

PRODUKTIONSPROZESSE · KAPITEL 2

Produktionssteuerung analysieren

Handlungsspezifische Qualifikationen für Geprüfte Industriefachwirte (IHK)

Rahmenplan 6.2 · Arbeitsstrukturierung, Fertigungsplanung und -steuerung, Rationalisierung, Personal- und Betriebsmittelbedarf, Absicherung, REFA

Vorlesungsfolien zum **Arbeits- und Übungsbuch Produktionsprozesse (Fach 6)**

Seitenverweise „ÜB S.“ beziehen sich auf dieses Buch

kostenloser Download · fachwirt24.de

Kapitel 2 im Überblick

10

Abschnitte 2.1 bis 2.10

≈ 31 %

der geprüften Themen im Fach

57

MC-Aufgaben mit Lösungen

Was Sie erwartet

- Arbeitsstrukturierung und teilautonome Gruppenarbeit
- Stückliste, Arbeitsplan und Auftragszeit $T = t_r + m \cdot t_e$
- Ziele der Steuerung, Dilemma der Ablaufplanung, Störungen
- Durchlaufzeit, Vorwärts- und Rückwärtsterminierung, Belegungsplan, Netzplan
- Kapazität, Auslastung, Kanban und Just in Time
- Rationalisierung, Personalbedarf, Instandhaltung und REFA

So oft kam es in 23 IHK-Prüfungen vor

Thema	Prüfungen
2.2 Fertigungsplanung: Stückliste und Arbeitsplan	★★★★ 7×
2.4 Durchlaufzeit und Terminplanung	★★★★ 7×
2.5 Kapazitätsplanung	★★★★ 6×
2.10 Zeitwirtschaft nach REFA	★★★★ 3×
2.3 Fertigungssteuerung: Ziele, Dilemma und Störungen	★★★★ 2×
2.6 Steuerungskonzepte: Push, Pull, Kanban und Just in Time	★★★★ 2×
2.7 Rationalisierung und kontinuierliche Verbesserung	★★★★ 2×
2.8 Personal- und Betriebsmittelbedarf	★★★★ 2×
2.1 Arbeitsstrukturierung und Gruppenarbeit	★★★ 1×
2.9 Absicherung der Produktion: Instandhaltung und Fertigungskontrolle	★★★ gelegentlich

Fahrplan durch Kapitel 2

2.1 ★★★

Arbeitsstrukturierung und Gruppenarbeit

ÜB S. 37–38

2.2 ★★★

Fertigungsplanung: Stückliste und Arbeitsplan

ÜB S. 38–40

2.3 ★★★

Fertigungssteuerung: Ziele, Dilemma und Störungen

ÜB S. 40–41

2.4 ★★★

Durchlaufzeit und Terminplanung

ÜB S. 41–44

2.5 ★★★

Kapazitätsplanung

ÜB S. 44–45

2.6 ★★★

Steuerungskonzepte: Push, Pull, Kanban und Just in Time

ÜB S. 45–48

2.7 ★★★

Rationalisierung und kontinuierliche Verbesserung

ÜB S. 48–51

2.8 ★★★

Personal- und Betriebsmittelbedarf

ÜB S. 51–52

2.9 ★★★

Absicherung der Produktion: Instandhaltung und Fertigungskontrolle

ÜB S. 52–54

2.10 ★★★

Zeitwirtschaft nach REFA

ÜB S. 54–56

Lernteil

Übungen Ebene 1 bis 3 mit Lösungen

ÜB S. 57

MERKE

Die Sterne zeigen, wie oft ein Thema in 23 IHK-Prüfungen (Frühjahr 2015 bis Frühjahr 2026) vorkam: ★★★ fünfmal oder öfter, ★★ drei- bis viermal, ★ ein- bis zweimal oder gelegentlich als Teilfrage. Sie sind keine Garantie für künftige Prüfungen.

Unser Fall: die Arbeitsvorbereitung in Penzberg

TYPISCHE PRÜFUNGSSITUATION

Sie unterstützen **Miriam Kolb** in der Arbeitsvorbereitung. Aufträge sollen pünktlich, in der richtigen Menge und Qualität fertig werden – bei langen Durchlaufzeiten, knappen Maschinen und einer Saisonspitze an der Linie 800.

Baustelle	Ausgangslage
Durchlaufzeit	Industriepumpe IP 40: 19 Arbeitstage, bearbeitet nur rund 2 Tage
Kapazität	Drehzentrum im Mai über 100 % ausgelastet
Steuerung	Umstellung der Kleinteile auf Kanban mit Supermarkt
Personal	Montageinsel im Juli mit Zusatzauftrag

PERSONEN IN KAPITEL 2

- **Miriam Kolb**, Arbeitsvorbereitung
- **Andreas Rieger**, Leiter Produktion
- **Jonas Brandner**, Teamleiter Montage
- **Georg Bichler**, Meister im Prüffeld

PRÜFUNGSTIPP

Das rechenstärkste Kapitel des Fachs: Termine, Kapazität, Personalbedarf und Zeitwirtschaft kamen zusammen in über der Hälfte aller Prüfungen vor.

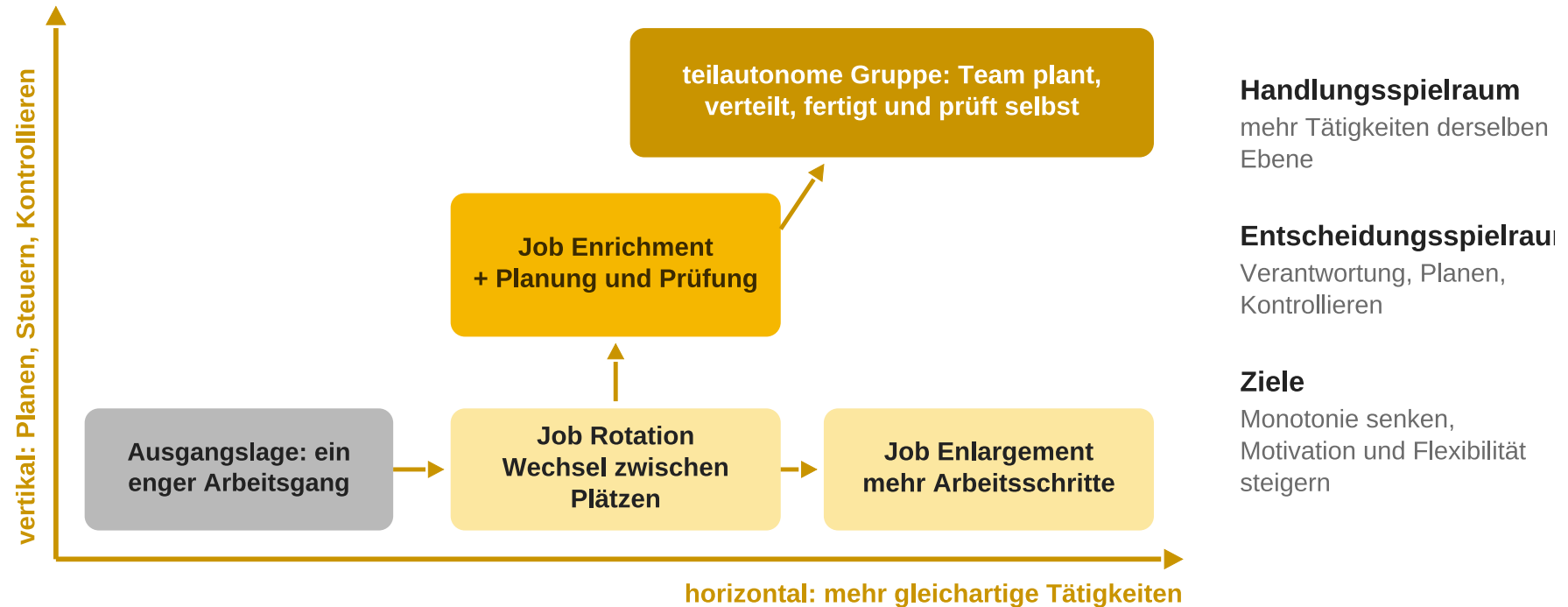
2.1

Arbeitsstrukturierung und Gruppenarbeit

Wer macht was? Job Rotation, Enlargement, Enrichment und teilautonome Gruppen

Prüfungsrelevanz ★★ in 1 von 23 Prüfungen · Arbeitsbuch ÜB S. 37–38

Formen der Arbeitsstrukturierung



Form	Beschreibung	Beispiel Linie 800
Job Rotation	planmäßiger Wechsel zwischen ähnlichen Arbeitsplätzen	Stationswechsel alle zwei Stunden
Job Enlargement	gleichartige Tätigkeiten dazu (horizontal)	Station montiert Laufrad und Deckel
Job Enrichment	planende und kontrollierende Aufgaben dazu (vertikal)	Station prüft selbst, meldet Material nach

Teilautonome Gruppenarbeit

DEFINITION

Ein Team übernimmt eine **ganzheitliche Aufgabe**: Es plant die Reihenfolge, verteilt die Arbeit, prüft die Qualität, übernimmt kleine Wartungen und wählt oft einen Gruppensprecher.

PRAXIS LOISACHTAL

Montageinsel Industripumpen: Das Team baut die IP 40 komplett und organisiert sich selbst.

Vorteile

- höhere Motivation und Flexibilität
- weniger Fehlzeiten, bessere Qualität
- kürzere Wege und Abstimmungen

Nachteile

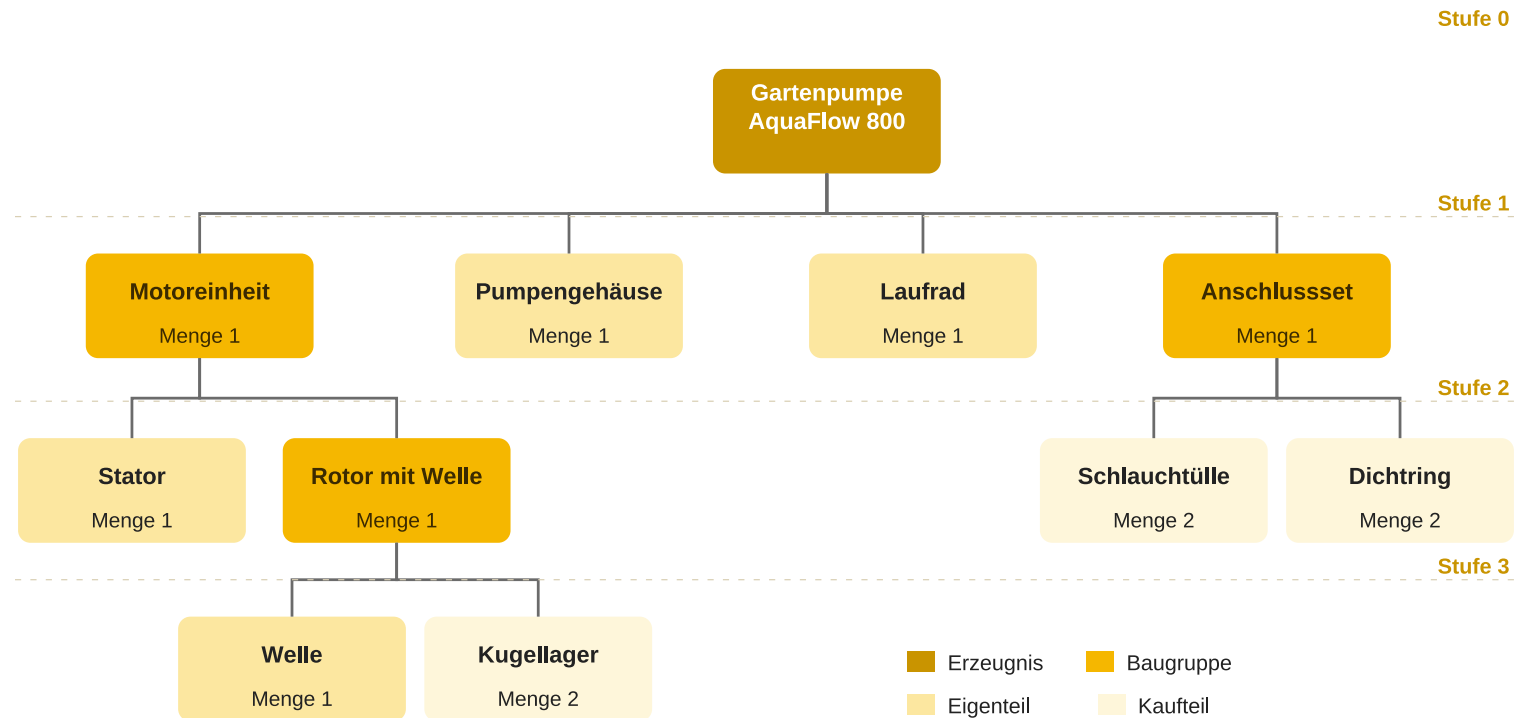
- Einarbeitung und Qualifizierung kosten Zeit und Geld
- Gruppendruck und Konflikte möglich
- Leistungsunterschiede werden sichtbar

2.2

Fertigungsplanung: Stückliste und Arbeitsplan

Woraus besteht das Produkt, und wie wird es hergestellt?

Erzeugnisstruktur der AquaFlow 800

**MERKE**

Stückliste = woraus das Produkt besteht.
Arbeitsplan = wie es hergestellt wird. Beide entstehen aus der Konstruktion.

PRÜFUNGSTIPP

Stücklisten kamen in 7 von 23 Prüfungen vor, meist zusammen mit der Bedarfsrechnung (Kapitel 5.4).

Stücklistenarten

Mengenstückliste	
Teil	Menge
Motoreinheit	1
Stator	1
Rotor mit Welle	1
Welle	1
Kugellager	2
Pumpengehäuse	1
Laufrad	1
Anschlussset	1
Schlauchtülle	2
Dichtring	2

*für die Bedarfsrechnung bei einfachen Produkten;
zeigt nicht, wann ein Teil gebraucht wird*

Strukturstückliste		
Stufe	Teil	Menge
.1	Motoreinheit	1
..2	Stator	1
..2	Rotor mit Welle	1
...3	Welle	1
...3	Kugellager	2
.1	Pumpengehäuse	1
.1	Laufrad	1
.1	Anschlussset	1
..2	Schlauchtülle	2
..2	Dichtring	2

*zeigt den ganzen Aufbau mit Fertigungsstufen; bei
großen Produkten sehr lang*

Baukastenstücklisten	
AquaFlow 800	
Motoreinheit	1
Pumpengehäuse	1
Laufrad	1
Anschlussset	1
Motoreinheit	
Stator	1
Rotor mit Welle	1
Rotor mit Welle	
Welle	1
Kugellager	2
Anschlussset	
Schlauchtülle	2
Dichtring	2

*je Baugruppe eine kurze Liste; Wiederholteile nur
einmal erfasst, gut für die EDV*

Mengenstückliste

alle Teile mit Gesamtmenge je Erzeugnis, ohne Struktur

Strukturstückliste

alle Baugruppen und Teile mit ihrer Stufe; zeigt den ganzen Aufbau

Baukastenstückliste

je Baugruppe nur die direkt eingehenden Teile; gut bei Wiederholteilen

Variantenstückliste

Grundstückliste plus Abweichungen der Varianten

Arbeitsplan und Belegungszeit

Arbeitsplan Nr. 2140 · Laufrad LR-800 · Edelstahl · Los 400 Stück					
AG	Arbeitsgang	Arbeitsplatz	tr (min)	te (min)	T (min)
10	Sägen	Säge S1	20	0,4	180
20	Drehen	Drehzentrum D2	60	3,0	1.260
30	Fräsen	Fräszentrum F1	40	2,5	1.040
40	Wuchten	Wuchtmaschine W1	15	1,0	415
50	Prüfen	Prüfplatz Q2	0	0,5	200
Summe der Belegungszeiten					3.095 min

Woher?

Arbeitsgänge und Maschinen legt die Arbeitsvorbereitung fest, die Zeiten kommen aus der Zeitaufnahme (REFA).

Rechnung

$T = tr + m \cdot te$, z. B. Drehen: $60 + 400 \cdot 3,0 = 1.260$ min.

Wofür?

Terminplanung, Kapazitätsbedarf, Kalkulation und Lohnabrechnung.

- Arbeitsgänge in ihrer Reihenfolge
- Arbeitsplatz oder Maschine, Werkzeuge, Vorrichtungen
- Vorgabezeiten: **Rüstzeit tr** und **Zeit je Einheit te**

$$\text{Auftragszeit } T = tr + m \cdot te$$

2.3

Fertigungssteuerung: Ziele, Dilemma und Störungen

Aufträge freigeben, Reihenfolge festlegen, Störungen beherrschen

Prüfungsrelevanz ★ in 2 von 23 Prüfungen · Arbeitsbuch ÜB S. 40–41

PPS, MES und BDE



- **PPS-System** (meist Teil des ERP): plant und steuert Aufträge
- **MES**: verbindet die Planung mit den Maschinen
- **BDE**: Maschinen und Mitarbeitende melden den Stand zurück

ZIELE DER FERTIGUNGSSTEUERUNG

hohe **Termintreue** · kurze **Durchlaufzeiten** · geringe **Bestände** ·
hohe **Auslastung** · hohe Flexibilität und Qualität

Das Dilemma der Ablaufplanung

Hohe Auslastung

braucht Warteschlangen vor jeder Maschine, damit nie Leerlauf entsteht

Kurze Durchlaufzeit

braucht freie Maschinen und kleine Warteschlangen, also Leerzeiten

MERKE

Gutenberg nannte diesen Zielkonflikt das **Dilemma der Ablaufplanung**. Heute hat meist die **kurze Durchlaufzeit** Vorrang: Kunden erwarten schnelle Lieferung, Bestände sind teuer.

ACHTUNG, TYPISCHER FEHLER

Die Ziele nicht als harmonisch darstellen. Warteschlangen bedeuten lange Durchlaufzeiten **und** hohe Bestände.

Störungen und Gegenmaßnahmen

Störung	Mögliche Maßnahmen
Maschinenausfall	Ausweichmaschine, Reparatur mit Vorrang, vorbeugende Instandhaltung, Fremdvergabe
Materialmangel	Eilbestellung, Ersatzmaterial, Reihenfolge ändern, Sicherheitsbestand erhöhen
Personalausfall	Springer, Überstunden, Mehrfachqualifizierung, Leiharbeit
Qualitätsmängel	Sperren, Nacharbeit, Ursachenanalyse (Ishikawa), Reklamation
Eilaufträge	Prioritäten neu festlegen, Kapazität freimachen, Kunden informieren

PRÜFUNGSTIPP

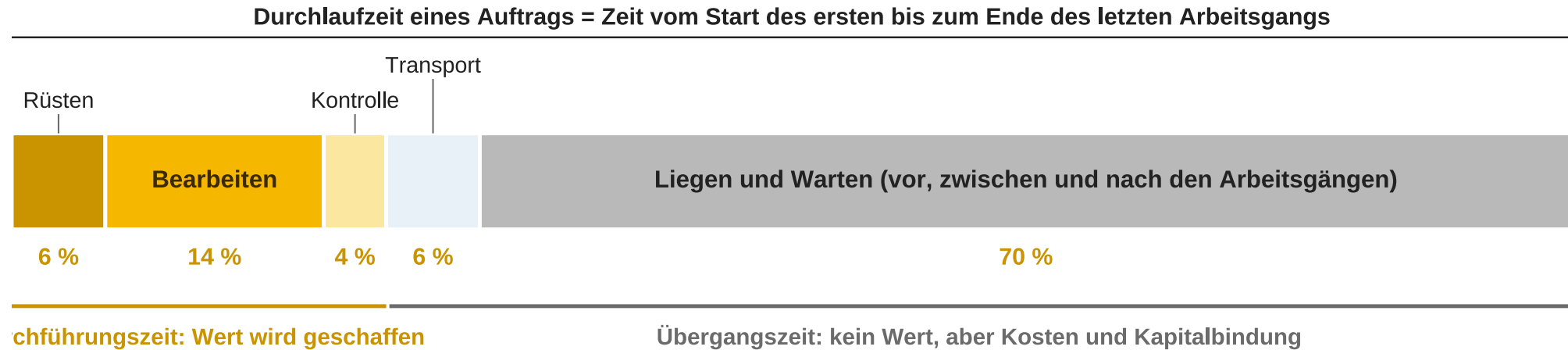
Paare bringen die Punkte: jede Störung **mit** passender Maßnahme und Bezug zur Situation. Eine Liste ohne Maßnahmen bringt nur die Hälfte.

2.4

Durchlaufzeit und Terminplanung

Durchlaufzeit, Umlaufbestand, Belegungsplan, Losteilung und Netzplan

Woraus besteht die Durchlaufzeit?



Typische Anteile in der Werkstattfertigung; die Liegezeit ist der größte Hebel zur Verkürzung.

DEFINITION

Durchlaufzeit = Zeit vom Beginn des ersten bis zum Ende des letzten Arbeitsgangs. **Durchführungszeit** (Rüsten, Bearbeiten) + **Übergangszeit** (Liegen, Warten, Transport, Kontrolle).

PRAXIS LOISACHTAL

IP 40: 19 Arbeitstage Durchlaufzeit, bearbeitet nur rund 2 Tage.
Ziel von Miriam Kolb: 10 Tage.

Umlaufbestand und Kapitalbindung

Umlaufbestand = Durchsatz je Tag · Durchlaufzeit in Tagen

Kapitalbindung = Umlaufbestand · Wert je Stück in der Fertigung

RECHENWEG: INDUSTRIEPUMPE IP 40

Heute: 12 Pumpen/Tag · 19 Tage = **228 Pumpen** · 228 · 650 € = **148.200 €**

Ziel: 12 · 10 = 120 Pumpen · 120 · 650 € = 78.000 €

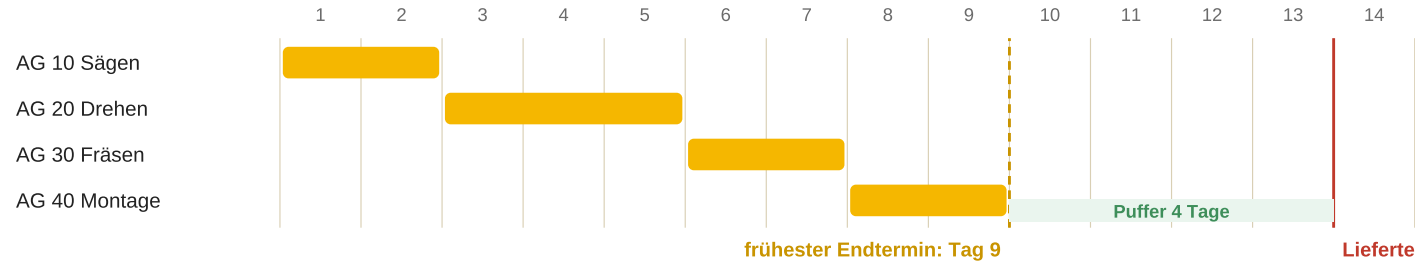
Zinsersparnis: 70.200 € · 8 % = **5.616 € im Jahr**

MERKE

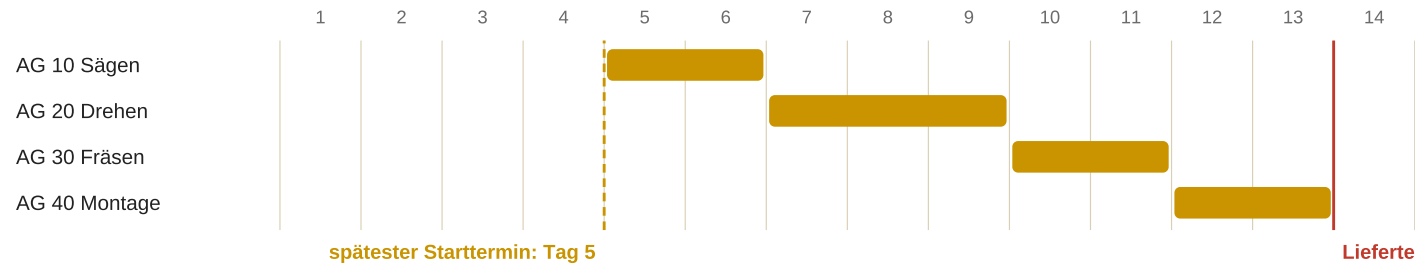
Kürzere Durchlaufzeit = weniger halbfertige Ware = weniger gebundenes Kapital.

Vorwärts- und Rückwärtsterminierung

Vorwärtsterminierung: ab Starttermin (Tag 1) so früh wie möglich



Rückwärtsterminierung: vom Liefertermin (Tag 13) so spät wie möglich



- **Vorwärts:** ab frühestem Start so früh wie möglich → **frühester Endtermin**, evtl. Puffer
- **Rückwärts:** ab Liefertermin so spät wie möglich → **spätester Starttermin**; wenig Kapitalbindung, aber kein Puffer
- **Kombiniert:** ab einem Termin in der Mitte, z. B. Engpassmaschine

Den Belegungsplan sicher zeichnen

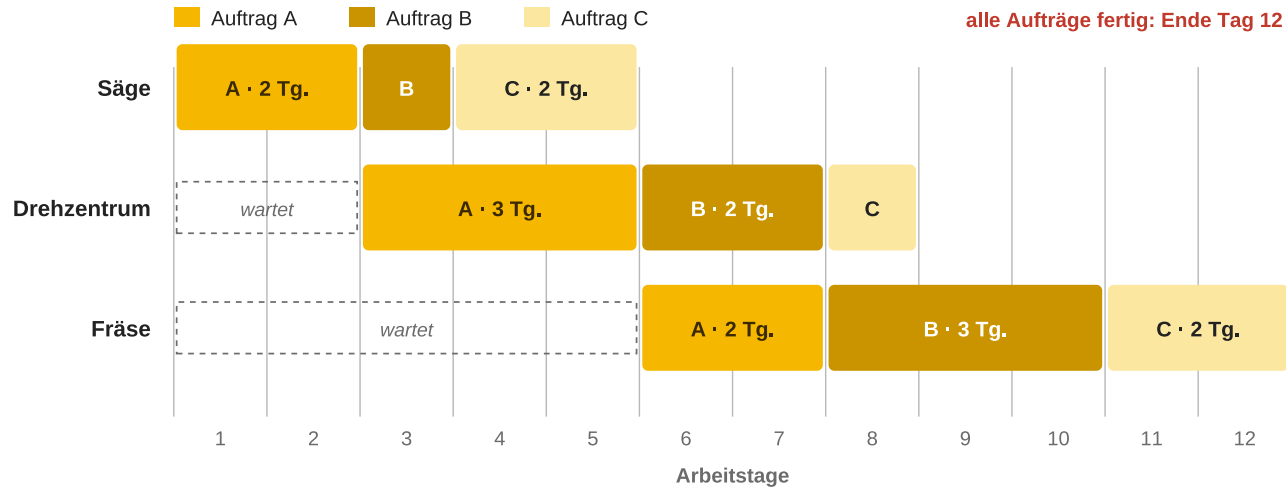
PRÜFUNGSTIPP

- Zeitachse waagerecht, Maschinen oder Arbeitsgänge senkrecht, Achsen beschriften
- Rüst- und Bearbeitungszeiten vorher in Stunden oder Tage umrechnen
- Ein Arbeitsgang beginnt erst, wenn der **Vorgänger fertig** und die **Maschine frei** ist
- Übergangs- und Fremdzeiten: Arbeitsstunden oder Kalendertage? Eine gemeinsame Achse wählen

MERKE

Für saubere Kästchen gibt es oft eigene Punkte. Terminplanung mit Belegungsplan brachte bis zu **20 Punkte**.

Maschinenbelegung bei mehreren Aufträgen



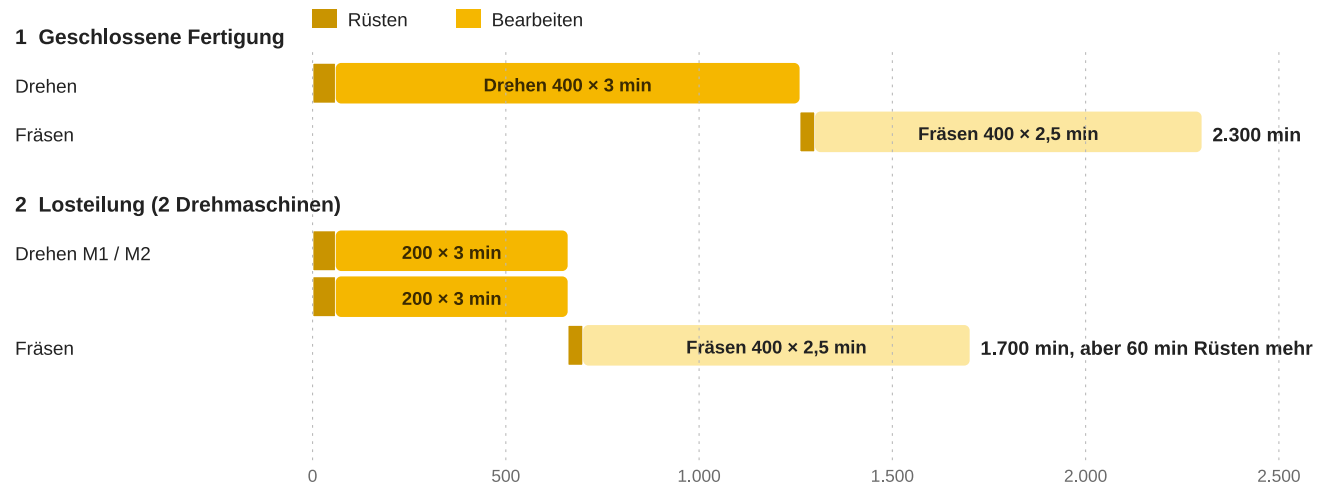
Auftrag	Säge	Drehen	Fräsen
A	2	3	2
B	1	2	3
C	2	1	2

- Reihenfolge A, B, C: fertig nach **12 Tagen**
- Reihenfolge B, A, C: fertig nach **10 Tagen**

PRÜFUNGSTIPP

Vorgegebene Reihenfolge einhalten, Warte- und Leerzeiten markieren; eine bessere Reihenfolge begründen bringt oft einen Zusatzpunkt.

Losteilung und Überlappung

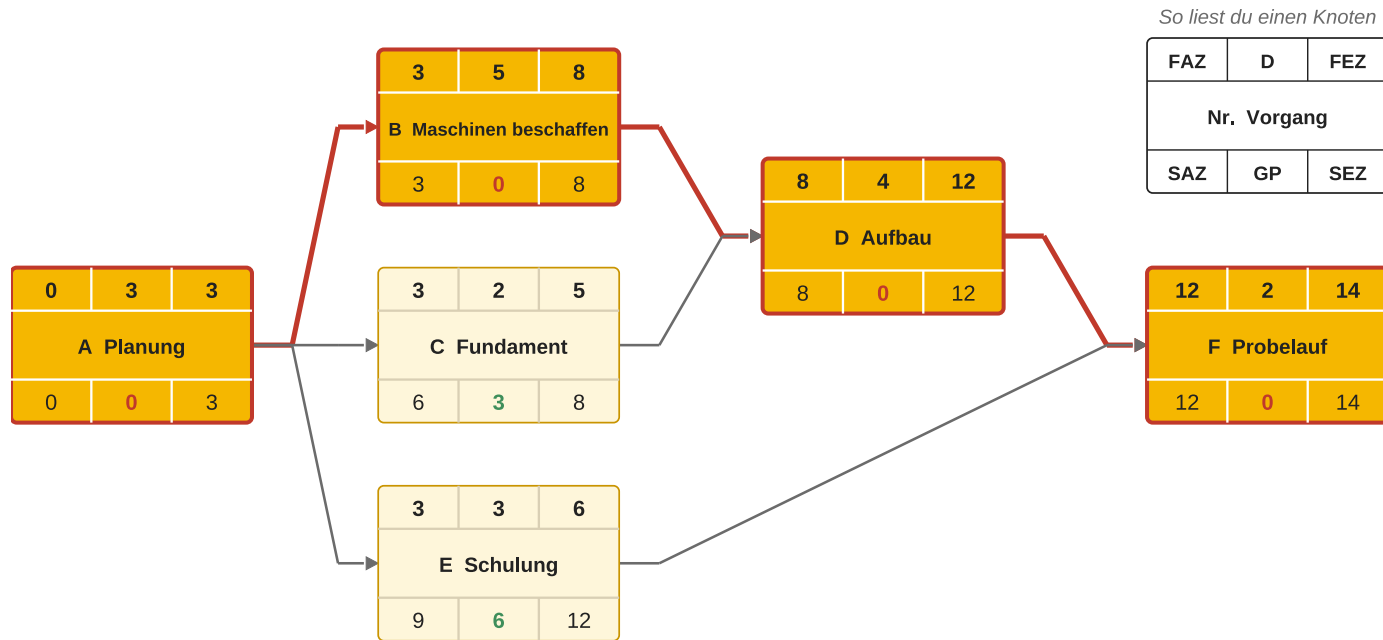


- **Losteilung:** Los parallel auf mehrere Maschinen; kürzer, aber mehr Rüsten
- **Überlappung:** nächster Arbeitsgang startet mit dem ersten Teillos; mehr Transporte

RECHENWEG

Ohne Teilung: $60 + 400 \cdot 3 = 1.260$ min. Mit Teilung: $60 + 200 \cdot 3 = 660$ min je Maschine. **Gewinn 600 min = 10 Std.**, Mehrkosten 1 Std. Rüsten · 85 € = **85 €**

Netzplantechnik



Zeiten in Wochen. Kritischer Pfad A – B – D – F (rot): 14 Wochen, Gesamtpuffer 0.

NETZPLAN IN DREI SCHRITTEN

- 1. Vorwärts:** FAZ = **größter** FEZ der Vorgänger · FEZ = FAZ + Dauer
- 2. Rückwärts:** SEZ = **kleinster** SAZ der Nachfolger · SAZ = SEZ – Dauer
- 3. Puffer:** GP = SAZ – FAZ; GP = 0 → **kritischer Pfad**

ACHTUNG, TYPISCHER FEHLER

Größten und kleinsten Wert verwechselt = ganzer Netzplan falsch.

2.5

Kapazitätsplanung

Kapazitätsangebot, Kapazitätsbedarf, Auslastung und Abgleich

Kapazitätsrechnung

Angebot = Maschinen · Tage · Stunden · Schichten · (1 – Ausfallquote)

Bedarf = $\Sigma (tr + m \cdot te)$ · Auslastung = Bedarf ÷ Angebot · 100 %

RECHENWEG: DREHZENTRUM IM MAI

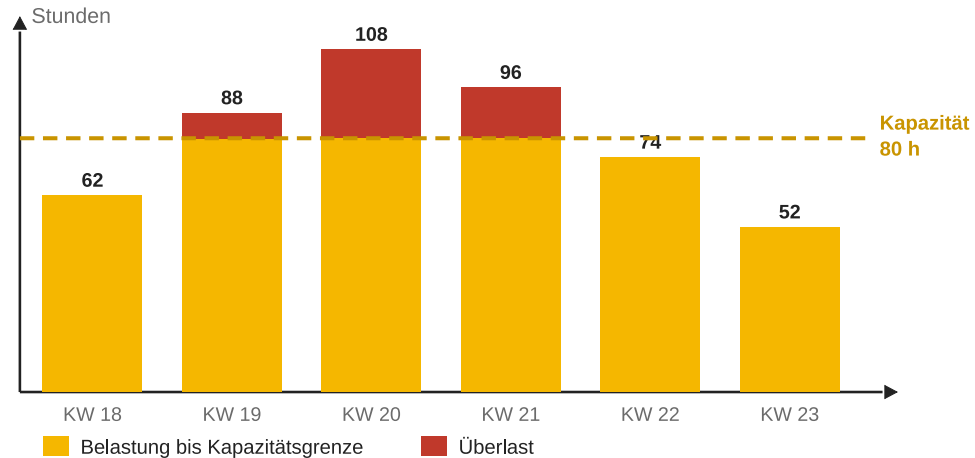
Angebot: $2 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 8 = 640 \text{ Std.} \cdot 0,9 = 576 \text{ Std.}$

Bedarf: A 162 Std. + B 226,5 Std. + C 201 Std. = **589,5 Std.**

Auslastung: $589,5 \div 576 = 102,3 \% \rightarrow$ es fehlen 13,5 Std.

Abhilfe: Samstagsschicht oder Teil von C in den Juni

Kapazitätsabgleich



Kapazitätsabgleich

- Aufträge vorziehen (KW 18) oder verschieben (KW 22, 23)
- Überstunden, Zusatzschicht
- Fremdvergabe (verlängerte Werkbank)
- Losgrößen ändern
- Ausweichmaschine nutzen

Angebot anpassen

- Überstunden, Zusatzschicht, Samstag
- Leiharbeit, befristete Einstellungen
- Arbeitszeitkonten, Fremdvergabe
- zusätzliche Maschinen

Belastung anpassen

- Aufträge vorziehen oder verschieben
- Losgrößen ändern, Ausweichmaschine
- Liefertermin verhandeln, Rüstzeiten senken

Kapazitätsbegriffe und Beschäftigungsgrad

Maximalkapazität

höchstmögliche Ausbringung bei voller Nutzung

Optimalkapazität

niedrigste Stückkosten; meist unter der Maximalkapazität

Mindestkapazität

darunter läuft die Anlage nicht sinnvoll

$$\text{Beschäftigungsgrad} = \text{tatsächliche Ausbringung} \div \text{Kapazität} \cdot 100 \%$$

PRAXIS LOISACHTAL

Linie 800: Kapazität 250 Tage · 300 Stück = 75.000 Pumpen,
geplant 60.000 → Beschäftigungsgrad **80 %**.

ACHTUNG, TYPISCHER FEHLER

Auslastung (Bedarf ÷ verfügbares Angebot) und
Beschäftigungsgrad (Ist-Ausbringung ÷ Kapazität) nicht
verwechseln.

MERKE

Bei Volllast steigen Überstundenzuschläge, Verschleiß und
Ausschuss – deshalb liegt die Optimalkapazität unter der
Maximalkapazität.

2.6

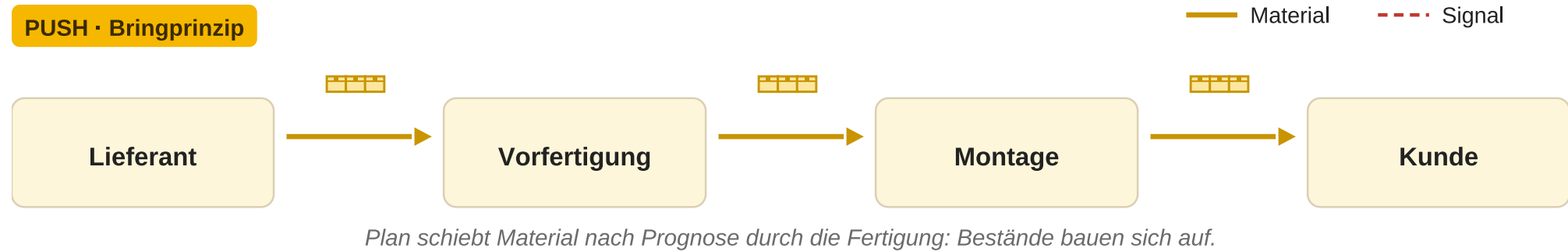
Steuerungskonzepte: Push, Pull, Kanban und Just in Time

Schieben oder ziehen? Kanban, Just in Time, Prioritätsregeln

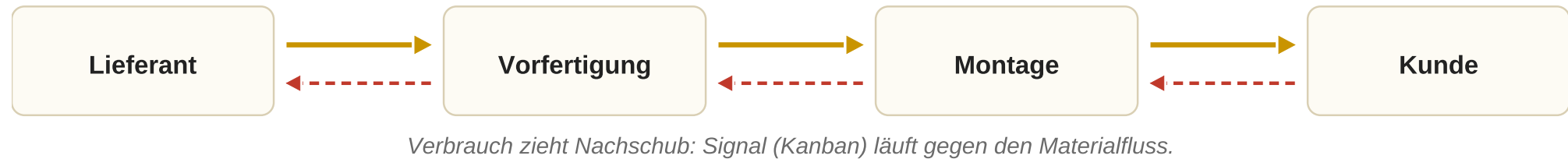
Prüfungsrelevanz ★ in 2 von 23 Prüfungen · Arbeitsbuch ÜB S. 45–48

Push und Pull

PUSH · Bringprinzip



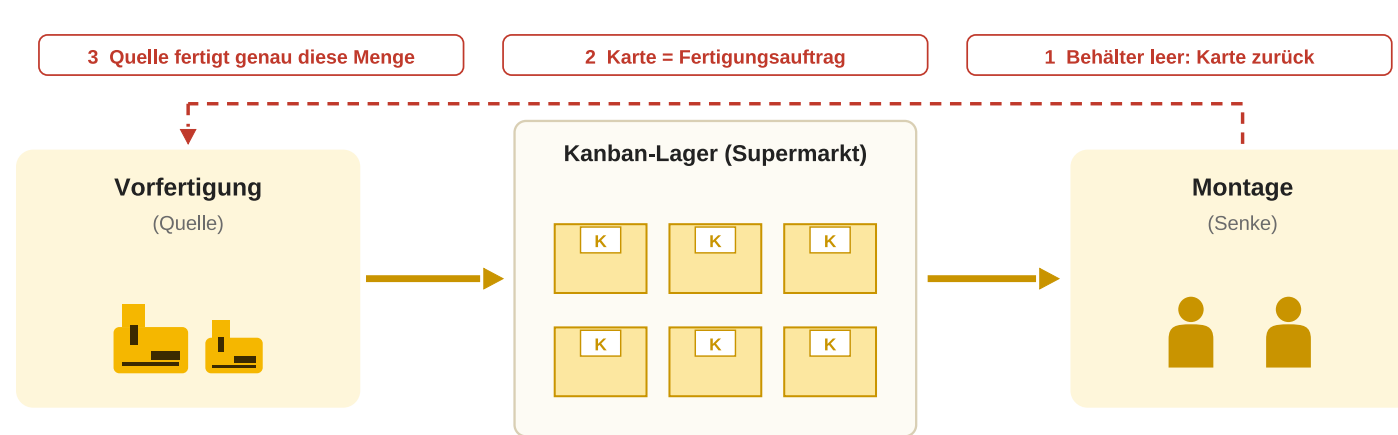
PULL · Holprinzip



DEFINITION

Push: Material wird nach Plan durch die Fertigung geschoben. **Pull:** Erst der Verbrauch der nachfolgenden Stelle löst Fertigung oder Lieferung aus.

Kanban: der Regelkreis



- Die Senke holt nur, was sie verbraucht.
- Ohne Karte wird nichts gefertigt.
- Nur volle, fehlerfreie Behälter weitergeben.
- Kartenzahl begrenzt den Bestand.

DEFINITION

Kanban (japanisch: Karte) – Pull-Steuerung nach Toyota. Leerer Behälter → Karte zur Quelle → genau dieser Behälter wird wieder gefüllt. Die **Zahl der Karten begrenzt den Bestand**.

$$\text{Karten} = \text{Verbrauch} \cdot \text{WBZ} \cdot (1 + \text{Sicherheit}) \div \text{Behälterinhalt}$$

RECHENWEG

Laufräder: $300 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \div 40 = 4,5 \rightarrow \mathbf{5 \text{ Karten}}$ (aufrunden)

Kanban: Voraussetzungen und Vorteile

Voraussetzungen

- gleichmäßiger, planbarer Verbrauch (X-Teile)
- kurze Rüstzeiten, kleine Lose
- hohe Prozessqualität, wenig Ausschuss
- zuverlässige Maschinen und Lieferanten
- disziplinierte, geschulte Mitarbeitende

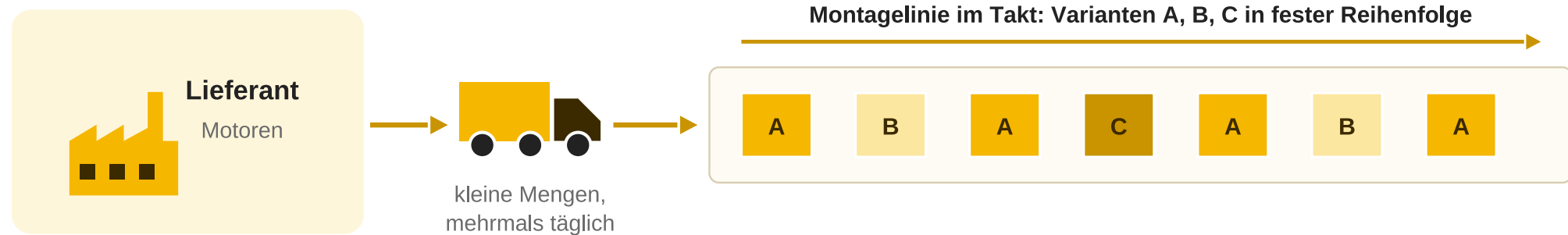
Vorteile

- geringe Bestände und Kapitalbindung
- kurze Durchlaufzeiten
- einfache, selbststeuernde Regelkreise
- Probleme werden sofort sichtbar
- weniger Planungsaufwand

PRÜFUNGSTIPP

Kanban und JIT kamen mit bis zu 10 Punkten. Voraussetzungen werden fast immer gefragt.

Just in Time und Just in Sequence



Just in Time (JIT)

richtige Teile, Menge, Zeit, Ort – ohne Lager

Just in Sequence (JIS)

zusätzlich in der Reihenfolge des Bandes

DEFINITION

JIT: Lieferung in der benötigten Menge genau zum Bedarfszeitpunkt, möglichst ohne Lager. **JIS:** zusätzlich in der Reihenfolge des Verbaus.

ACHTUNG, TYPISCHER FEHLER

Immer **Voraussetzungen** (zuverlässiger Lieferant in der Nähe, stabile Qualität, Datenverbindung, Rahmenvertrag, gleichmäßiger Bedarf) **und Risiken** (Stau, Streik, Lieferantenausfall = Bandstillstand) nennen.

Prioritätsregeln

Regel	Wirkung
Kürzeste Operationszeit (KOZ)	viele Aufträge schnell, kurze mittlere Durchlaufzeit; lange Aufträge warten
First in – first out	gerecht und einfach, ohne Rücksicht auf Termine
Frühester Liefertermin	hohe Termintreue
Geringste Schlupfzeit	dringende Aufträge zuerst
Höchster Deckungsbeitrag	wirtschaftlich wichtige Aufträge zuerst
Wichtigster Kunde	sichert Stammkunden, benachteiligt andere

**Schlupf = Zeit bis Liefertermin
– Restbearbeitungszeit**

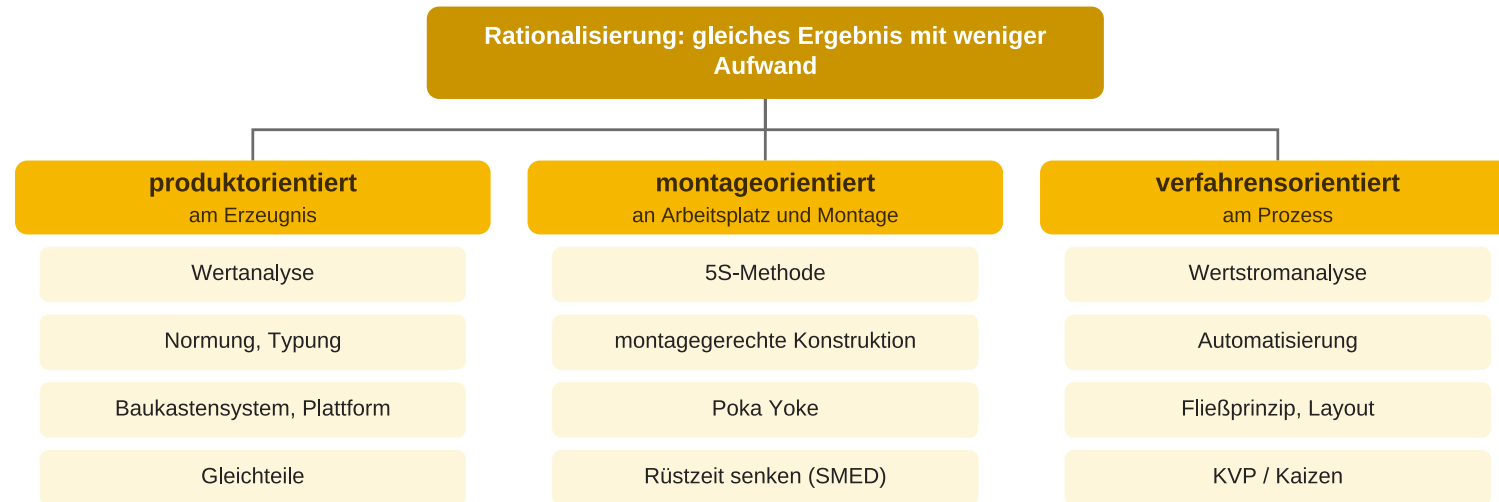
2.7

Rationalisierung und kontinuierliche Verbesserung

Produkt, Montage und Verfahren verbessern: Wertanalyse, 5S, SMED, Wertstrom, KVP

Prüfungsrelevanz ★ in 2 von 23 Prüfungen · Arbeitsbuch ÜB S. 48–51

Ansatzpunkte der Rationalisierung



DEFINITION

Rationalisierung: dasselbe Ergebnis mit weniger Aufwand oder ein besseres Ergebnis mit gleichem Aufwand.

MERKE

Drei Ansatzpunkte: **produktorientiert**, **montageorientiert**, **verfahrensorientiert**.

Produktorientierte Rationalisierung

- **Wertanalyse** (DIN EN 12973): jede Funktion prüfen – geht es günstiger? Vorbereiten, Ist und Funktionen analysieren, Soll festlegen, Ideen entwickeln, bewerten, umsetzen
- **Normung**: Einzelteile vereinheitlichen (DIN, EN, ISO, Werksnorm)
- **Typung**: ganze Erzeugnisse vereinheitlichen, weniger Varianten
- **Baukasten und Plattform**: wenige Bausteine, viele Varianten
- **Teilefamilien und Gleichteile**

PRAXIS LOISACHTAL

Die AquaFlow-Familie nutzt denselben Motor in drei Leistungsstufen.

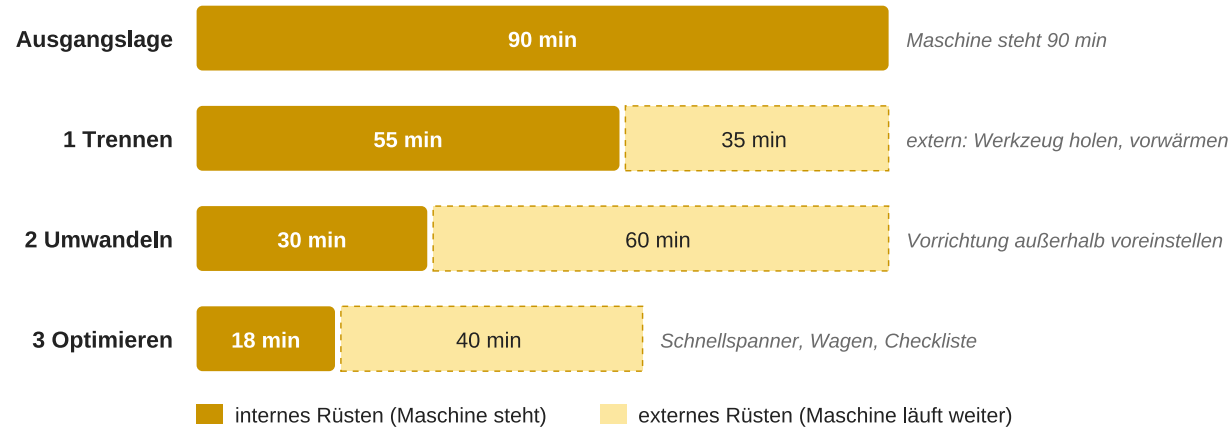
Montageorientiert: 5S, Poka Yoke, SMED



- 1 Sortieren**
Unnötiges vom Arbeitsplatz entfernen (rote Karte)
- 2 Systematisieren**
feste Plätze, Schattenbrett, Kennzeichnung
- 3 Säubern**
Arbeitsplatz und Maschine reinigen und dabei prüfen
- 4 Standardisieren**
Regeln, Checklisten, Fotos des Soll-Zustands
- 5 Selbstdisziplin**
Regeln einhalten, Audits, ständig verbessern

- **5S:** Ordnung und Sauberkeit in fünf Schritten
- **Poka Yoke:** Fehler werden unmöglich (Stecker passt nur in einer Richtung)
- **montagegerecht konstruieren:** wenige Teile, eine Fügeichtung, Schnappverbindung
- **SMED:** Rüsten vorbereiten, während die Maschine läuft

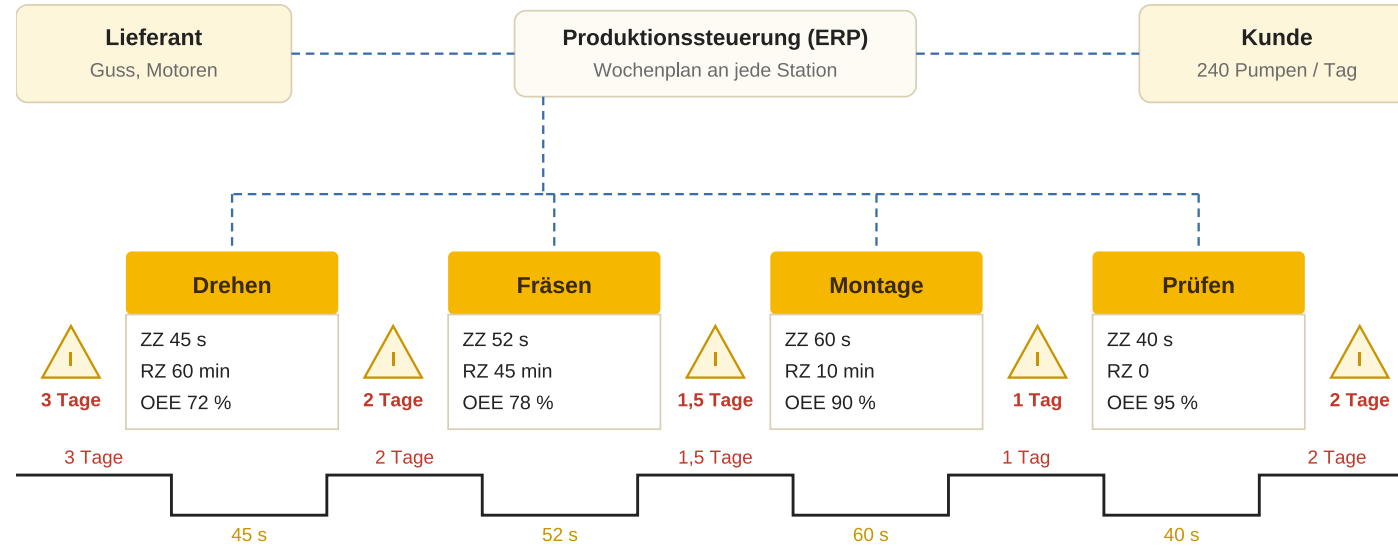
Rüstzeitverkürzung nach SMED



MERKE

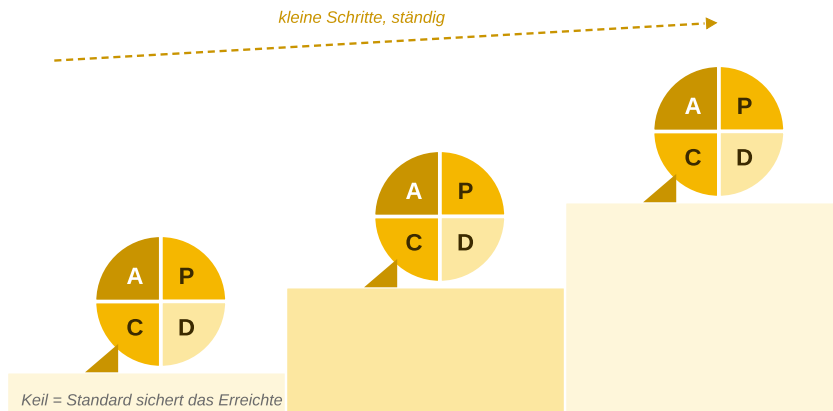
Kurze Rüstzeit → kleine Lose ohne höhere Rüstkosten → weniger Bestand, kürzere Durchlaufzeit.

Verfahrensorientiert: Wertstrom und KVP



- **Wertstromanalyse:** Material- und Informationsfluss mit Symbolen; zeigt den kleinen wertschöpfenden Anteil und wo Bestände liegen
- **KVP / Kaizen:** alle verbessern ständig in kleinen Schritten mit **PDCA**
- Verfahrenswechsel, Automatisierung, Fließprinzip, besseres Layout

PDCA und die sieben Arten der Verschwendung

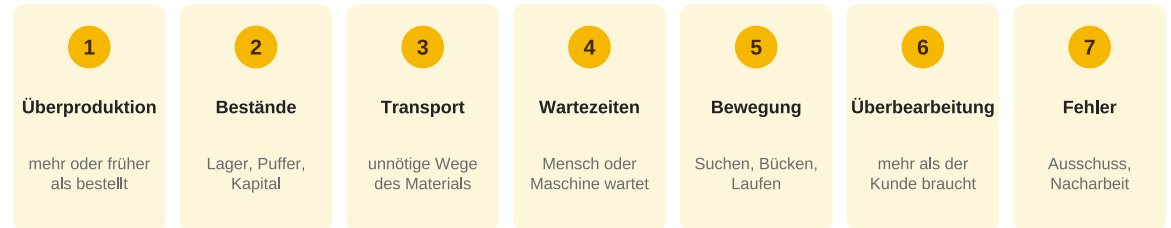


Plan
Problem analysieren, Ursache finden, Ziel und Maßnahme planen

Do
Maßnahme im kleinen Rahmen umsetzen und testen

Check
Wirkung messen: Ist das Ziel erreicht?

Act
als neuen Standard festschreiben oder neuen Zyklus starten



Muda: alles, was Kosten verursacht, aber keinen Wert für den Kunden schafft

Merkhilfe TIMWOOD: Transport, Inventory, Motion, Waiting, Overproduction, Overprocessing, Defects

MERKE

Muda: Überproduktion, Bestände, Transport, Wartezeiten, unnötige Bewegungen, Überbearbeitung, Fehler.

PRÜFUNGSTIPP

KVP = laufende Verbesserung durch alle. Von **Innovation** abgrenzen: Der Unterschied liegt nicht nur in der Größe des Schritts.

2.8

Personal- und Betriebsmittelbedarf

Wie viele Monteure und Maschinen brauchen wir?

Prüfungsrelevanz ★ in 2 von 23 Prüfungen · Arbeitsbuch ÜB S. 51–52

Personalbedarf berechnen

Personalbedarf = Zeitbedarf ÷ verfügbare Zeit je Mitarbeiter

- Zeitbedarf = $\Sigma (tr + m \cdot te)$
- Verfügbare Zeit = Tage · Stunden · 60 · (1 – Ausfallquote)
- Bei Zeitgrad über 100 %: Zeitbedarf ÷ Zeitgrad

PRAXIS LOISACHTAL

Montageinsel Juli: 6 Monteure, 21 Tage, 7,5 Std.; Ausfälle 6 + 5 + 4 + 5 = 20 %. Auftrag 1: 18.000 min · Auftrag 2: 2.500 Stück, tr 150 min, te 6 min.

RECHENWEG

1. Zeitbedarf: $18.000 + 15.150 = 33.150 \text{ min}$

2. Angebot: $6 \cdot 21 \cdot 7,5 \cdot 60 \cdot 0,8 = 45.360 \text{ min}$

3. Auslastung: **73,1 %**

4. Zusatzauftrag 3: $te = 5,0 \cdot 1,12 = 5,6 \text{ min}$; $180 + 3.000 \cdot 5,6 = 16.980 \text{ min} \rightarrow \text{Lücke } 4.770 \text{ min}$

5. Zusatzpersonal: $4.770 \div 7.560 = 0,63 \rightarrow \text{1 Monteur}$

Typische Fehler beim Personalbedarf

ACHTUNG, TYPISCHER FEHLER

- Ergebnis zuerst in **Vollzeitäquivalenten**; bei ganzen Stellen **aufunden** (4,2 → 5)
- Kleine Reste (0,04) lassen sich mit Überstunden decken
- Ausfallquoten nur **addieren**, wenn sie dieselbe Bezugsgröße haben
- Minuten und Stunden nicht mischen

MERKE

Der **Betriebsmittelbedarf** folgt demselben Muster:
Maschinenstunden-Bedarf ÷ verfügbare Stunden je Maschine.
Dazu Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen, Werkzeuge, Prüfmittel.

PRÜFUNGSTIPP

Personalbedarf brachte bis zu **18 Punkte** – Rechenweg mit Einheiten zeigen.

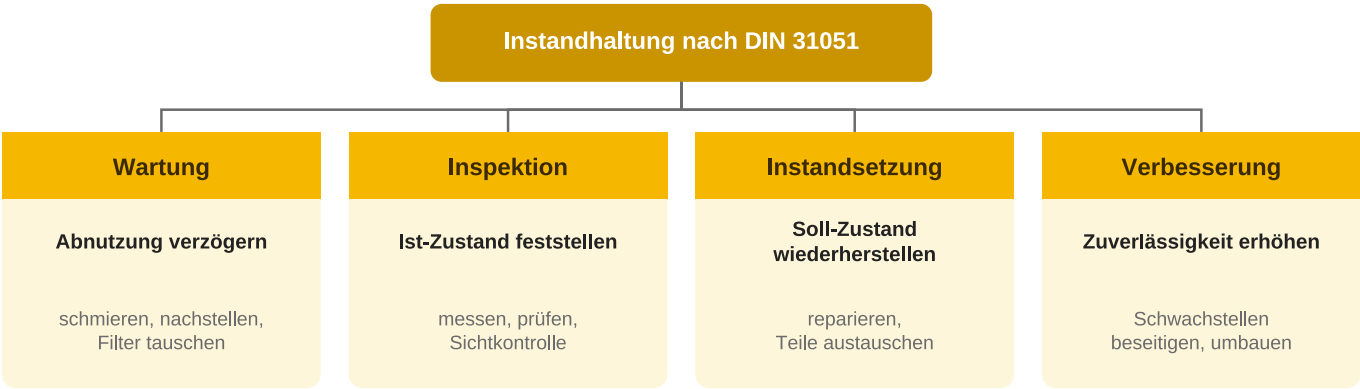
2.9

Absicherung der Produktion: Instandhaltung und Fertigungskontrolle

Instandhaltung, OEE und Fertigungskontrolle

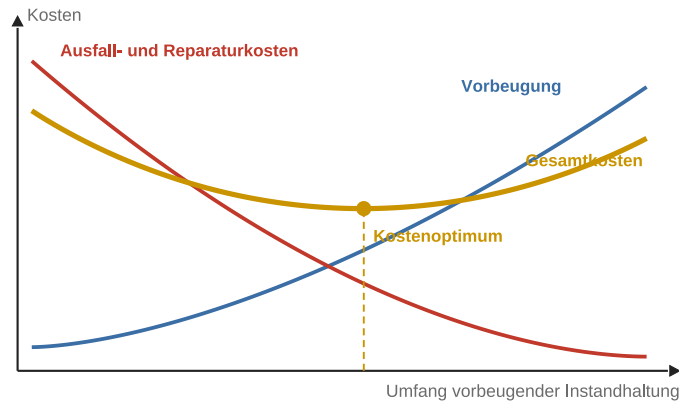
Prüfungsrelevanz ★★ gelegentlich geprüft · Arbeitsbuch ÜB S. 52–54

Instandhaltung nach DIN 31051



Maßnahme	Inhalt und Beispiel
Wartung	Abnutzung verzögern: schmieren, Filter wechseln
Inspektion	Ist-Zustand feststellen: Schwingung messen
Instandsetzung	Soll-Zustand wiederherstellen: Lager tauschen
Verbesserung	Zuverlässigkeit erhöhen ohne Funktionsänderung

Strategien und Badewannenkurve



ausfallbedingt
reparieren, wenn es kaputt ist
Einsatz: billige, redundante Anlagen

vorbeugend, periodisch
nach festen Intervallen (Zeit, Stück)
Einsatz: Sicherheit, Vorschrift

zustandsorientiert
nach gemessenem Verschleiß
Einsatz: Sensoren, Schwingungen

vorausschauend (Predictive)
Datenanalyse sagt Ausfall voraus
Einsatz: Industrie 4.0



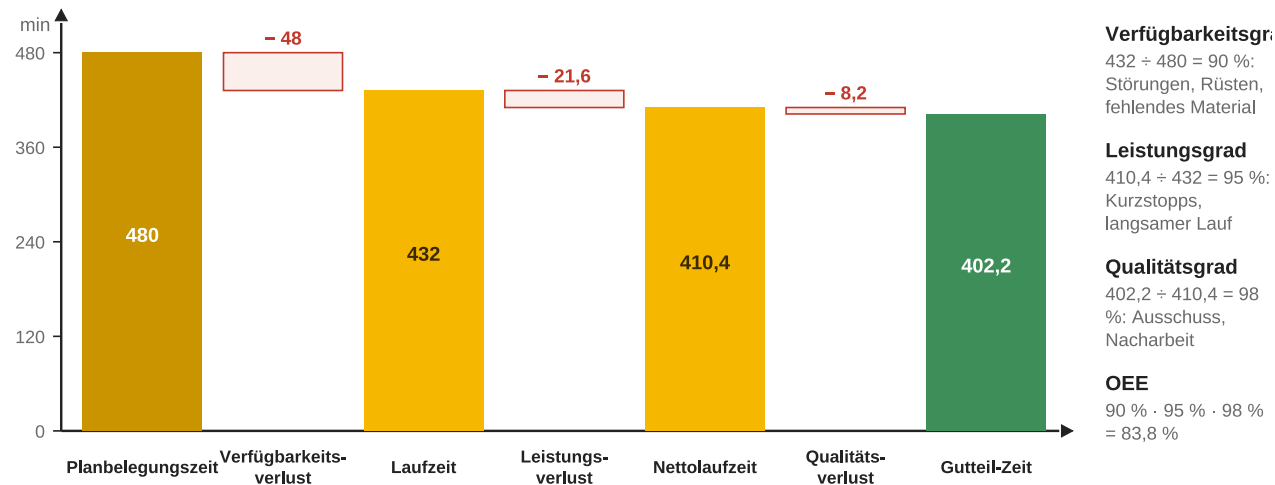
Frühausfälle
Montage- und Materialfehler:
Einlaufprüfung, Garantie

Zufallsausfälle
niedrige, konstante Rate:
Inspektion, Ersatzteile

Verschleißausfälle
Abnutzung: Teile vorbeugend
tauschen

- **ausfallbedingt, vorbeugend** (zeit- oder zustandsorientiert), **vorausschauend**
- Kostenoptimum zwischen Ausfall- und Vorbeugekosten

TPM und Gesamtanlageneffektivität (OEE)



DEFINITION

TPM: Bedienerinnen und Bediener übernehmen einfache Wartung und Inspektion selbst (autonome Instandhaltung).

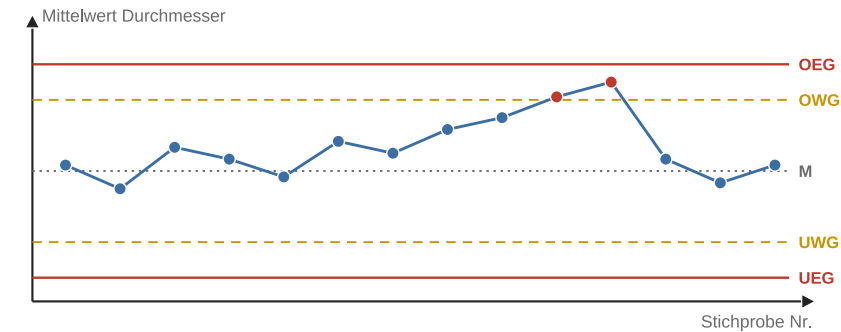
$$\text{OEE} = \text{Verfügbarkeit} \cdot \text{Leistung} \cdot \text{Qualität}$$

RECHENWEG

$$90 \% \cdot 95 \% \cdot 98 \% = 83,8 \%$$

Fertigungskontrolle und Qualitätsprüfung

- Fertigungskontrolle: **Mengen, Termine, Kosten, Qualität**
- Zeitpunkt: **Eingangs-, Zwischen-, Endprüfung**
- Umfang: **Vollprüfung** (Druckprüfung jeder Pumpe) oder **Stichprobe**
- **Werkerselbstprüfung**
- **SPC** mit Regelkarten: Abweichung erkennen, bevor Ausschuss entsteht



OEG / UEG
obere und untere
Eingriffsgrenze: Prozess
stoppen, Ursache
beseitigen

OWG / UWG
Warn Grenzen: Prozess
genauer beobachten

Trend
mehrere Punkte steigen
nacheinander: etwa
Werkzeugverschleiß

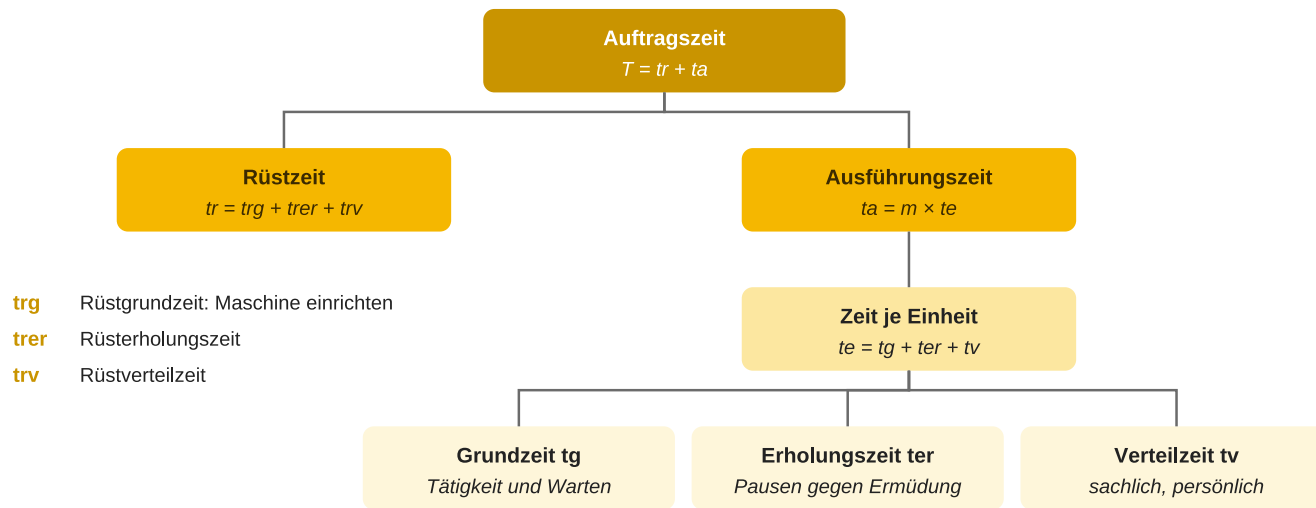
2.10

Zeitwirtschaft nach REFA

Vorgabezeiten: Grundlage für Termine, Kapazität, Kalkulation und Akkord

Prüfungsrelevanz ★ in 3 von 23 Prüfungen · Arbeitsbuch ÜB S. 54–56

Gliederung der Auftragszeit nach REFA



m = Auftragsmenge. Die Rüstzeit fällt je Auftrag einmal an, die Zeit je Einheit für jedes Stück.

$$T = tr + m \cdot te$$

Grundzeit tg

Tätigkeits- und Wartezeit

Erholungszeit ter

Abbau der Ermüdung

Verteilzeit tv

sachlich und persönlich

Rüstzeit tr

einmal je Auftrag

Zeitaufnahme und Leistungsgrad

$$tg = \text{Istzeit} \cdot \text{Leistungsgrad} \div 100$$

$$te = tg \cdot (1 + \text{Zuschlag}) \cdot \text{Zeitgrad} = \text{Vorgabe} \div \text{Ist} \cdot 100 \%$$

RECHENWEG: LAUFRAD DREHEN

Istzeiten $2,85 \cdot 2,95 \cdot 2,90 \cdot 2,94 \rightarrow \emptyset$ **2,91 min** · Leistungsgrad 110 % $\rightarrow tg =$ **3,20 min** · Zuschläge 8 % + 4,5 % $\rightarrow te =$ **3,60 min** · 400 Stück, t_r 45 min $\rightarrow T =$ **1.485 min**

ACHTUNG, TYPISCHER FEHLER

Leistungsgrad wird bei der Zeitaufnahme **geschätzt** (Istzeit $\rightarrow$ Normalzeit). **Zeitgrad** wird **danach berechnet** (Vorgabe $\div$ gebrauchte Zeit, z. B. Akkord 110 %).

MERKE

Leistungsgrad nur auf beeinflussbare Tätigkeitsanteile anwenden, nicht auf feste Maschinenzeiten.

Weitere Verfahren der Zeitermittlung

$t_r = 45 \text{ min}$

$T = 1.485 \text{ min} = 24,75 \text{ h}$

t_r

$t_a = 400 \text{ Stück} \times 3,6 \text{ min} = 1.440 \text{ min}$

Auftragszeit für 400 Laufräder: Rüsten einmal, Ausführen 400-mal

Multimomentaufnahme

stichprobenartige Beobachtung, wie oft ein Zustand vorkommt

MTM

Systeme vorbestimmter Zeiten aus Grundbewegungen

Vergleichen und Schätzen

auf Basis ähnlicher Arbeiten

Selbstaufschreibung

Mitarbeitende notieren ihre Zeiten

Auf einen Blick: Kapitel 2

- **Arbeitsstrukturierung:** Rotation, Enlargement (horizontal), Enrichment (vertikal), teilautonome Gruppe
- **Stückliste** = woraus, **Arbeitsplan** = wie; $T = t_r + m \cdot t_e$
- **Dilemma:** Auslastung gegen Durchlaufzeit
- **Vorwärts** → frühester Endtermin; **rückwärts** → späterster Start
- **Netzplan:** vorwärts größter FEZ, rückwärts kleinster SAZ, $GP = SAZ - FAZ$
- **Auslastung** = $\text{Bedarf} \div \text{Angebot}$; **Beschäftigungsgrad** = $\text{Ist} \div \text{Kapazität}$
- **Kanban:** Pull, Karten begrenzen den Bestand; **JIT/JIS**
- **Rationalisierung:** produkt-, montage-, verfahrensorientiert; KVP mit PDCA
- **Personalbedarf** = $\text{Zeitbedarf} \div \text{verfügbare Zeit}$; ganze Stellen aufrunden
- **Instandhaltung:** Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung; **REFA:** $t_e = t_g + t_{er} + t_v$

Kapitel 2 geschafft!

Jetzt festigen: Bearbeiten Sie das Multiple-Choice-Training zu Kapitel 2 und schließen Sie Lücken mit der Mindmap und den Übungen im Arbeitsbuch (Ebene 1 bis 3, ab S. 57).

Multiple-Choice-Training

PC0020 · mit Lösungen

Mindmap Kapitel 2

PM0020 · A3 quer

Vorlesung auf YouTube

Kanal @fachwirt24

Weiter geht's

Kapitel 3: Produktionstechnische
Rahmenbedingungen bewerten