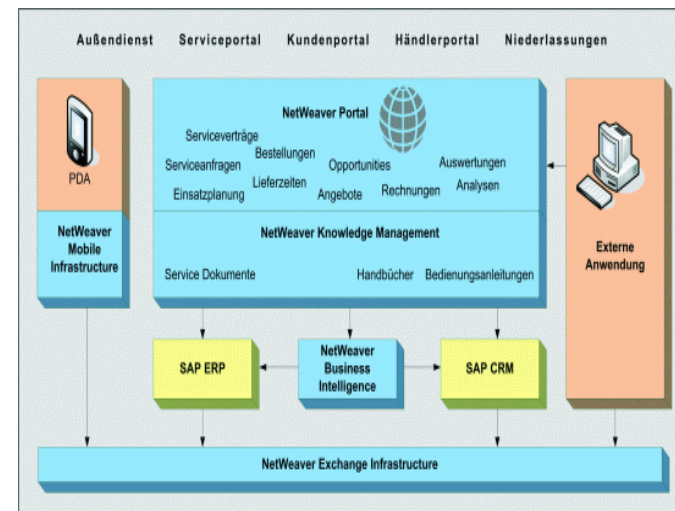




# Operations Management

## Prozessauswahl und Prozessanalyse

Prof. Dr. Helmut Dietl





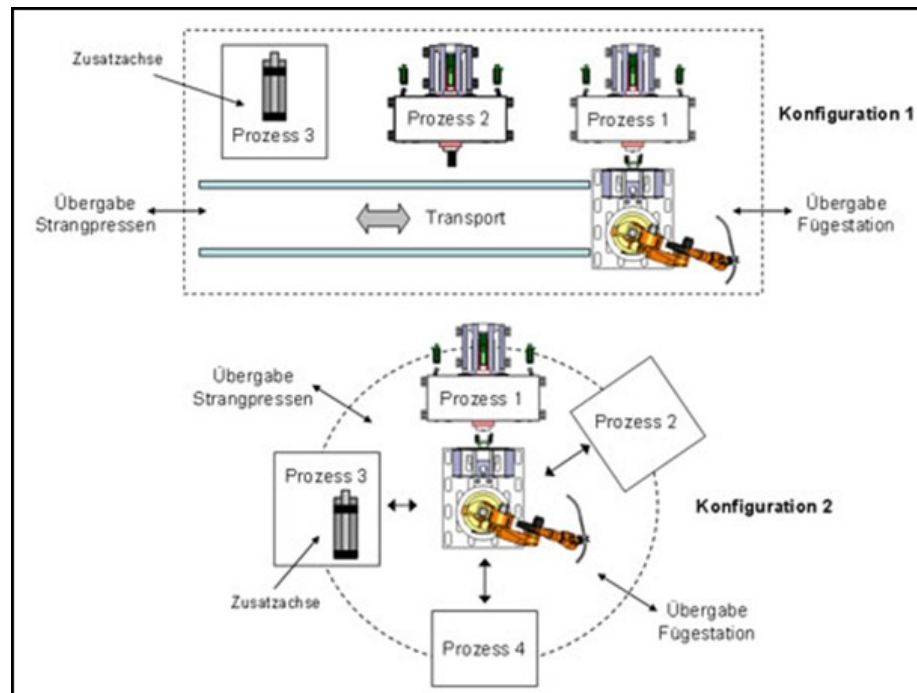
## Lernziele

Nach dieser Veranstaltung sollen Sie wissen,

- wie das Prozessdesign entsteht
- welche Vor- und Nachteile unterschiedliche Prozesstypen haben
- was man unter „Mass Customization“ versteht und welche Potenziale daraus entstehen
- wie Flussdiagramme erstellt und gelesen werden
- wie Durchlauf- und Zykluszeiten berechnet werden
- wie Kapazität und Auslastungsgrad berechnet werden
- wie Flaschenhalse identifiziert werden können
- wie das Gesetz von Little angewendet wird
- welches Optimierungspotenzial die Prozessanalyse aufzeigt

# Operations Management

## Prozessauswahl





## Prozessauswahl

### Mögliche Prozesstypen:

- Fließbandproduktion
- Werkstattproduktion
- Batch-Produktion
- Mass Customization



## Fließproduktion

Was macht die Fließproduktion aus?

- Anordnung der Werkzeuge und Arbeitsplätze nach der Reihenfolge der Bearbeitungsschritte
- Hoher Spezialisierungsgrad
- Keine Rüstzeiten
- Hohe Lagerbestände
- Geringe Vielfalt (z.B. Model T)
- Hohe Produktivität



## Warum ist das Fließbandprinzip so effizient?

### **Spezialisierungs- und Effizienzvorteile durch:**

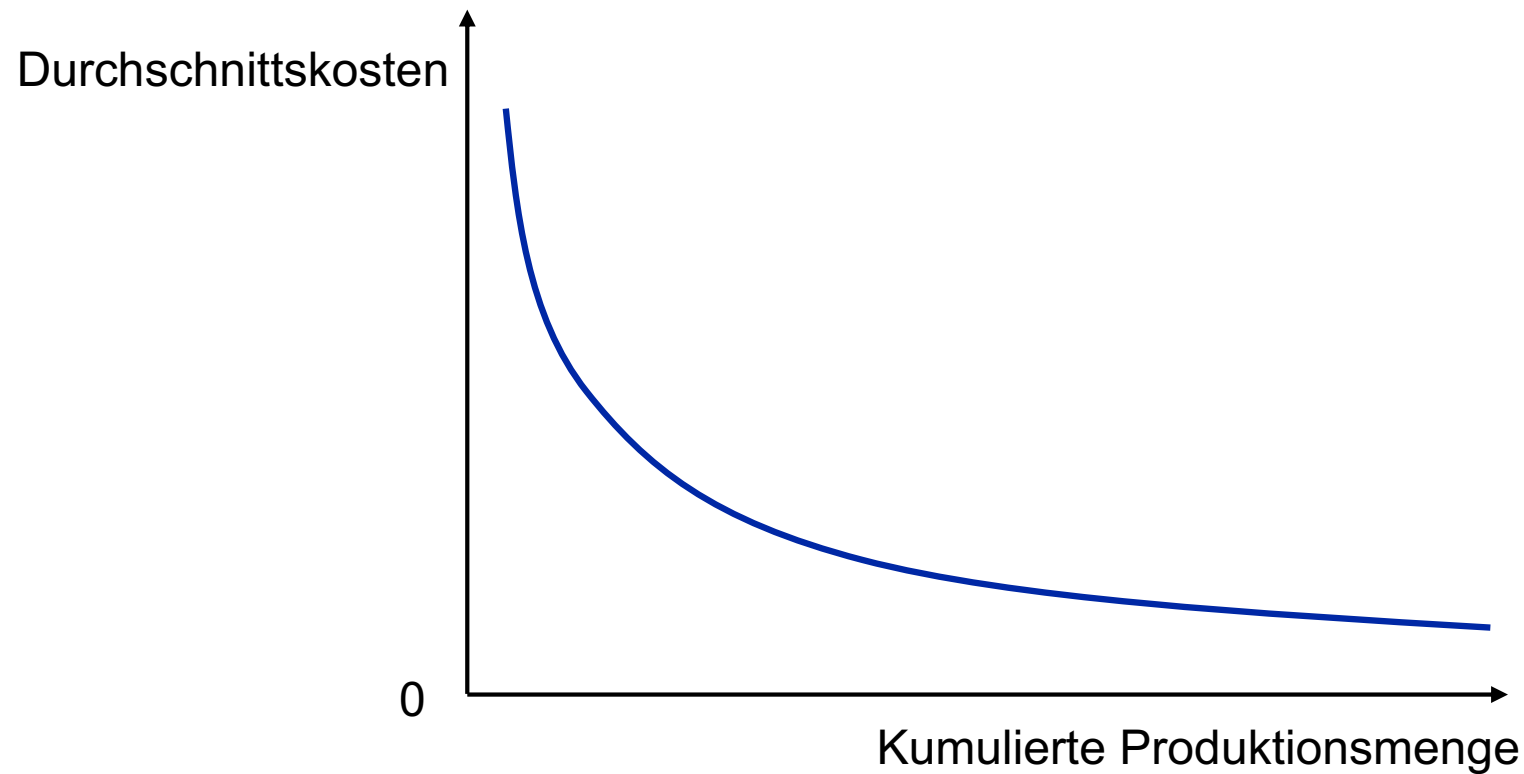
- Job Design (Verringerung der Rüstzeiten)
- Layout (Verringerung der Transportzeiten)
- Werkzeuge (Verringerung der Bearbeitungszeit/-kosten)
- Zeit & Bewegung (Erhöhung der Arbeitsproduktivität)

### **Beispiele des Fließbandprinzips:**

- Fertigungsfließband (Automobilproduktion)
- Sortierfließband
- Zubereitungsfließband (Fast Food)
- Waschstrasse

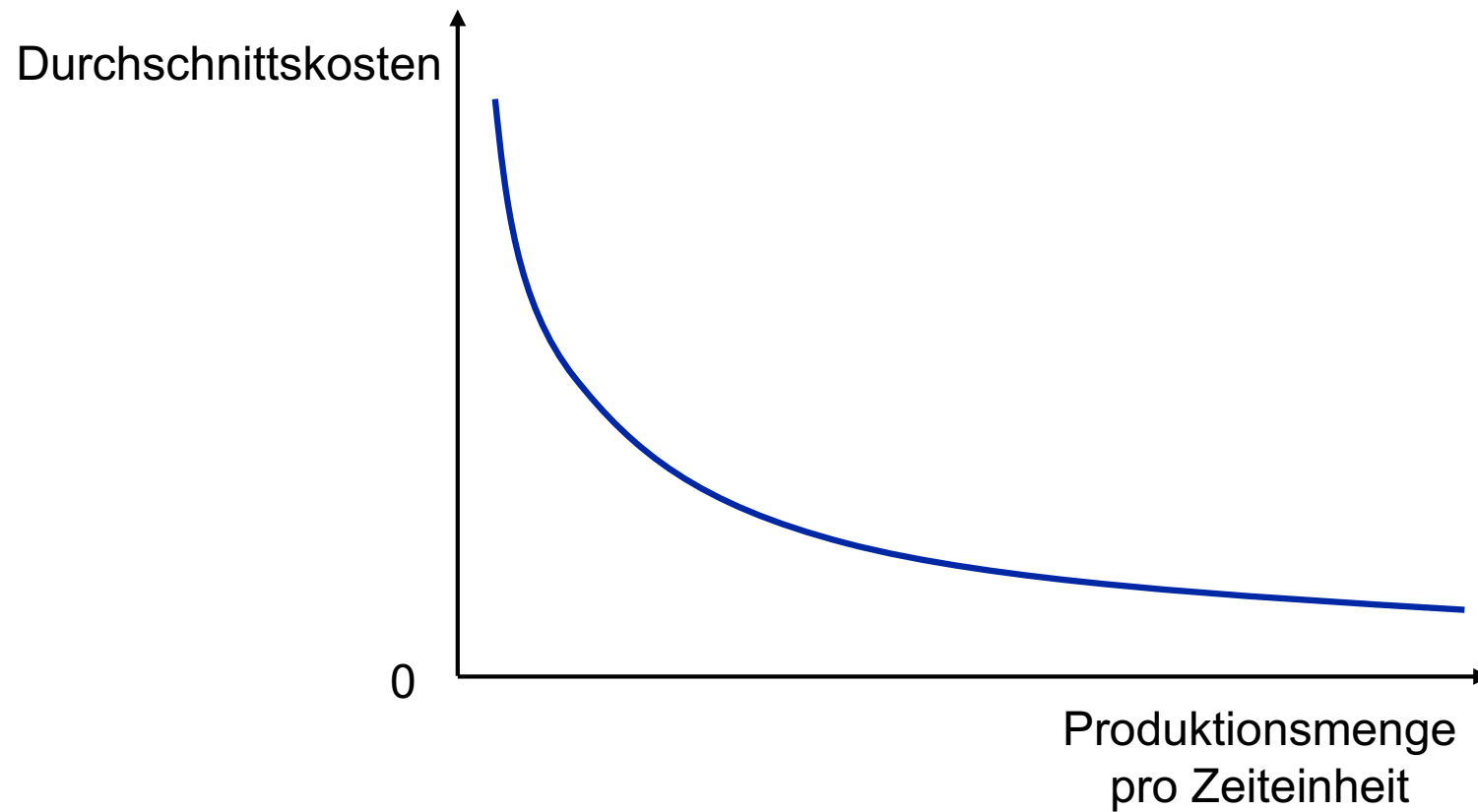


## Lern- und Erfahrungskurve





## Grössenvorteile (Economies of Scale)





## Problem: Vielfalt

Produktvielfalt beeinträchtigt Lerneffekte, Fließproduktion ist schwierig umzusetzen

Produktvielfalt verringert Grössenvorteile

- Mehrzweckmaschinen und Rüstkosten
- Wechselnde Arbeitsabläufe und -methoden
- Flaschenhalse entstehen

Aber: Produktvielfalt erhöht Absatzchancen

**Ergebnis: *Konflikt zwischen Effizienz und Flexibilität***



## Was ist Flexibilität?

Ein Prozess ist flexibel, wenn die Durchschnittskosten auch bei Outputveränderungen konstant bleiben

Zwei Ausprägungen der Flexibilität

- **Mengenflexibilität:**  
Durchschnittskosten sind unabhängig von Outputmenge
- **Artenflexibilität:**  
Durchschnittskosten sind unabhängig von Outputart



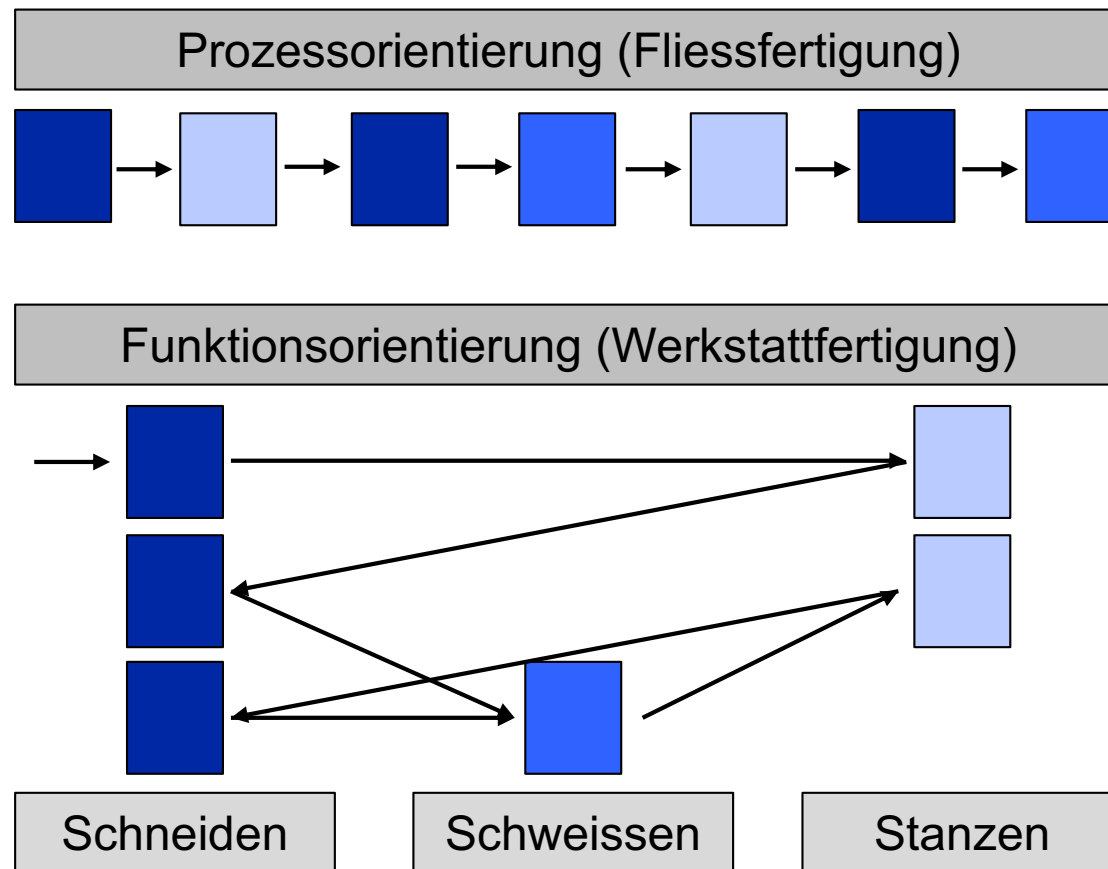
## Werkstattproduktion (Job Shop Produktion)

Was macht die Werkstattproduktion aus?

- Produktion kleiner Produkt-/Serviceeinheiten bei hoher Produkt-/Servicevielfalt
- Vorwiegend Allzweckgeräte
- Produktivität beruht auf Qualifikation der Mitarbeitenden (z.B. Meisterin), nicht auf Arbeitsmethoden und –instrumenten
- Geringe Prozessstandardisierung (z.B. Massarbeit)
- Geringe Spezialisierung der Mitarbeitenden (Cross Training und Job Rotation)



## Fließfertigung vs. Werkstattfertigung

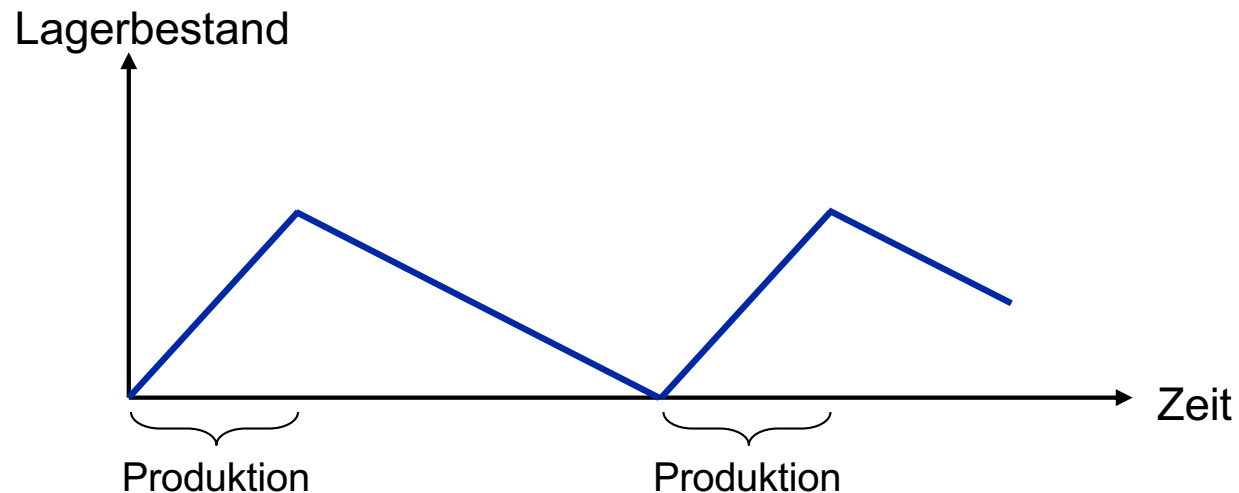




## Serien-/Sortenproduktion (Batch Produktion)

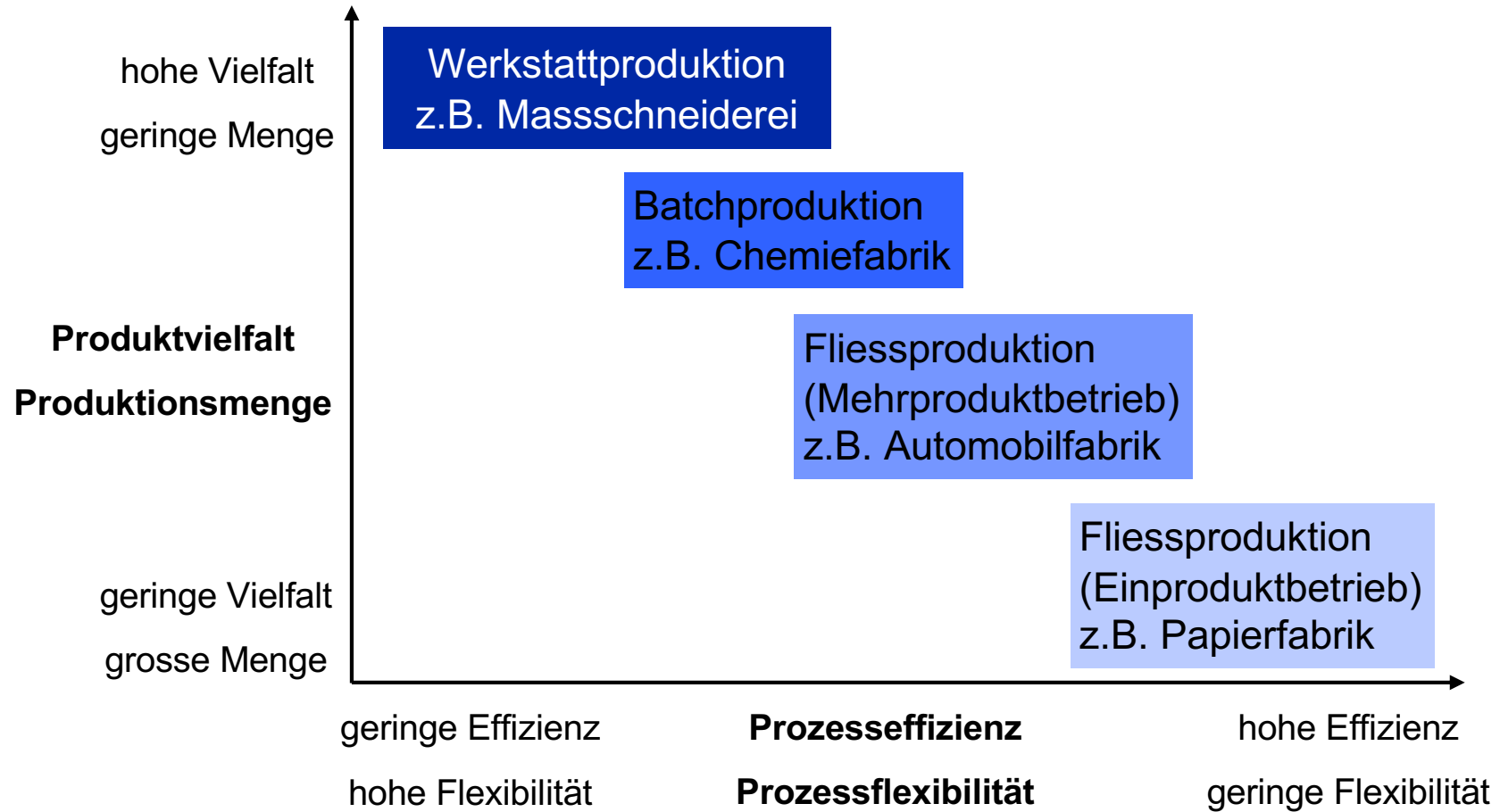
Was macht die Batch-Produktion aus?

- Abwechselnde Produktion einer Produkt-/Serviceart
- Zeitweise Spezialisierung
- Regelmässige Umrüstung des Produktionsprozesses
- Trade-off: Lagerkosten vs. Rüstkosten





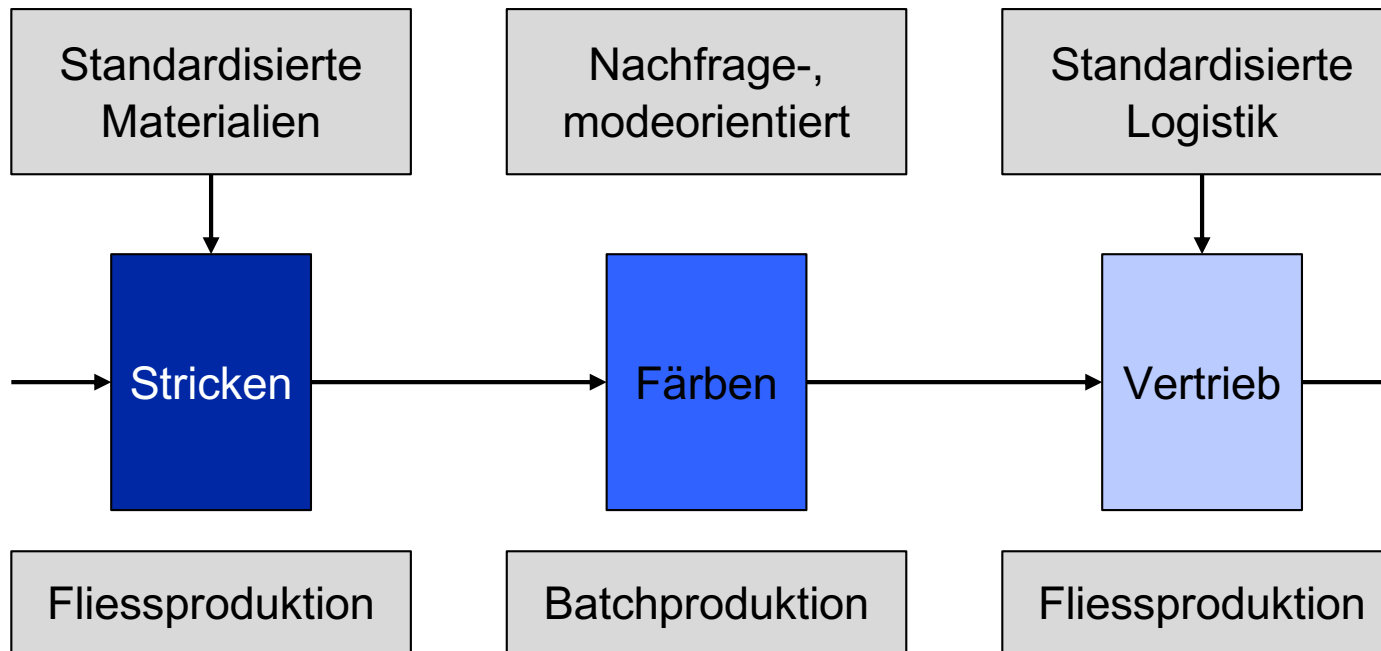
## Produkt-Prozess-Matrix





## Produktionsstufen mit unterschiedlichen Prozesstypen

Prozesstypen können auch gemischt werden (z.B. bei Benetton)





# Produkt-Prozess-Lebenszyklus

## Produkteinführungsphase

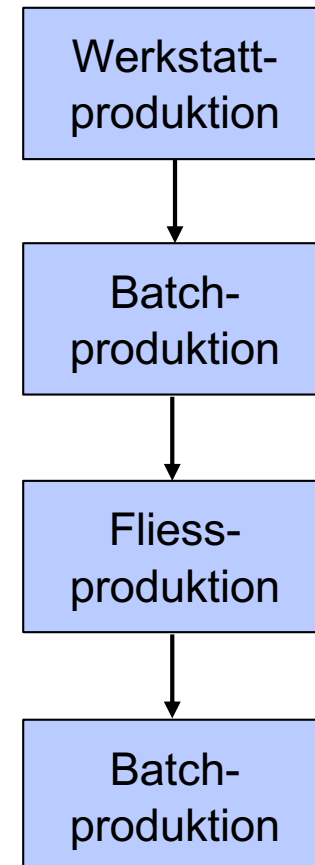
- kleine Mengen
- schnell wechselndes Produktdesign
- viele Technologieverbesserungen
- Time-to-market als Erfolgsfaktor

## Reifephase

- hohe, stabile Mengen
- standardisiertes Produktdesign
- stabile Produktionstechnologie

## Schrumpfungsphase

- sinkende Mengen
- keine weiteren Produktvarianten
- Service, Reparaturen als Erfolgsfaktoren



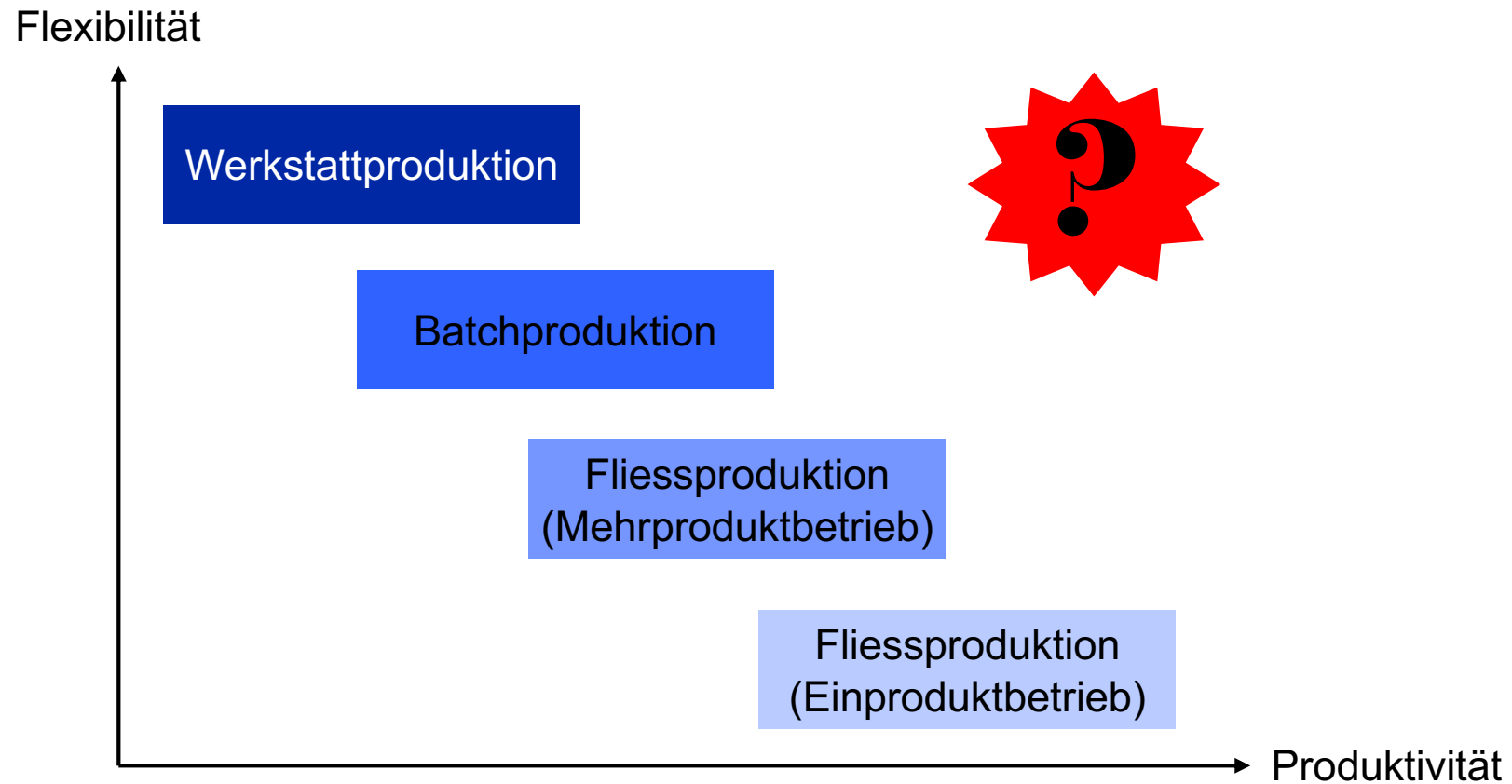


## Zusammenfassung

- Es gibt mehrere Möglichkeiten, ein Produkt bzw. einen Service herzustellen
- Prozessentscheidung hat umfassende betriebswirtschaftliche Konsequenzen
  - Wertschöpfung (Qualität, Preis/Kosten)
  - Kostenstruktur
  - Flexibilität
- Aufgrund laufender Veränderungen müssen die Produktionsprozesse den Produkt-/Marktgegebenheiten ständig angepasst werden



## Traditionelle Sichtweise





## Was ist Mass Customization?

Mass Customization verbindet die

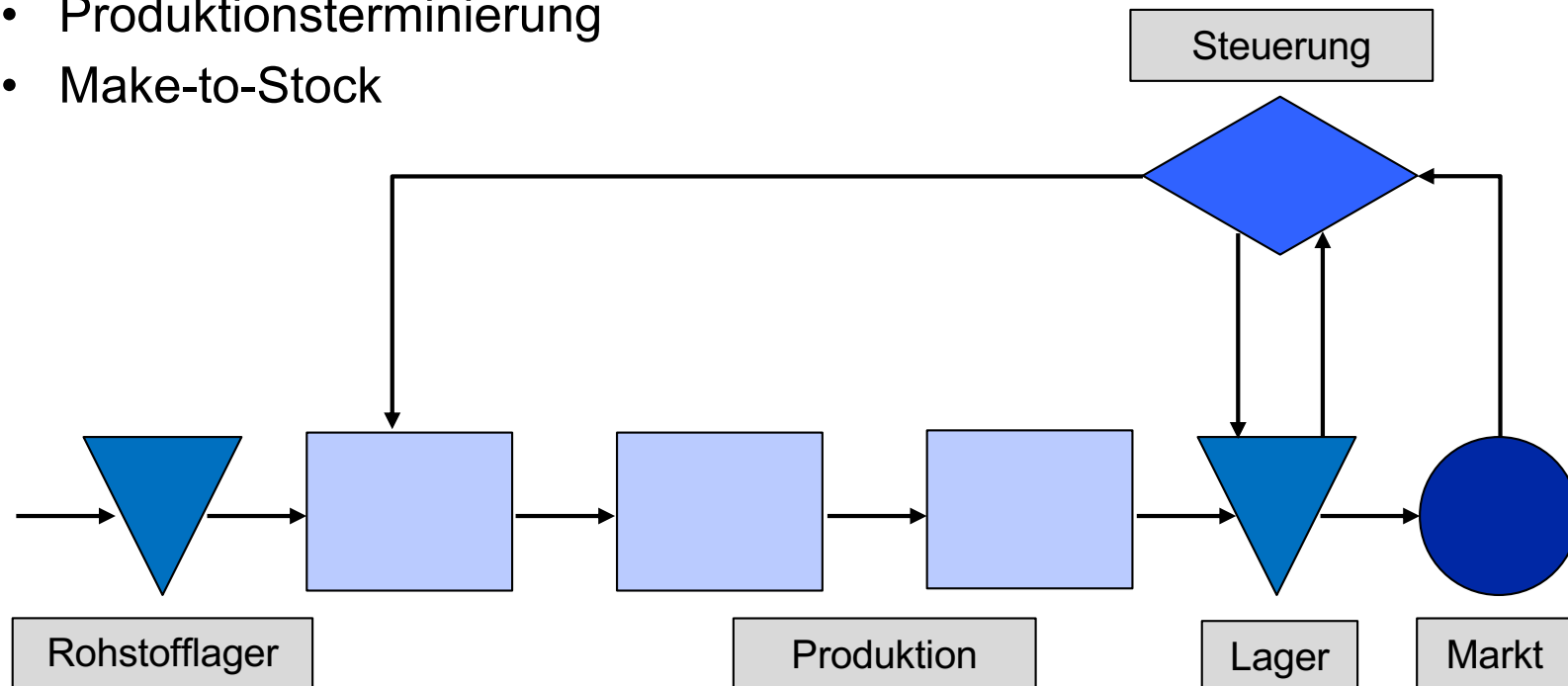
- **Spezialisierungs- und Automatisierungsvorteile der Fließproduktion**
  - Economies of Scale
  - Lerneffekte und Erfahrungskurve

mit den

- **Flexibilitätsvorteilen der Werkstattfertigung**
  - Massanfertigung
  - hohe Produktvielfalt
  - schnelle Einführung neuer Produkte

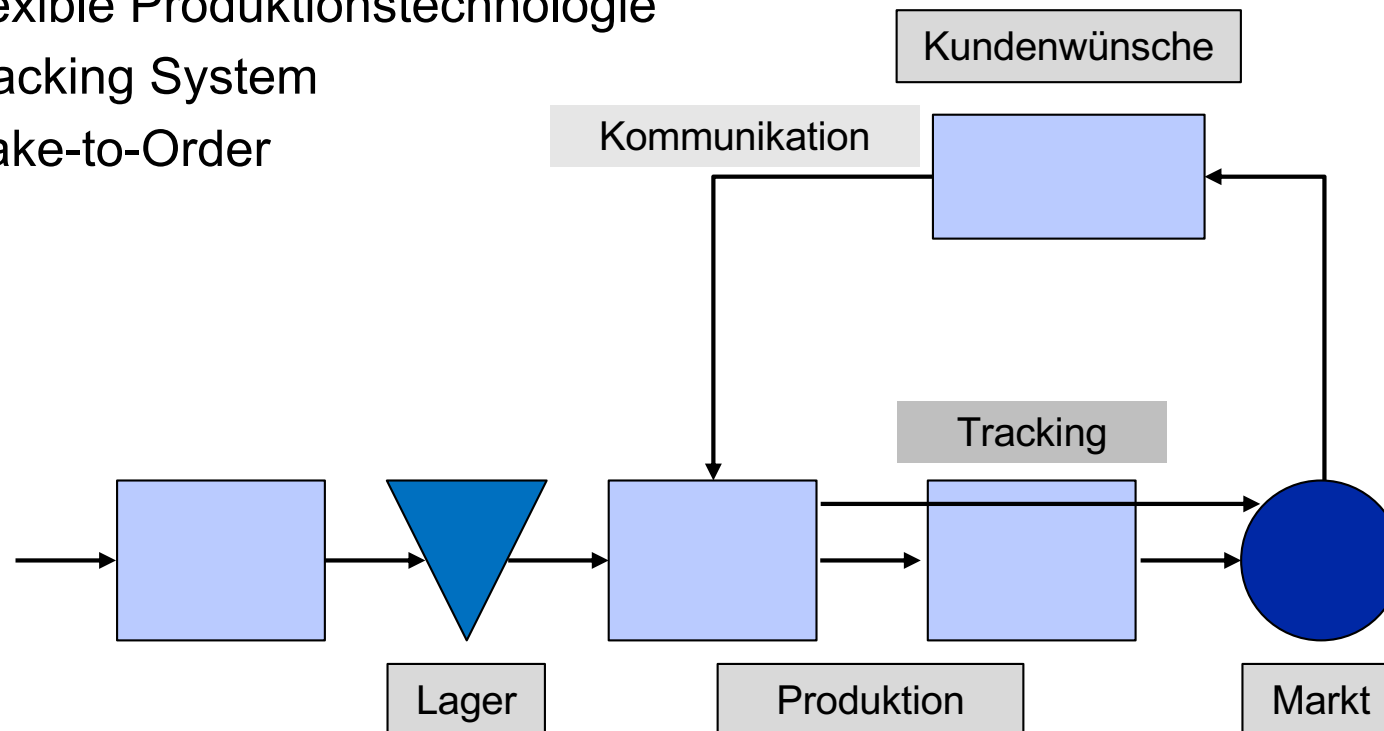
## Elemente der Massenproduktion

- Nachfrageprognose
- Inventarüberwachung
- Produktionsterminierung
- Make-to-Stock



## Elemente der Mass Customization

- Kundenwünsche
- Kommunikationsnetzwerk
- Flexible Produktionstechnologie
- Tracking System
- Make-to-Order





## Weitere Strategien der Mass Customization

### **Verlagerung von Produktionsstufen**

- Produktdifferenzierung so spät wie möglich (z.B. Benetton: Färbung erst am Produktionsende)
- Modularisierung des Produktionsprozesses

### **Kundenkonfigurierbare Produkte/Services**

- Produktmodularisierung (z.B. Levi's Jeans, Dell Computer, IKEA Möbel)

### **Kundenorientierte Informations- und Kommunikationssysteme**

- z.B. benutzerdefinierte Internetseiten



## Levi's Personal Pair Jeans

### Traditionell:

- 8 Bundgrößen x 3 Längen = 24 Größen

### Personal Pair:

- 12 Bundgrößen x 8 Hüftgrößen x 4 Steglängen x 11 Beinlängen = 4'224 Größen
- In 5 verschiedenen Farben
- Preis: \$65 vs. \$49 für traditionelle Levi's
- Lieferzeit: 3-4 Wochen





## Levi's Original Spin® Jeans

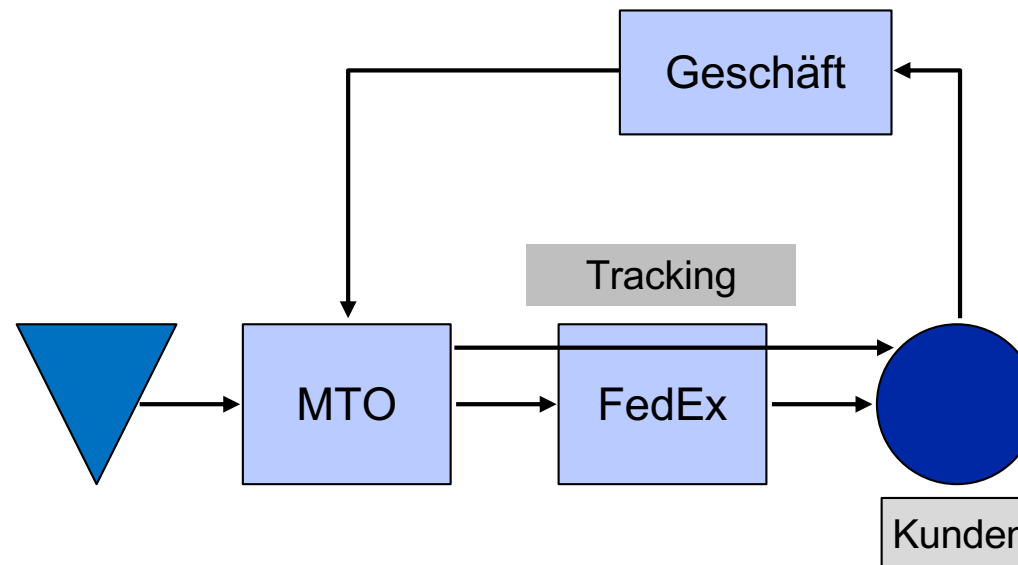
5 Grundmodelle x 46 Bundgrößen x 36 Einsäumgrößen x 3  
Steglängen x 5 Beinöffnungen x 16 Farben x 2 Verschlussarten  
**= 3.97 Mio. Varianten**

Preis: \$55 vs. \$49 für traditionelle Levi's

Lieferzeit: 2-3 Wochen

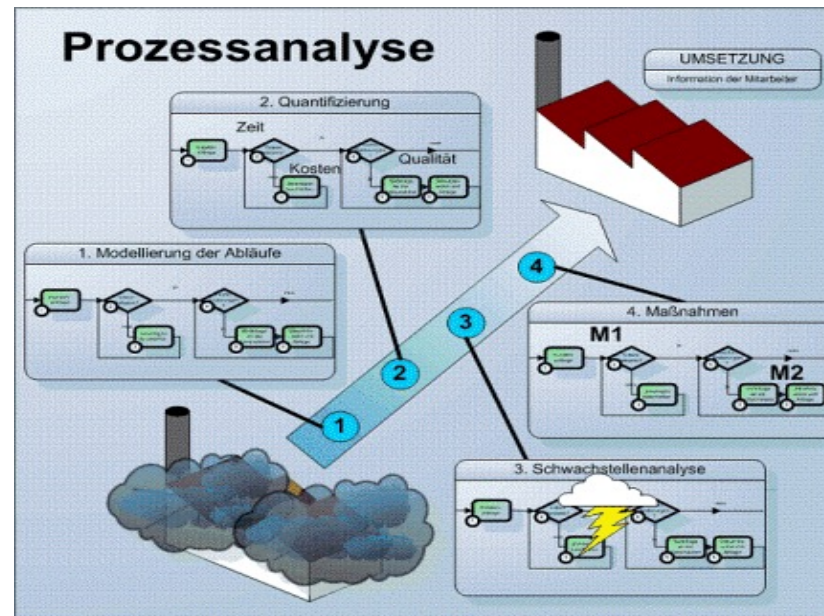
## Levi's Supply Chain

- Make-to-Order (MTO) Produktionsanlagen in Arkansas
- Flexible Produktionstechnologie
- Balken-Code Tracking-Systeme
- Anprobe im Geschäft mit Internetbestellung



# Operations Management

## Prozessanalyse





## Definitionen

### **Prozess:**

Folge logisch zusammenhängender Arbeitsschritte zur Erstellung einer Leistung oder Veränderung eines Objektes (Transformation)

### **Durchlaufzeit:**

Die Zeitdauer, die eine Produkteinheit im System verweilt

### **Zykluszeit:**

Zeitraum zwischen der Fertigstellung zweier Produkteinheiten



## Prozess Flussdiagramm

Das Flussdiagramm stellt die wesentlichen Elemente des Prozesses dar.

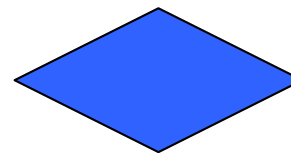
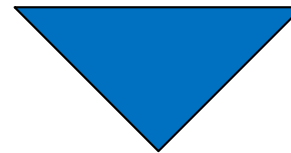
Grundelemente sind:

- Aufgaben oder Arbeitsvorgänge
- Material- oder Kundenflüsse
- Entscheidungspunkte
- Lager oder Puffer

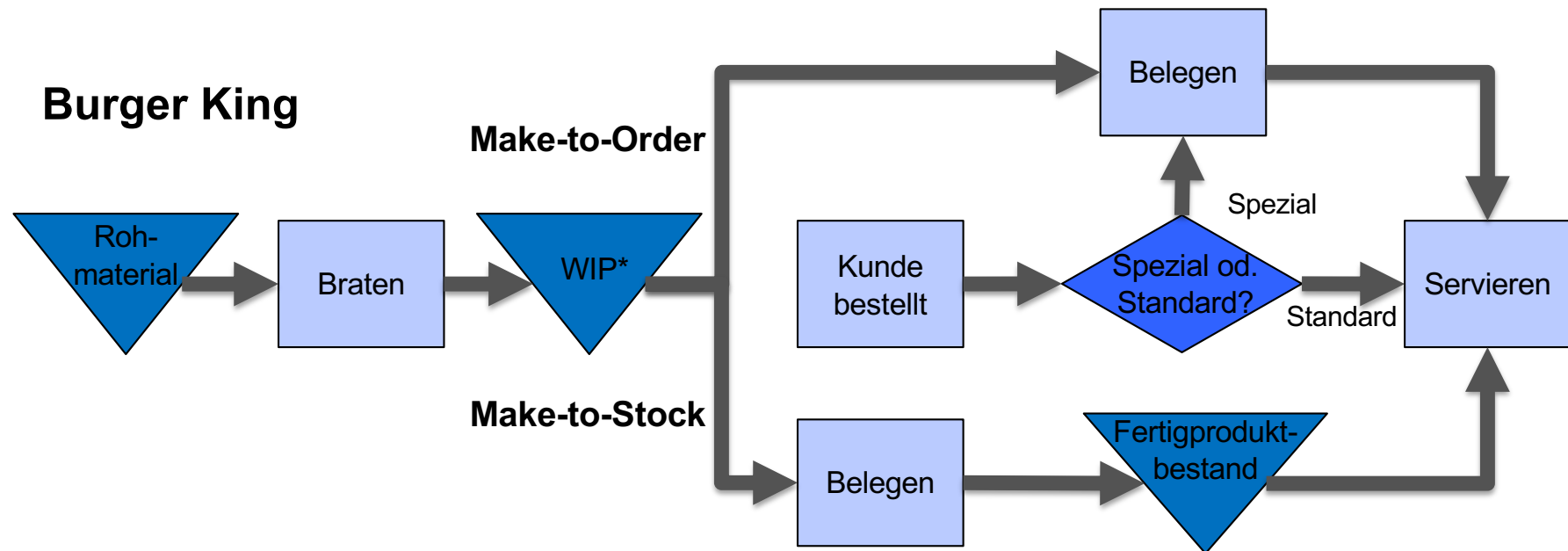


## Symbole Flussdiagramm

- Lager oder Puffer
  - Rohmaterialien (RM)
  - Work in Process (WIP)
  - Fertigproduktbestand
- Material- oder Kundenfluss
- Aufgabe oder Arbeitsvorgang
- Entscheidungspunkt



## Beispiel Flussdiagramm



### Make-to-Order (Auftragsproduktion)

- Produktionsprozess wird erst mit dem Auftrag in Gang gesetzt
- Warenbestand als auch in Arbeit befindliche Produkte werden minimiert

### Make-to-Stock (Lagerproduktion)

- Erwartete Mengen werden auf Basis einer Planung produziert
- Kundenaufträge werden durch Lagerbestände bedient



## Ziele der Prozessflussanalyse

### **Prozessdokumentation**

- Wer macht wann wo was?
- In welcher Reihenfolge?

### **Performancemessung/Leistungsbeurteilung**

- Kosten
- Kapazität
- Lagerbestand
- Lieferzeiten (potenzielle Verzögerungen)

### **Identifikation von Engpässen und Verbesserungsmöglichkeiten**

## Durchlaufzeit vs. Zykluszeit

Fall 1

Tunnel

Produktionsrate  $\lambda = 0.05$  Autos/min

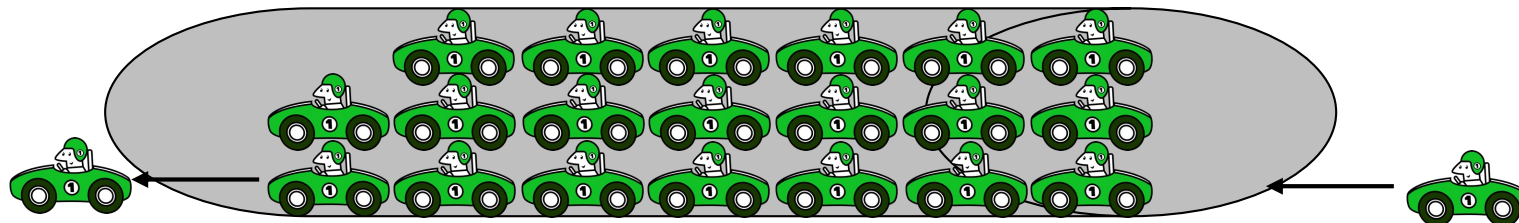


Durchlaufzeit  $W = 40$  min  
Work-in-process  $WIP = 2$

Zykluszeit  $1/\lambda = 20$  min

Fall 2

Produktionsrate  $\lambda = 0.5$  Autos/min



Durchlaufzeit  $W = 40$  min  
Work-in-process  $WIP = 20$

Zykluszeit  $1/\lambda = 2$  min



## Durchlaufzeit vs. Zykluszeit

### Durchlaufzeit

- Die Zeitdauer, die eine Produkteinheit im System verweilt
- Synonyme: Fließzeit, Umlaufzeit
- **Frage:** Wie lange ist der Zeitraum zwischen der Einfahrt eines Autos in den Tunnel und der Ausfahrt desselben Autos aus dem Tunnel?

### Zykluszeit

- Zeitraum zwischen der Fertigstellung zweier Produkteinheiten
- Entspricht dem Kehrwert der Produktionsrate
- **Frage:** Wie viel Zeit vergeht zwischen der Ausfahrt eines Autos und der Ausfahrt des nächsten Autos aus dem Tunnel?



## Kapazität

- Kapazität (pro Zeiteinheit) = maximal möglicher Output (pro Zeiteinheit)
  - Beispiele
    - Stahlproduzent kann maximal 10 Millionen Tonnen Stahl pro Woche herstellen
    - Versicherungsabteilung kann maximal 125 Schadensfälle pro Stunde bearbeiten
- Kapazität kann sowohl für jede einzelne Prozessstufe als auch für den Gesamtprozess ermittelt werden
- Kapazität des Gesamtprozesses wird durch den Flaschenhals determiniert

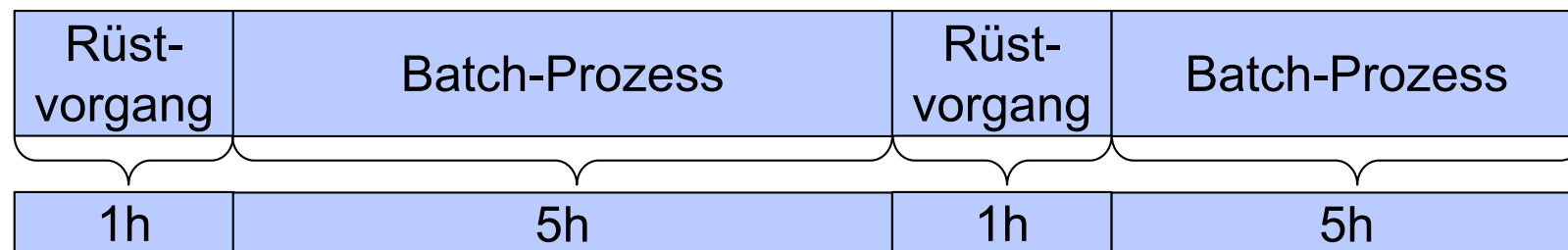


## Kapazität eines Batch-Prozesses

**Kapazität** (pro Zeiteinheit) = maximal erreichbarer Output pro Zeiteinheit  
= (Anzahl der produzierten Einheiten pro Batch) / (Zeitdauer)

Beispiel: Kapazitätsberechnung eines Batch-Prozesses

- Batch besteht aus 72 Produkteinheiten
- ein Batch-Prozess dauert 5 Stunden
- Rüstzeit = 1 Stunde je Batch-Prozess



Kapazität = Einheiten pro Batch / Zeitdauer = (72 Einheiten pro Batch) / ((1+5)h pro Batch) = 12 Einheiten pro h



## Auslastungsgrad

**Auslastungsgrad** = (Tatsächlicher Output pro Zeiteinheit / Kapazität pro Zeiteinheit) x 100%

Beispiel:

- Wie oben
- Batch produziert 140 Einheiten pro Tag
- Produktionszeit beträgt 14 h pro Tag

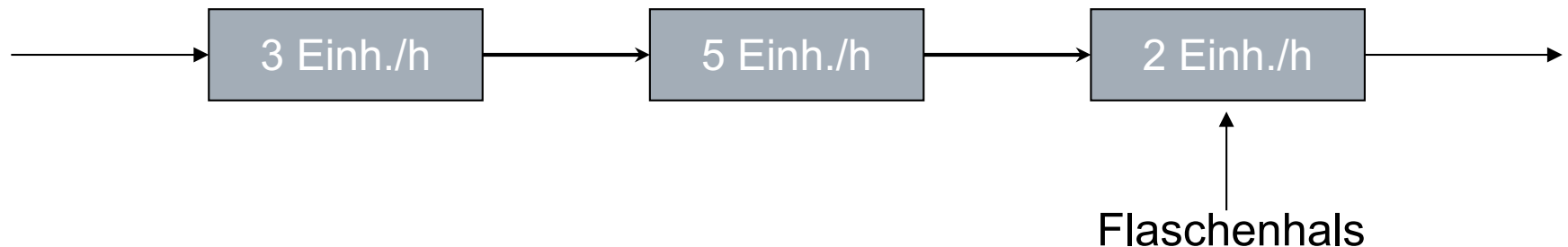
Wie hoch ist der Auslastungsgrad?

Auslastungsgrad = [140 Einheiten pro Tag / (12 Einheiten pro Stunde x 14 Stunden pro Tag)] x 100% = 83.33%



## Flaschenhals

- **Flaschenhals des Gesamtprozesses** ist diejenige Ressource, die die Prozesskapazität limitiert
- Flaschenhalse sind der Ansatzpunkt für Prozessverbesserungen!
- Beispiel:



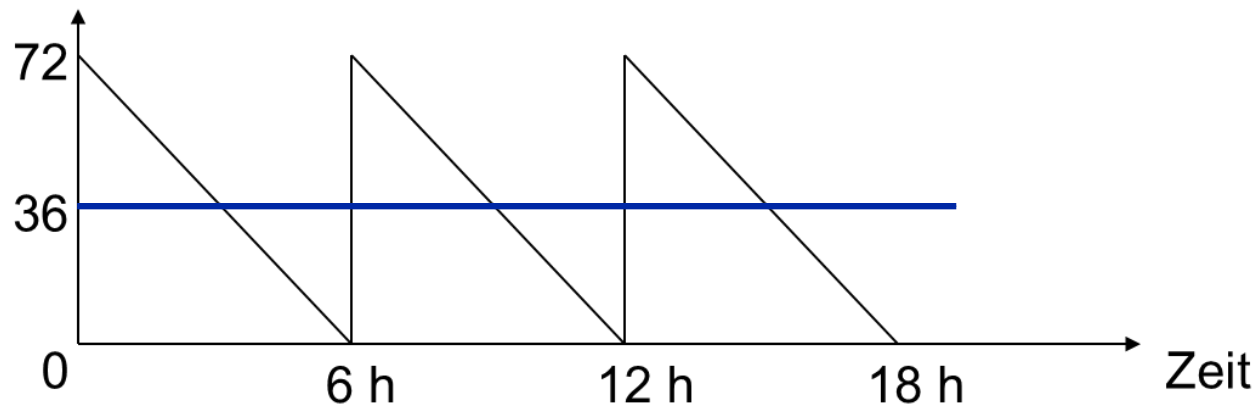


## Lagerbestand

**Durchschnittlicher Lagerbestand =  $\frac{1}{2} \times \text{Batch}$**

Beispiel:

- Alle 6 h wird ein Batch im Umfang von 72 Produkteinheiten gefahren
- Nachfrage = Produktion =  $72/6 = 12$  Einheiten/h
- Frage: Wie hoch ist der durchschnittliche Lagerbestand?





## Gesetz von Little

- Little's Law erklärt den Zusammenhang zwischen Durchlaufzeit, Lagerbestand ( $WIP$ ) und Produktionsrate
  - $WIP$  = durchschnittlicher Work-in-Process (bei Serviceunternehmen: Anzahl der Kunden)
  - $W$  = durchschnittliche Durchlaufzeit
  - $\lambda$  = durchschnittliche Produktionsrate
- Littles Gesetz lautet:  **$WIP = W\lambda$**
- Jede der drei Variablen ist durch die anderen beiden eindeutig determiniert!



## Beispiel 1: Grossbäckerei

- Eine Grossbäckerei produziert 10'000 Brezel pro Stunde
- Die Brezel benötigen 6 Minuten, um abzukühlen, bevor sie verpackt werden können
- Wie viele Brezel müssen auf dem Kühltisch Platz haben?



## Beispiel 1: Lösung

- Lösung mit Hilfe des Gesetzes von Little
  - $WIP = W\lambda$
  - Gesucht ist
    - $WIP$  = durchschnittlicher Work-in-Process
  - Gegeben sind
    - $W$  = durchschnittliche Durchlaufzeit
    - $\lambda$  = durchschnittliche Produktionsrate
  - Einsetzen ergibt
    - $WIP = (0.1 \text{ h}) \times (10'000 \text{ Brezel/h}) = 1'000 \text{ Brezel}$
  - Es müssen 1'000 Brezel auf dem Kühltablett Platz haben



## Beispiel 2: Aufwachstation

- Aus den OPs kommen 10 Prostata-Patienten pro Stunde
- Prostata-Patienten bleiben 5 Stunden auf der Aufwachstation
- Wie viele Betten braucht die Aufwachstation?
- Was ändert sich, wenn die Werte nicht mehr deterministisch, sondern stochastisch sind?



## Beispiel 2: Lösung (1/2)

- Lösung mit Hilfe des Gesetzes von Little
  - $WIP = W\lambda$
  - Gesucht ist
    - WIP = durchschnittlicher Work-in-Process
  - Gegeben sind
    - $W$  = durchschnittliche Durchlaufzeit
    - $\lambda$  = durchschnittliche Produktionsrate
  - Einsetzen ergibt
    - $WIP = (5 \text{ h}) \times (10 \text{ Patienten/h}) = 50 \text{ Patienten}$
  - Die Aufwachstation benötigt 50 Betten



## Beispiel 2: Lösung (2/2)

- Was ändert sich, wenn die Werte nicht mehr deterministisch, sondern stochastisch sind?
  - Da das Gesetz von Little bei stochastischen Prozessen Durchschnittswerte berechnet, sind dann durchschnittlich 50 Patienten in der Aufwachstation, häufig aber auch mehr bzw. weniger
  - In diesem Fall wäre eine Aufwachstation mit 50 Betten zu klein, weil sie nur in der Hälfte aller Fälle genügend Betten hätte.



## Beispiel 3: Personalplanung

- Kein Patient soll länger als 3 Stunden im Krankenhaus sein
- Es sitzen 30 Patienten im Warteraum
- Wie hoch muss die Zykluszeit sein
- Wenn eine Ärztin 2.5 Patienten/h behandeln kann, wie viele Ärztinnen braucht es dann?
- Was ändert sich bei stochastischer Behandlungszeit und stochastischer Ankunftsrate?



## Beispiel 3: Lösung (1/2)

- Lösung mit Hilfe des Gesetzes von Little
  - Gesucht ist die Zykluszeit
    - Sie ist definiert als der Kehrwert der Produktionsrate  
=>  $Zykluszeit = 1/\lambda$
  - Gegeben sind
    - $W =$  maximale Durchlaufzeit = 3h/ Patient
    - $WIP = 30$  Patienten
  - Einsetzen ergibt
    - $\lambda = WIP/W = 30 \text{ Patienten}/3h = 10 \text{ Patienten}/h$   
=>  $Zykluszeit = 1/\lambda = 1h/10 \text{ Patienten} = 60 \text{ min}/10 \text{ Patienten} = 6 \text{ min}/\text{Patient}$
  - Die Zykluszeit darf 6 Minuten nicht übersteigen



## Beispiel 3: Lösung (2/2)

- Wenn eine Ärztin 2.5 Patienten/h behandeln kann, wie viele Ärztinnen braucht es dann?
  - $(\text{Anzahl Ärztinnen}) \times (2.5 \text{ Patienten/h}) = 10 \text{ Patienten/h}$   
=> 4 Ärztinnen
- Was ändert sich bei stochastischer Behandlungszeit und stochastischer Ankunftsrate?
  - Bei stochastischer Behandlungszeit, wären die ermittelten Werte wiederum nur Durchschnittswerte
  - Eine durchschnittliche Zykluszeit von 6 Minuten pro Patient würde dann nicht ausreichen, um die Vorgaben einzuhalten
  - Damit bräuchte es auch mehr als 4 Ärztinnen