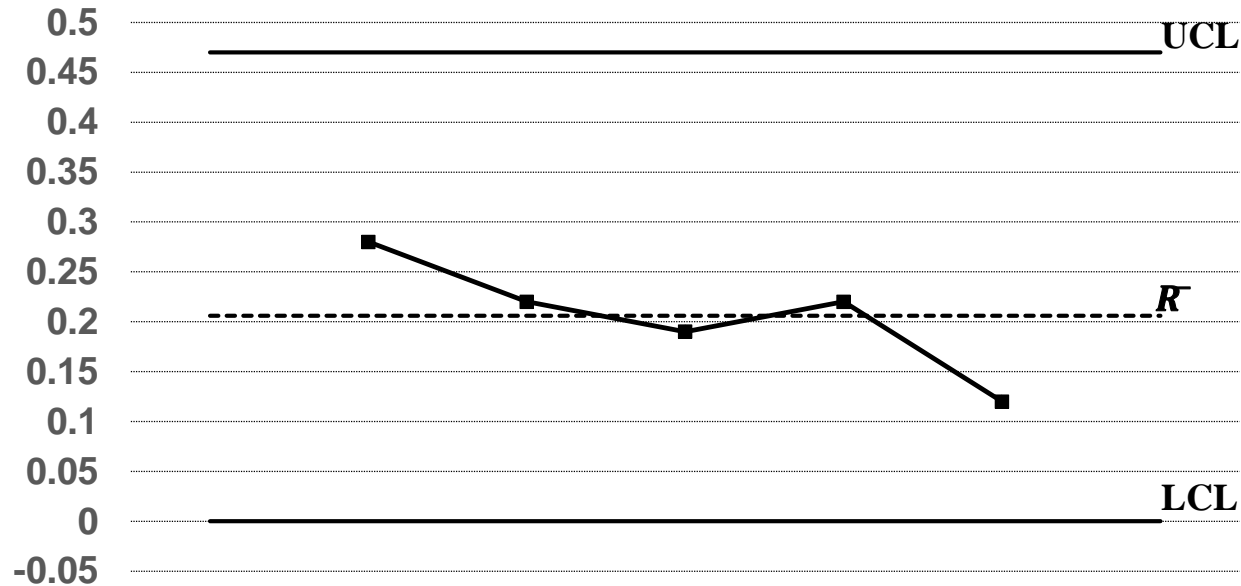
Beispiel 1: \bar{X} -Chart



- $\bar{X} = \frac{0.47+0.53+0.58+0.45+0.65}{5} = 0.536$
- UCL (Obergrenze) = $0.536 + 3 * \left(\frac{0.09}{\sqrt{4}}\right) = 0.536 + 0.135 = 0.671$
- LCL (Untergrenze) = $0.536 - 3 * \left(\frac{0.09}{\sqrt{4}}\right) = 0.536 - 0.135 = 0.401$

→ 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 Spannweiten unter Kontrolle



Beispiel 2

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

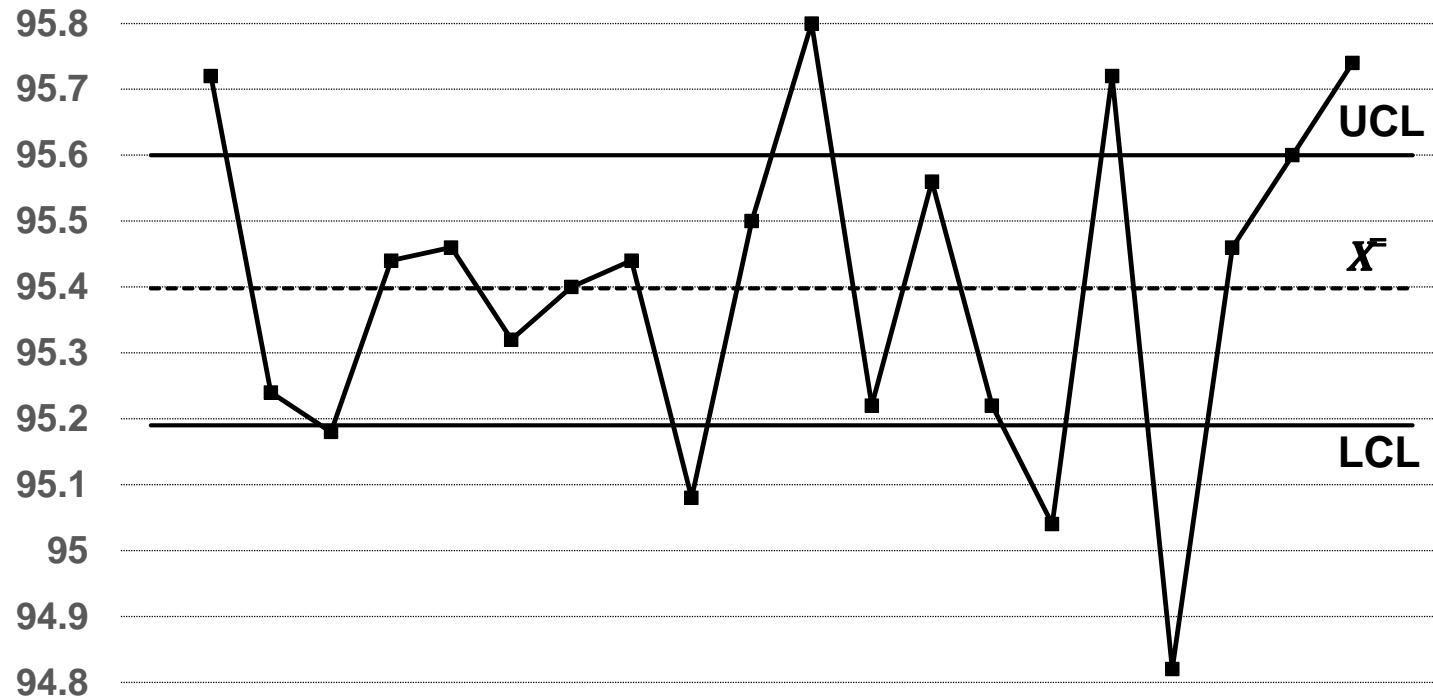
Sample	Average	Range	Sample	Average	Range
1	95.72	1.0	11	95.80	0.6
2	95.24	0.9	12	95.22	0.2
3	95.18	0.8	13	95.56	1.3
4	95.44	0.4	14	95.22	0.5
5	95.46	0.5	15	95.04	0.8
6	95.32	1.1	16	95.72	1.1
7	95.40	0.9	17	94.82	0.6
8	95.44	0.3	18	95.46	0.5
9	95.08	0.2	19	95.60	0.4
10	95.50	0.6	20	95.74	0.6



Beispiel 2

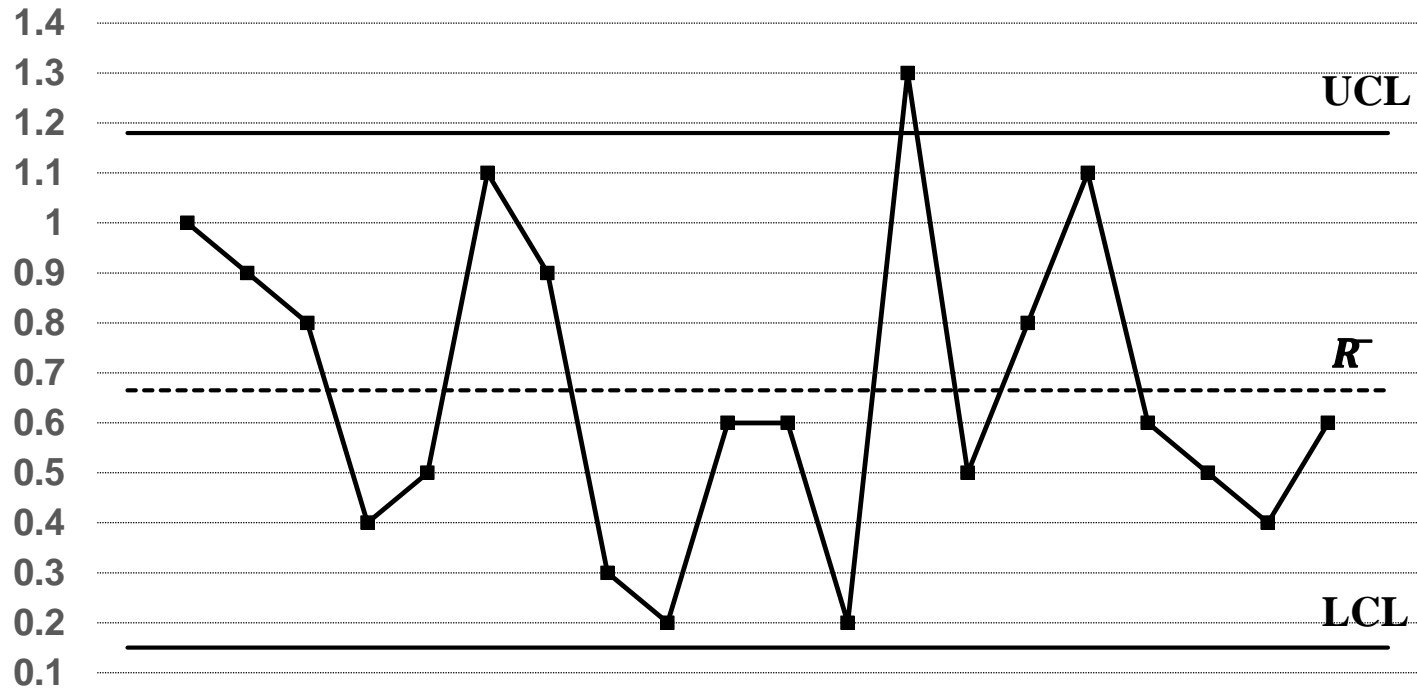
- $\bar{\bar{X}} = 95.398$
- $\bar{R} = 0.665$
- $UCL (\bar{X} - \text{Chart}) = 95.398 + 0.31 * 0.665 = 95.60$
- $LCL (\bar{X} - \text{Chart}) = 95.398 - 0.31 * 0.665 = 95.19$
- $UCL (R - \text{Chart}) = 1.78 * 0.665 = 1.18$
- $LCL (R - \text{Chart}) = 0.22 * 0.665 = 0.15$

Beispiel 2: \bar{X} -Chart



→ Prozess ist hinsichtlich der Mittelwerte nicht unter Kontrolle

Beispiel 2: R-Chart

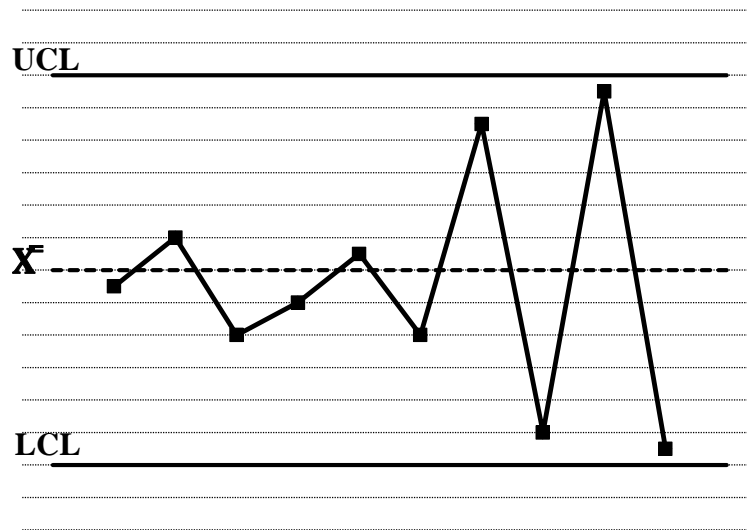


→ Prozess ist hinsichtlich der Spannweiten nicht unter Kontrolle

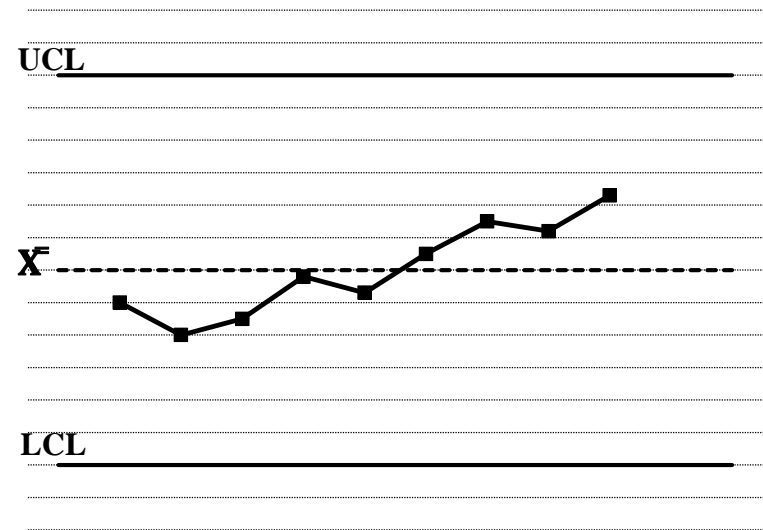


Problematische Prozesse erkennen mit Control Charts

Prozess A)



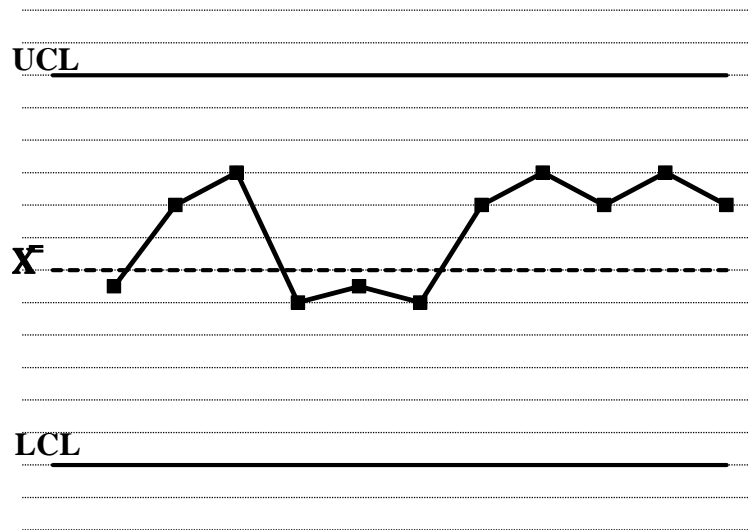
Prozess B)



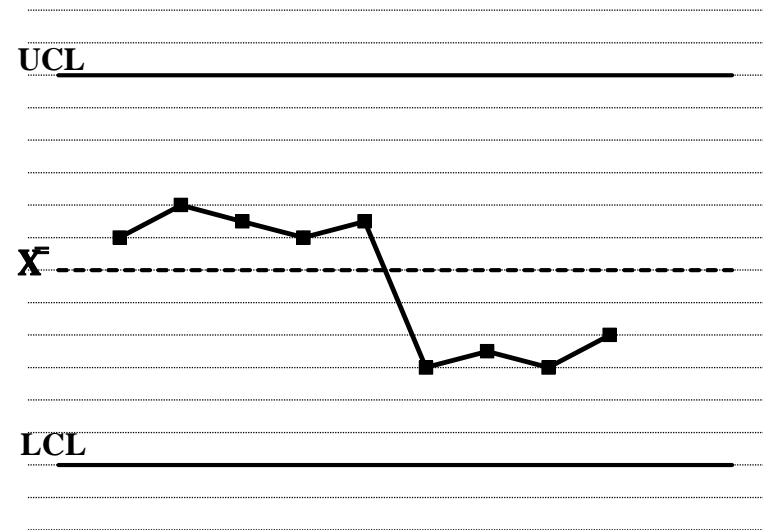


Problematische Prozesse erkennen mit Control Charts

Prozess C)



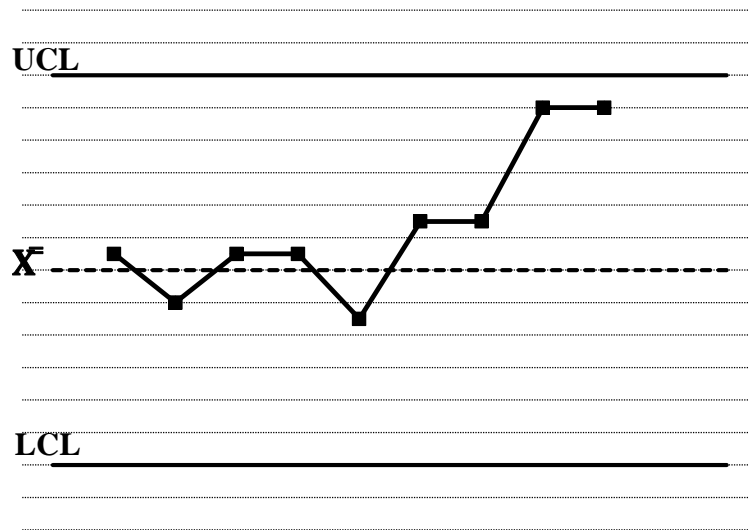
Prozess D)



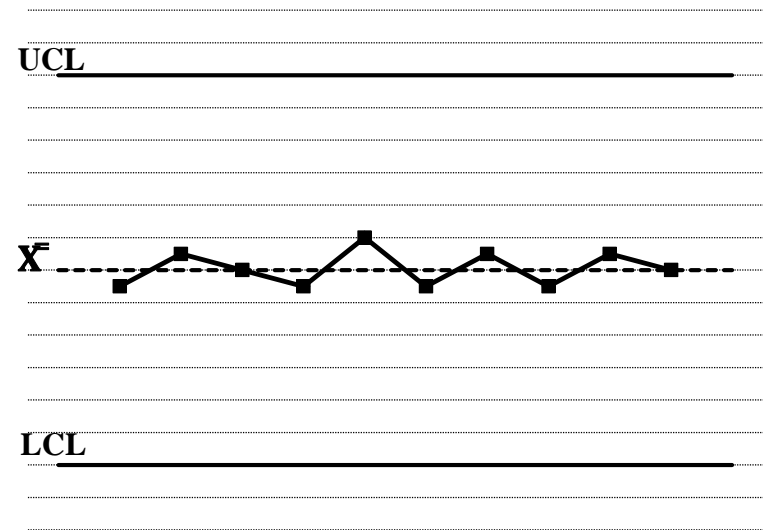


Problematische Prozesse erkennen mit Control Charts

Prozess E)



Prozess F)





Performancegrenzen

Kontrollgrenzen

- dienen dazu, allgemeine und spezielle Abweichungsursachen zu identifizieren
- basieren auf tatsächlichen Prozessdaten
- werden mit Hilfe von Stichproben 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



Prozessfähigkeit (Process Capability)

Spezifikationsgrenzen

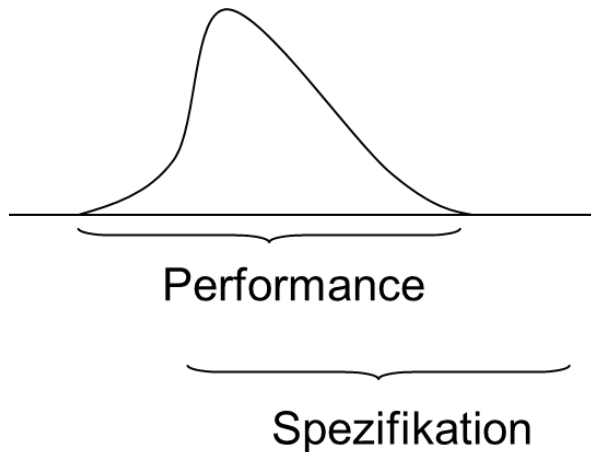
- Beschreiben wünschenswerte Toleranzbereiche
- Verkörpern die Qualitätsansprüche der Kunden

Prozessfähigkeiten

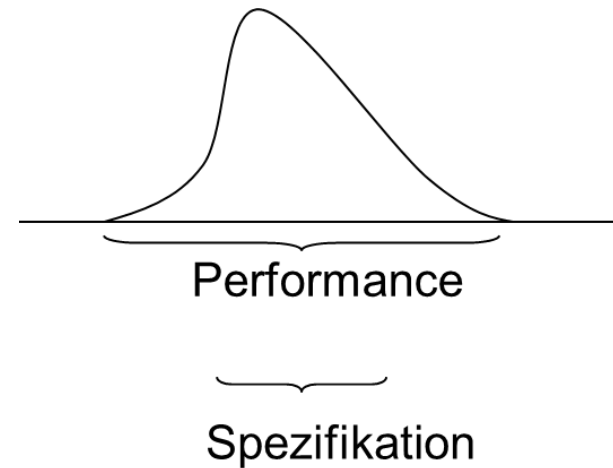
- Können nur für Prozesse, die unter Kontrolle sind, bestimmt werden. Bei Vorliegen unkontrollierter Spezialeinflüsse können die Prozessfähigkeiten nicht verlässlich prognostiziert werden.
- Ein Prozess, der unter Kontrolle ist, besitzt die Fähigkeit, innerhalb der Performancegrenzen zu bleiben.
- Aber: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

Spezifikationsgrenzen vs. Performancegrenzen

Unerwünschte Situation:

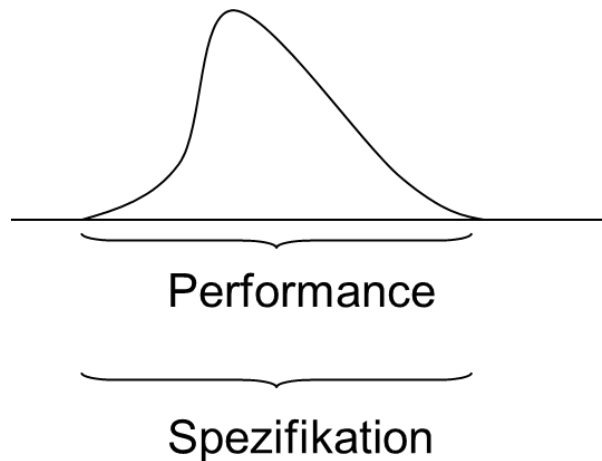


Äusserst unerwünschte Situation:

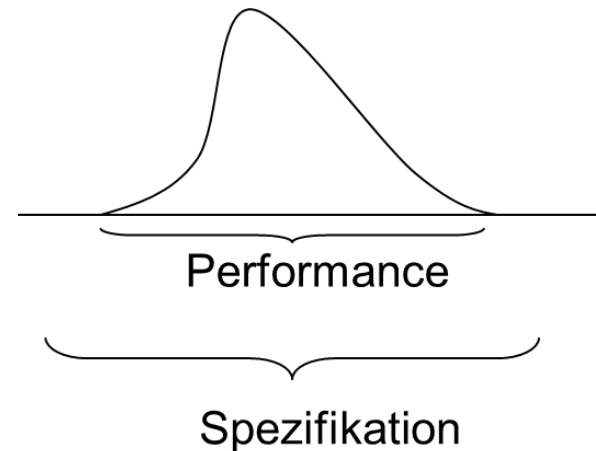


Spezifikationsgrenzen vs. Performancegrenzen

Verwundbare Situation:



Äusserst erstrebenswerte Situation:





Process Capability Index (Fähigkeitsindex)

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

bzw.

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

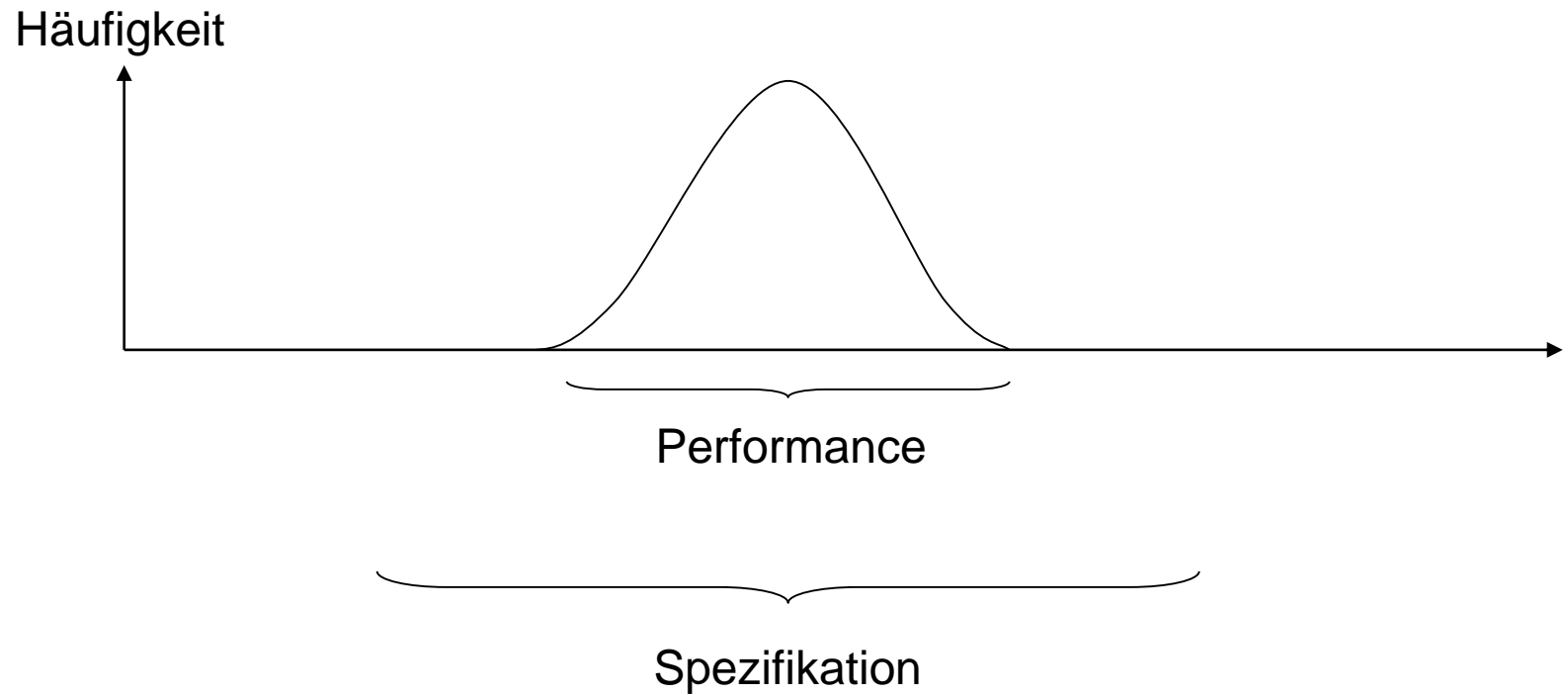
Prozess ist fähig (capable), falls $C_P \geq 1$

Manche Unternehmen setzen $C_P = 1.33$

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

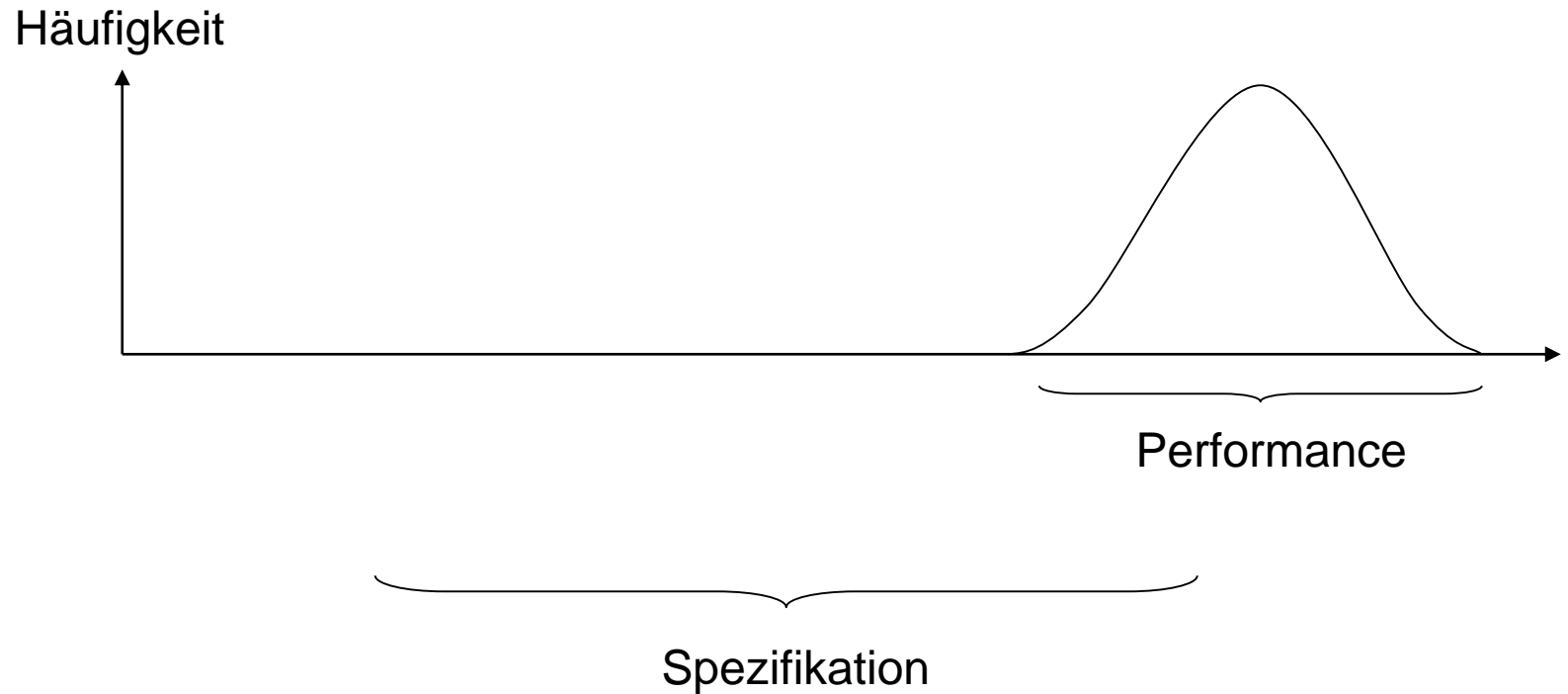


Idealzustand: $C_p > 1$





Schlecht, aber lösbar: $C_p > 1$





Nicht lösbar: $C_p \ll 1$

