

Kapazitätsplanung bei Zentrenproduktion

Vorteile

- ▶ kurze Transportwege und -zeiten, geringer Transportkapazitätsbedarf
- ▶ geringe Umrüstzeiten
- ▶ niedrige Losgrößen, geringe Lagerbestände, kurze Durchlaufzeiten
- ▶ hohe Flexibilität
- ▶ einfache Produktionssteuerung
- ▶ Motivation
- ▶ geringes Investitionsvolumen bei Produktion mit konventioneller Technologie

Planungsschritte:

- ▶ Identifizierung von Erzeugnisfamilien
- ▶ Auswahl der Arbeitssysteme
- ▶ Auswahl des Planungs- und Steuerungssystems
- ▶ Auswahl, Schulung und Motivation der Mitarbeiter

Identifizierung von Erzeugnisfamilien

| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| M1 | | | X | | X | |
| M2 | | X | X | | | |
| M3 | X | | | X | | |
| M4 | | X | X | | X | |
| M5 | X | | | X | | X |

| | M5 | M3 | M4 | M2 | M1 |
|----|----|----|----|----|----|
| E1 | X | X | | | |
| E4 | X | X | | | |
| E6 | X | | | | |
| E3 | | | X | X | X |
| E2 | | | X | X | |
| E5 | | | X | | X |

Die trennscharfe Identifizierung von Erzeugnisfamilien gelingt nicht immer.

Beispiel Erzeugnisfamilienidentifikation und Inselbildung

| | Fräsen | Drehen | Bohren | Entgraten | Waschen |
|----|--------|--------|--------|-----------|---------|
| E1 | X | X | X | | |
| E3 | | X | X | | |
| E2 | X | | | X | X |
| E4 | | | | X | X |

Entscheidungsvariablen bei der Konfiguration eines FFS

► Produkte

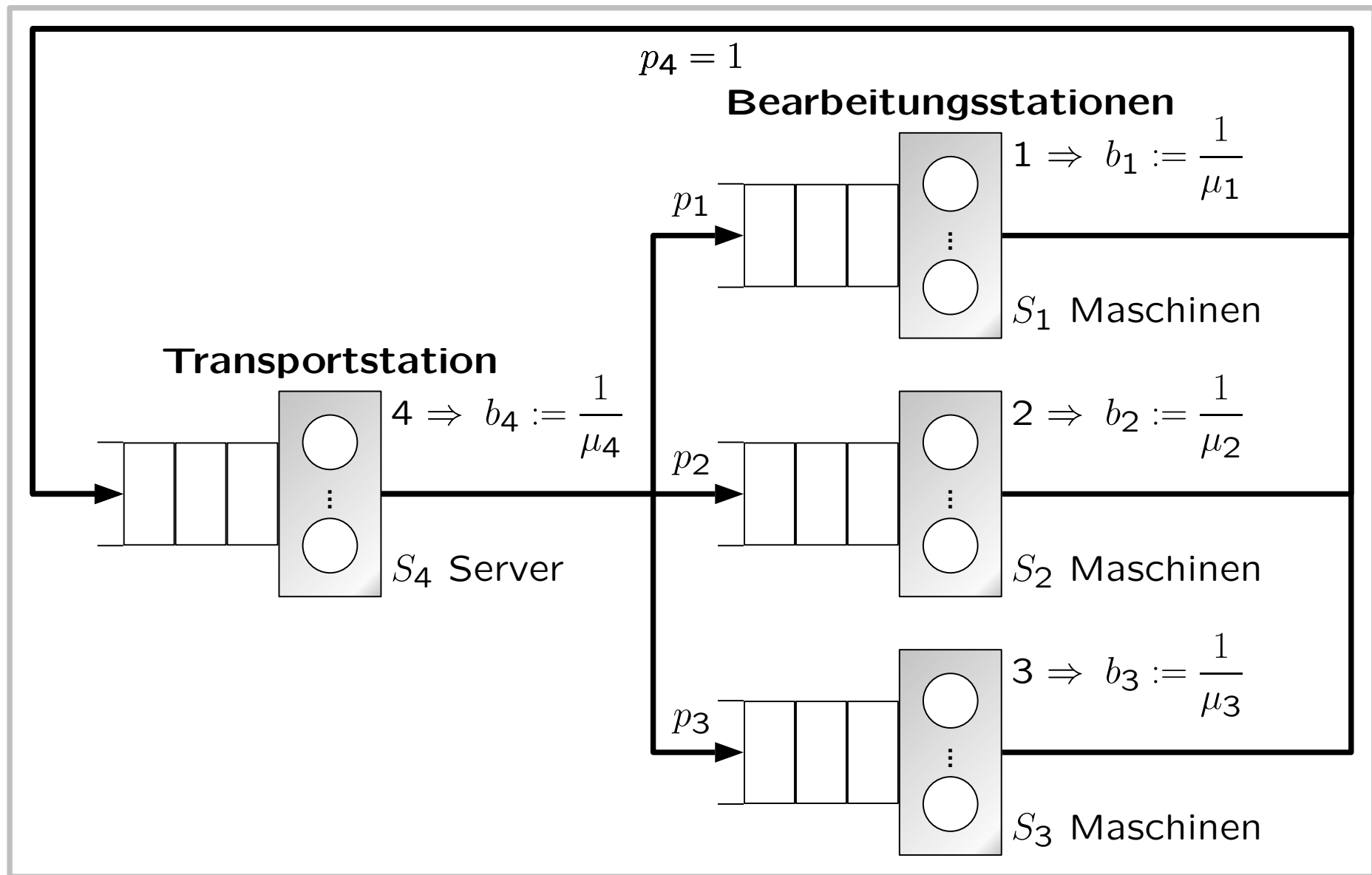
- ▷ Art der Produkte
- ▷ Produktionsmengen der einzelnen Produkte
- ▷ Struktur der Bearbeitungsprozesse (Arbeitspläne)
- ▷ Mix der Bearbeitungsprozesse

Entscheidungsvariablen bei der Konfiguration eines FFS

- ▶ Produkte
- ▶ Komponenten
 - ▷ Art und Anzahl der einzusetzenden Maschinen
 - ▷ Art und Anzahl der Be- und Entladestationen (Spannplätze)
 - ▷ Art und Kapazität der Transportsysteme für Werkstücke und Werkzeuge
 - ▷ Art und Anzahl der Pufferplätze und der Zwischenlager
 - ▷ Art und Kapazität des Werkzeugversorgungssystems
 - ▷ Art und Anzahl der benötigten Werkstückträger (Paletten) und Vorrichtungen

Entscheidungsvariablen bei der Konfiguration eines FFS

- ▶ Produkte
- ▶ Komponenten
- ▶ Strukturen
 - ▷ Layout des FFS
 - ▷ Aufbau und Struktur des Planungs- und Steuerungssystems
 - ▷ Umfang und Qualifikation des Bedienpersonals



(vgl. Günther/Tempelmeier (2012))

Leistungsanalyse mit

- ▶ analytischen Methoden (Warteschlangentheorie)
- ▶ Simulation
- ▶ Praxisansatz: „Statische Analyse“

Annahme: Der Engpass ist zu 100 % ausgelastet.

Datenaufbereitung:

- ▷ Routing-Wahrscheinlichkeiten zur Station m : p_m
- ▷ mittlere Bearbeitungszeiten an Station m : b_m
- ▷ Anzahl Server (Maschinen) an Station m : S_m

Engpass: Station mit der größten Arbeitslast ($p_m \cdot b_m$) pro Server

$$\text{Engpass } e = \arg \max_m \left\{ \frac{p_m \cdot b_m}{S_m} \right\}$$

Produktionsrate der Station m :

$$\frac{X_m}{X_e} = \frac{p_m}{p_e} \iff X_m = \frac{p_m}{p_e} \cdot X_e$$

Beispiel CQN-basierte Leistungsanalyse bei einem FFS

- ▶ Routing-Wahrscheinlichkeiten zur Station m : p_m
- ▶ mittlere Bearbeitungszeiten an Station m : b_m
- ▶ Anzahl Server (Maschinen) an Station m : S_m

Engpass: Station mit der größten Arbeitslast ($p_m \cdot b_m$) pro Server

$$\text{Engpass } e = \arg \max_m \left\{ \frac{p_m \cdot b_m}{S_m} \right\}$$

Produktionsrate der Station m :

$$\frac{X_m}{X_e} = \frac{p_m}{p_e} \iff X_m = \frac{p_m}{p_e} \cdot X_e \text{ mit } X_e = \frac{S_e}{b_e} \text{ und } U_m = \frac{b_m \cdot X_m}{S_m}$$

| | m | S_m | b_m | p_m | $w_m = \frac{p_m \cdot b_m}{S_m}$ | \hat{X}_m | \hat{U}_m | X_m | U_m |
|-----------|-----|-------|--------|-------|-----------------------------------|-------------|-------------|----------|---------|
| Station 1 | 1 | 1 | 90.00 | 0.5 | 45.000 | 0.006466 | 58.19 % | 0.005881 | 52.93 % |
| Station 2 | 2 | 1 | 295.67 | 0.1 | 29.567 | 0.001293 | 38.23 % | 0.001176 | 34.77 % |
| Station 3 | 3 | 1 | 193.33 | 0.4 | 77.332 | 0.005172 | 100.00 % | 0.004704 | 90.95 % |
| Transport | 4 | 1 | 5.90 | 1.0 | 5.900 | 0.012931 | 7.63 % | 0.011761 | 6.94 % |

Qualitätsmanagement

- ▶ ... ist kaufentscheidender Faktor
- ▶ ... ist Wettbewerbsfaktor
- ▶ ... rechtfertigt i. d. R. einen höheren Absatzpreis

⇒ Wertschöpfungsbeitrag

- ▶ **funktionale Qualität** (Gebrauchstauglichkeit, „*fitness for use*“)
 - ▷ „*quality of performance*“
 - ▷ „*quality of design*“
- ▶ **fertigungsbezogene Qualität** (Ausführungsqualität, Präzision)
 - ▷ „*quality of conformance*“
- ▶ **ästhetische Qualität** (äußere Gestaltung)

- ▶ Fehlerverhütungskosten
- ▶ Prüfkosten
- ▶ Fehlerfolgekosten

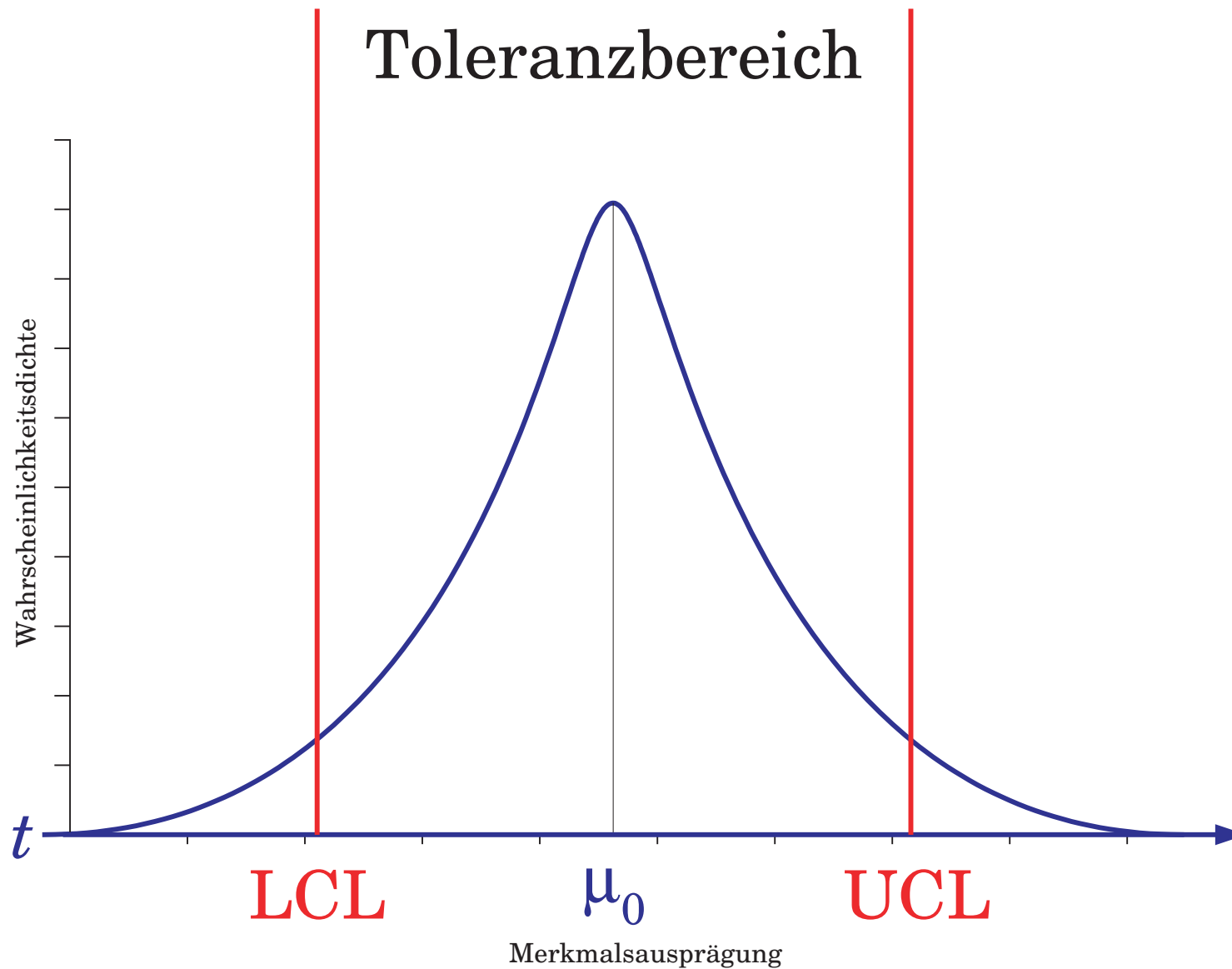
Statistische Qualitätskontrolle

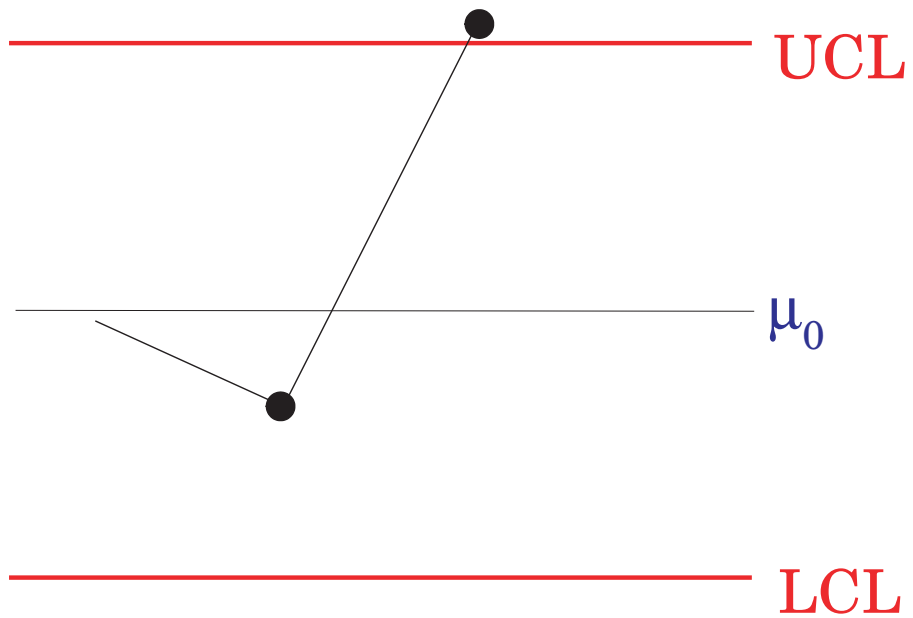
- ▶ Was ? Welche Größen ?
 - ▷ Attribute
 - ▷ Variablen

- ▶ Wieviel ?
 - ▷ Totalkontrolle: jedes Einzelstück
 - ▷ Partialkontrolle: Stichproben
 - Fehler erster und zweiter Art

- ▶ Anwendungsbereiche
 - ▷ Produktkontrolle (Abnahmeprüfung)
 - ▷ Prozesskontrolle

Statistische Prozesskontrolle





Kontrollgrenzen

$$UCL = \mu_0 + z(n, \alpha) \cdot \sigma_0$$

$$LCL = \mu_0 - z(n, \alpha) \cdot \sigma_0$$

Bestimmung von μ_0

$$x_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{it}$$

Stichprobenmittelwert

$$x = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_t = \hat{\mu}_0$$

Mittelwert der Stichprobenmittelwerte

Kontrollgrenzen

$$UCL = \mu_0 + z(n, \alpha) \cdot \sigma_0$$

$$LCL = \mu_0 - z(n, \alpha) \cdot \sigma_0$$

Bestimmung von σ_0 — Standardabweichung

$$s_t = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{it} - \bar{x}_t)^2}$$

Stichprobenstandardabweichung

$$s = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T s_t = \hat{\sigma}_0$$

Mittelwert der
Stichprobenstandardabweichungen

Kontrollgrenzen

$$UCL = \mu_0 + z(n, \alpha) \cdot \sigma_0$$

$$LCL = \mu_0 - z(n, \alpha) \cdot \sigma_0$$

Bestimmung von σ_0 — Spannweite

$$R_t = \max\{x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}\} - \min\{x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}\}$$

Stichprobenspannweite

$$R = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t = \hat{\sigma}_0$$

Mittelwert der Stichprobenspannweiten

Kontrollgrenzen

$$UCL = \hat{\mu}_0 + z(n, \alpha) \cdot \hat{\sigma}_0$$

$$LCL = \hat{\mu}_0 - z(n, \alpha) \cdot \hat{\sigma}_0$$

Bestimmung von $z(n, \alpha)$

- ▶ bei Verwendung von Standardabweichungen: $z = \frac{t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{n}}$
- ▶ meistens jedoch: $z = \frac{3}{\sqrt{n}}$
- ▶ bei Verwendung von Spannweiten: tabellierte Werte $A(n)$
- ▶ häufig werden $A(5) = 0.577$ und $A(9) = 0.337$ verwendet

Beispiel Qualitätssicherung: Statistische Prozesskontrolle

Die LowCal Kartoffelchips.com GmbH produziert hauchdünne, kalorienreduzierte Kartoffelchips. Wenn alles in Ordnung ist, dann werden Chips mit einer durchschnittlichen Stärke von 0.500 Millimetern geschnitten, wobei die durchschnittliche Spannweite der Chipsstärke in der Vergangenheit 0.100 Millimeter betragen hat. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse aus drei neuen Stichproben (Stichprobenumfang $n = 9$), die aus dem laufenden Prozess entnommen wurden und die jetzt beurteilt werden sollen:

| Stichprobe | Stichprobenmittelwert der Chipsstärke |
|------------|---------------------------------------|
| 1 | 0.520 |
| 2 | 0.460 |
| 3 | 0.490 |

Sind die Stichprobenmittelwerte unter Kontrolle?

$$A(n = 9) = 0.337$$

$$LCL = x - A \cdot R = 0.5 - 0.337 \cdot 0.1 = 0.4663$$

$$UCL = x + A \cdot R = 0.5 + 0.337 \cdot 0.1 = 0.5337$$