

# Übung 03

## Zentrenproduktion & Qualitätsmanagement

### Aufgabe 1 - Zentrenproduktion und Erzeugnisfamilien

Die folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen Erzeugnissen und den zu ihrer Erstellung notwendigen Maschinen:

Maschine	1	2	3	4	5	6
Erzeugnis A		X		X		
Erzeugnis B	X		X	X		X
Erzeugnis C			X		X	
Erzeugnis D		X			X	X

- Identifizieren Sie geeignete Erzeugnisfamilien für Produktionsinseln durch systematische Umordnung der Matrix. Welche Maschinengruppen und Erzeugnisgruppen ergeben sich?
- Bewerten Sie die Qualität Ihrer Erzeugnisfamilienbildung. Ergeben sich Probleme und wie könnten diese gelöst werden?
- Vergleichen Sie die Zentrenproduktion mit der Werkstattfertigung hinsichtlich folgender Kriterien:
  - Transportwege und -zeiten
  - Durchlaufzeiten und Lagerbestände
  - Flexibilität bei Produktmix-Änderungen
  - Investitionsbedarf
- Ein Unternehmen plant die Umstellung von Werkstatt- auf Zentrenproduktion. Welche vier Planungsschritte sind dabei zu berücksichtigen?

### ⚠ Caution

Lösung:

a) Systematische Erzeugnisfamilienbildung:

Hinweis: Das konkrete Vorgehen oder Verfahren zur Umordnung ist hier nicht entscheidend. Wichtig ist, dass die Erzeugnisfamilien korrekt identifiziert werden.

Schritt 1: Analyse der Maschinen-Erzeugnis-Matrix

Original-Matrix:

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
A	-	X	-	-	X	-
B	X	-	X	X	-	X
C	-	-	-	X	-	X
D	-	X	-	-	X	X

Schritt 2: Umordnung nach Ähnlichkeiten

Optimierte Matrix:

	M2	M5	M6	M1	M3	M4
A	X	X	-	-	-	-
D	X	X	X	-	-	-
B	-	-	X	X	X	X
C	-	-	X	-	-	X

Ergebnis:

- Familie 1: Erzeugnisse A, D mit Maschinen M2, M5 (+ teilweise M6)
- Familie 2: Erzeugnisse B, C mit Maschinen M1, M3, M4, M6

b) Bewertung der Erzeugnisfamilienbildung:

Probleme:

- Maschine M6 wird von beiden Familien benötigt → “Springer-Maschine”
- Nicht perfekt trennscharf → Kompromisse erforderlich

Lösungsansätze:

1. M6 duplizieren (eine Maschine pro Familie)
2. M6 als gemeinsam genutzte Ressource zwischen den Zentren
3. Restfertigung für Familie 2 in separater Werkstatt

c) Vergleich Zentren- vs. Werkstattfertigung:

Kriterium	Zentrenproduktion	Werkstattfertigung
Transportwege	Kurz, innerhalb der Zelle	Lang, zwischen verschiedenen Abteilungen
Durchlaufzeiten	Niedrig durch kurze Wege	Hoch durch Transport und Warteschlangen

## Aufgabe 2 - Flexible Fertigungssysteme (FFS)

Gegeben sei ein geschlossenes Warteschlangennetzwerk (FFS) mit 3 Bearbeitungsstationen (je eine Maschine) und einem verbindenden Transportsystem. Die Daten sind:

Bearbeitungszeiten:

- Maschine 1:  $b_1 = 50$  min
- Maschine 2:  $b_2 = 70$  min
- Maschine 3:  $b_3 = 30$  min
- Transport:  $b_4 = 12$  min

Routing-Wahrscheinlichkeiten:

- $p_1 = 0,4$  (Station 1)
- $p_2 = 0,25$  (Station 2)
- $p_3 = 0,35$  (Station 3)
- $p_4 = 1,0$  (Transport - nach jeder Bearbeitung)

- a) Berechnen Sie die mittlere Arbeitsbelastung (Workload)  $w_m = \frac{p_m \cdot b_m}{S_m}$  für alle Stationen.
- b) Bestimmen Sie den Engpass des Systems.
- c) Berechnen Sie unter der Annahme einer 100%-Engpassauslastung:
  - Die Produktionsraten  $X_m$  aller Stationen
  - Die Auslastungen  $U_m$  aller Stationen
- d) Diskutieren Sie: Ist das Ergebnis realistisch, wenn die Anzahl der Paletten im System begrenzt ist? Welche praktischen Probleme könnten auftreten?

### ⚠ Caution

Lösung:

a) Mittlere Arbeitsbelastung (Workload):

$$w_m = \frac{p_m \cdot b_m}{S_m} \text{ mit } S_m = 1 \text{ für alle Stationen:}$$

- $w_1 = \frac{0,4 \times 50}{1} = 20,0 \text{ min}$
- $w_2 = \frac{0,25 \times 70}{1} = 17,5 \text{ min}$
- $w_3 = \frac{0,35 \times 30}{1} = 10,5 \text{ min}$
- $w_4 = \frac{1,0 \times 12}{1} = 12,0 \text{ min}$

b) Engpass-Bestimmung:

Engpass = Station mit höchster Arbeitsbelastung = Station 1 mit  $w_1 = 20,0 \text{ min}$

c) Produktionsraten und Auslastungen bei 100% Engpassauslastung:

Produktionsrate des Engpasses:

$$X_e = X_1 = \frac{S_1}{b_1} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ Werkstücke/min}$$

Produktionsraten der anderen Stationen:

$$X_m = \frac{p_m}{p_e} \cdot X_e = \frac{p_m}{p_1} \cdot X_1$$

- $X_1 = 0,020 \text{ Werkstücke/min}$
- $X_2 = \frac{0,25}{0,4} \times 0,020 = 0,0125 \text{ Werkstücke/min}$
- $X_3 = \frac{0,35}{0,4} \times 0,020 = 0,0175 \text{ Werkstücke/min}$
- $X_4 = \frac{1,0}{0,4} \times 0,020 = 0,050 \text{ Werkstücke/min}$

Auslastungen:

$$U_m = \frac{b_m \cdot X_m}{S_m}$$

- $U_1 = \frac{50 \times 0,020}{1} = 1,000 = 100,0\% \text{ (Engpass)}$
- $U_2 = \frac{70 \times 0,0125}{1} = 0,875 = 87,5\%$
- $U_3 = \frac{30 \times 0,0175}{1} = 0,525 = 52,5\%$
- $U_4 = \frac{12 \times 0,050}{1} = 0,600 = 60,0\%$

d) Realitätsbewertung bei begrenzten Paletten:

Nein, das Ergebnis ist bei begrenzten Paletten nicht realistisch:

Probleme:

1. Warteschlangeneffekte: Bei zu wenigen Paletten können Stationen "aushungern"
2. Blockierungen: Volle Puffer können Stationen blockieren
3. Schwankungen: Reale Bearbeitungszeiten sind nicht konstant
4. 100% Auslastung: Praktisch nicht dauerhaft erreichbar

## Aufgabe 3 - Statistische Qualitätskontrolle

Die Duisburger Spirituosenfabrik "Nordrhein Destille" produziert den Schnaps "Studentenglück" mit einem Soll-Alkoholgehalt von 40%. Die Stichproben der letzten 5 Jahre (Umfang  $n = 5$  Proben pro Stichprobe) ergaben folgende Werte:

Jahr	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
2019	39,9	40,5	39,2	40,3	40,6
2020	41,1	40,1	39,8	40,1	40,1
2021	39,3	40,4	39,7	40,5	39,9
2022	40,1	40,0	39,4	39,5	39,5
2023	39,8	40,2	40,4	39,9	40,1

- a) Berechnen Sie für jede Stichprobe den Stichprobenmittelwert  $\bar{x}_t$  und die Stichprobenspannweite  $R_t$ .
- b) Bestimmen Sie den Mittelwert aller Stichprobenmittelwerte  $\bar{\bar{x}}$  und die mittlere Spannweite  $\bar{R}$ .
- c) Berechnen Sie die Kontrollgrenzen für eine  $\bar{x}$ -Kontrollkarte mit dem Faktor  $A(n = 5) = 0,577$ .
- d) Die nächste Stichprobe (2024) liefert folgende Werte: [38,2; 40,5; 39,3; 39,9; 41,4]. Ist der Prozess noch unter statistischer Kontrolle?
- e) Interpretieren Sie das Ergebnis: Was bedeutet es für die Qualität des Produkts und welche Maßnahmen wären zu empfehlen?

### ⚠ Caution

Lösung:

a) Stichprobenmittelwerte und Spannweiten:

Jahr	Stichprobenmittelwert $x_t$	Spannweite $R_t$
2019	$\frac{39,9+40,5+39,2+40,3+40,6}{5} = 40,1$	$40,6 - 39,2 = 1,4$
2020	$\frac{41,1+40,1+39,8+40,1+40,1}{5} = 40,24$	$41,1 - 39,8 = 1,3$
2021	$\frac{39,3+40,4+39,7+40,5+39,9}{5} = 39,96$	$40,5 - 39,3 = 1,2$
2022	$\frac{40,1+40,0+39,4+39,5+39,5}{5} = 39,7$	$40,1 - 39,4 = 0,7$
2023	$\frac{39,8+40,2+40,4+39,9+40,1}{5} = 40,08$	$40,4 - 39,8 = 0,6$

b) Prozessparameter:

- Mittelwert der Stichprobenmittelwerte:  $\bar{x} = \frac{40,1+40,24+39,96+39,7+40,08}{5} = 40,016$
- Mittlere Spannweite:  $\bar{R} = \frac{1,4+1,3+1,2+0,7+0,6}{5} = 1,04$

c) Kontrollgrenzen:

Mit  $A(5) = 0,577$ :

- $UCL = \bar{x} + A \cdot \bar{R} = 40,016 + 0,577 \times 1,04 = 40,0 + 0,60 = 40,616\%$
- $LCL = \bar{x} - A \cdot \bar{R} = 40,016 - 0,577 \times 1,04 = 40,0 - 0,60 = 39,416\%$

d) Beurteilung der Stichprobe 2024:

Stichprobe 2024: [38,2; 40,5; 39,3; 39,9; 41,4]

- $x_{2024} = \frac{38,2+40,5+39,3+39,9+41,4}{5} = 39,86\%$
- Kontrollgrenzen:  $LCL = 39,40\% \leq 39,86\% \leq 40,60\% = UCL$

Ergebnis: Der Stichprobenmittelwert liegt innerhalb der Kontrollgrenzen → Prozess ist unter statistischer Kontrolle.

e) Interpretation und Maßnahmen:

Positive Aspekte:

- Prozess arbeitet statistisch stabil
- Mittelwert liegt nahe dem Sollwert (40%)
- Schwankungen sind im erwarteten Rahmen

Verbesserungsmöglichkeiten:

1. Prozessfähigkeit erhöhen: Spannweite von 1,04% ist relativ hoch