

# Vorbereitung zur Klausur Fertigungsplanung – Teilefertigung

## 2. Gegenstand der Fertigungsplanung

Fragen:

### 2.8.1. Welche wesentlichen Merkmale kennzeichnen eine Fertigungsaufgabe?

Fertigungsaufgabe:

- Startpunkt der Fertigungsplanung
- Grundlage sind Konstruktionszeichnungen und Konstruktionsstücklisten
- Besteht aus **konstruktiven** (WST-Funktion, WST-Geometrie, WST-Werkstoff,...) und **fertigungstechnischen** (fertigungsgerechte WST-Gestaltung, Rohteilmöglichkeiten, Spannmöglichkeiten, fertigungsgerechte WST-Bemaßung, ...) **Merkmale** sowie **fertigungsorganisatorischen** (Auftragsvolumen, Termin, Wiederhol- oder Neufertigung,...) und **ökonomischen** (verfügbares Material, Fertigungsmittel, Personal, Zeitfonds, finanzielle Fonds,...) **Bedingungen**

### 2.8.2. Wie sind Fertigungsprozesse gegliedert?

Gliederung von Fertigungsprozessen:

- a) Horizontale Gliederung** (nach der Funktionsbestimmung der Teilprozesse)
  - Materialbereitstellung, Teilefertigung, Montage, Verpackung
- b) Vertikale Gliederung**
  - gibt die Betrachtungstiefe der einzelnen Gliederungselemente an
  - mit zunehmender Tiefe nimmt Breite ab
- c) Zeitliche Gliederung**
  - orientiert sich am chronologischen Ablauf der technologischen Prozesse
  - auftragsbezogene, betriebsmittelbezogene, menschbezogene Gliederungsschemata
  - wichtig sind Belegungszeit- und Auftragszeitschemata

### 2.8.3. Welche Aufgaben haben Konstrukteur und Fertigungsingenieur bei der Vorbereitung der Fertigung?

Konstrukteur:

- Hauptaufgabe des Konstrukteurs besteht in der Definition des Herzustellenden Erzeugnisses, d.h. in der Anfertigung der Konstruktionszeichnungen bzw. in der Konstruktion an einem CAD-Arbeitsplatz
- Konstrukteur bestimmt damit wesentlich die Qualität der technischen Erzeugnisse eines Unternehmens mit, d.h. er beantwortet die Frage nach den **WAS** produziert werden soll
- Arbeitsergebnis liegt in Form von Zeichnungsunterlagen, CAD-Daten und Berechnungen vor

### Fertigungsingenieur:

- entwirft Produktions-PROZESS zur Herstellung des Erzeugnisses
- er definiert damit das **WIE** und **WOMIT** der Produktion
- als Ergebnis dieser Arbeit entsteht ein technisch verwertbares Produkt, d.h. ein Produkt, was definierten Anforderungen entspricht

### **2.8.4. Wodurch ist Mehrdeutigkeit in der Fertigungsplanung gekennzeichnet?**

#### Mehrdeutigkeit:

- wenn den Parametern der Fertigungsaufgabe mehrere Lösungen für Parameter des Fertigungsprozesses zuzuordnen sind
- alternative technologische Operationen zwischen Werkstückzuständen möglich

### **2.8.5. Wie ist ein Fertigungsprozessgraph aufgebaut und welche Bestandteile hat er?**

#### Fertigungsprozessgraph:

- für Darstellung von diskreten (diskontinuierlichen) Abläufen
- ist immer gerichtet
- Nummerierung der Knoten muss aufsteigend sein
- Zusätzlich kann Richtung durch Pfeile gekennzeichnet werden
- Darstellung bezieht sich auf gesamten Fertigungsprozess
  
- besteht aus Knoten und Kanten
  
- **Kanten:** technologische Operationen zwischen zwei Werkstückzuständen, d.h. der Teil des Fertigungsprozesses, welcher eine konkrete geometrische und/oder stoffliche Zustandsänderung am Werkstück bewirkt
- **Knoten:** geometrischer und/oder stofflicher Werkstückzustand (z.B. Rohteil, Zwischenzustände, Fertigteil)

### **2.8.6. Welcher Teil des Fertigungsprozesses wird als Arbeitsgang und welcher als Arbeitsstufe bezeichnet?**

- Arbeitsgang besteht aus einer Folge von Arbeitsstufen (Teil der vertikalen Gliederung)

#### Arbeitsgang:

- ist ein selbständiger Teil des Fertigungsprozesses, der aus allen technologisch aufeinanderfolgenden Operationen besteht, die an einem oder mehreren Werkstücken **an einem Arbeitsplatz** ausgeführt werden

#### Arbeitsstufe:

- ist ein selbständiger Teil des Arbeitsganges bzw. einer Arbeitsstufe, der **mit ein und demselben Werkzeug** ausgeführt wird

**2.8.7. Welche Arbeitsweisen bei der Planung von Fertigungsprozessen werden unterschieden? Nennen Sie entsprechende Hauptmerkmale! Welche Arbeitsweise wird in der industriellen Fertigung hauptsächlich angewendet?**

Arbeitsweisen:

**Entwickelnde/Generierende Arbeitsweisen:**

- **Neuplanung**
- Neuentwurf in allen Untergliederungen
- Generierungsprinzip
- Optimierungsprinzip
- Nachteil: komplette Neuentwicklung

**Projektierende Arbeitsweisen:**

- **Wiederhol-, Ähnlichkeits-, Variantenplanung**
- Wiederverwendung von Lösungen, Anpassung, Ergänzung, ...
- Wiederholprinzip
- Ähnlichkeitsprinzip
- Nachteil: es müssen schon gefertigte Teile (Erfahrungen) vorhanden sein

Aktuelles Vorgehen:

- Kombination beider Vorgehensweisen

Übungsaufgaben:

- 2.9.1. Zeichnen Sie einen mehrdeutigen Fertigungsprozessgraph zur Herstellung eines geradzahnten Zahnrades mit erhöhten Anforderungen an die Härte und die Oberflächengüte! Die Wellenaufnahme erfolgt über ein Keilwellenprofil.
- 2.9.2. Entwerfen sie einen eindeutigen Arbeitsganggraph für die Drehbearbeitung des dargestellten Beispielteiles! Stellen Sie die zur Anwendung kommenden Werkzeuge in ihrer groben Geometrie skizzenhaft dar!
- 2.9.3. Nennen Sie jeweils drei eindeutig zur Rüst- und Nebenzeit zuordenbare Tätigkeiten bzw. Verrichtungen! Beschreiben sie die Zeitkategorien Rüstzeit, Nebenzeit und Hauptzeit!

### 3. Grundlagen der Fertigungsorganisation

Fragen:

#### 3.3.1. Welche Fertigungsarten kennen Sie? Charakterisieren Sie diese!

Fertigungsarten:

- **Einzelfertigung:** Fertigung eines Erzeugnisses einmalig oder in größeren unregelmäßigen Abständen, das Rüsten muss für jedes Werkstück gesondert erfolgen
- **Serienfertigung:** gleichzeitige oder unmittelbar aufeinander folgende Fertigung gleicher oder ähnlicher Erzeugnisse, Fertigung erfolgt im Wechsel mit anderen Erzeugnissen, durch Erzeugniswechsel ist Umrüsten erforderlich
- **Massenfertigung:** so große Stückzahlen des Erzeugnisses, dass Arbeitsplätze für mindestens ein Jahr mit denselben Arbeitsgängen belegt sind, Umrüsten entfällt

#### 3.3.2. Die Anwendung welches Prinzips der räumlichen Ordnung von Fertigungsprozessen führt zu stufenarmen Prozessen? Charakterisieren Sie dieses Prinzip!

Räumliche Ordnung:

- unterteilt in Spezialisierung der Fertigung und Konzentration der Fertigung
- Prinzipien sind: Werkstatt- oder Verfahrensprinzip  
Erzeugnis- oder Gegenstandsprinzip  
Konzentrationsprinzip  
Differenzierungsprinzip
- **Konzentrationsprinzip** führt zu stufenarmen Fertigungsprozessen mit wenig Arbeitsgängen und vielen Arbeitsstufen (bis hin zur Komplettbearbeitung)  
kurze Durchlaufzeiten  
günstige Automatisierungsbedingungen  
Möglichkeit der Zeitüberdeckung  
Vorherrschend im Bereich der flexiblen Teilefertigung

#### 3.3.3. Welche Nachteile besitzt das Verfahrens- oder Werkstattprinzip?

Verfahrensprinzip:

- Fertigungsmittel (Werkzeugmaschinen), d.h. die Arbeitsplätze gleicher Fertigungsverfahren zur Bearbeitung unterschiedlicher Werkstücke sind räumlich zusammengefasst
- Es entstehen die klassischen Werkstätten mit gleichen oder ähnlichen Werkzeugmaschinen

Nachteile:

- lange Transportwege mit oft gegenläufigen Materialflüssen
- erhöhte Durchlaufzeiten
- hohe Bestände an angearbeiteten Werkstücken

**3.3.4. Welche Arbeitsplätze / Werkzeugmaschinen werden vorzugsweise bei welchen Fertigungsarten eingesetzt?**

Merkmal	Einzelfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung
Arbeitsplätze	Universalmaschinen, auch NCM	NCM, Fertigungszellen, Bearbeitungszentren	Automaten, Sondermaschinen, Transferstrassen
Fertigungsmittel	Universelle Werkzeuge, Vorrichtungen und Prüfmittel	Universelle und Sonderwerkzeuge, -vorrichtungen und -prüfmittel	Spezialisierte Fertigungsmittel im größeren Umfang
Spezialisierungsform	Meist Verfahrensprinzip	Meist Erzeugnisprinzip	Fast ausschließlich Erzeugnisprinzip
Detailliertheit der Fertigungsunterlagen	Grobe Festlegung, wenig differenziert, Detaillierung bis Ebene Arbeitsgang	Detaillierte Ausarbeitung, Optimierung von Verfahren und Arbeitsgängen, Detaillierung bis Ebene Arbeitsstufe, Fertigungsmittel vorbestimmt	Genaueste Prozessausarbeitung häufig bis ebene Griff (Arbeitsgestaltung), Austaktung bei Fließfertigung

Übungsaufgaben:

3.4.1. Berechnen Sie die minimal möglichen Durchlaufzeiten bei Reihen- und Parallelverlauf für folgenden Fall:

- 10 Werkstücke, 4 Arbeitsplätze (A, B, C, D)
- Die Stückzeiten  $t_e$  verhalten sich wie folgt:
  - Arbeitsplatz A: 2 min
  - Arbeitsplatz B: 3 min
  - Arbeitsplatz C: 2 min
  - Arbeitsplatz D: 4 min
- Die Übergangszeiten / Transportzeiten von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz werden vernachlässigt!
- Zeichnen sie vereinfachte GANTT-Diagramme und bestätigen sie damit Ihre Rechnung!

## **4. Technologische Fertigungsunterlagen**

Fragen:

### **4.3.1. Welche wesentlichen technologischen Fertigungsunterlagen kennen Sie?**

Technologische Fertigungsunterlagen:

- Arbeitsplan und seine auftragsbezogenen Folgedokumente
- Fertigungsstücklisten
- NC-Programm mit spezifischen ergänzenden Unterlagen
- Auftragsneutrale Zusatzdokumente zur detaillierten Beschreibung der durchzuführenden Arbeiten
- Konstruktionsunterlagen für spezielle Betriebsmittel, wie Vorrichtungen, Werkzeuge und Prüfmittel

### **4.3.2. Nennen sie Inhalte von Arbeitsplänen und erläutern Sie den prinzipiellen Aufbau von Arbeitsplänen!**

Arbeitsplan:

- das wichtigste in der Fertigungsplanung erstellte Dokument für die Fertigung
- ist auftragsneutral, bezieht sich auf ein spezielles Erzeugnis bzw. Werkstück
- ist nicht standardisiert

Inhalte:

- **Allgemeine Angaben** zur Kennzeichnung des Arbeitsplanes (Nummer, Ersteller, Erstellungsdatum)
- **Sachabhängige Daten** zur Beschreibung des Werkstücks, auf das sich der Arbeitsplan bezieht sowie Angaben zum vorgesehenen Ausgangsteil (Rohteil)
- **Arbeitsgangspezifische Daten** wie Nummer, Benennung, Arbeitsplatz bzw. Arbeitsplatzgruppe, Stück- und Rüstzeiten u.a.

### **4.3.3. Wozu dient der Arbeitsplan?**

- Strukturierung der Fertigungsaufgabe
- Festlegung von Rohmaterial, Arbeitsgangfolge und Planzeiten
- Termin- und Kapazitätssteuerung
- Grundlage der Disposition (Maschinenbelegungssteuerung)
- Festlegung der Entlohnung
- Beleg der Materialentnahme

### **4.3.4. Welche betrieblichen Bereiche sind auf Arbeitsplandaten angewiesen?**

## 5. Problemorientierte Schritte der Fertigungsplanung

Fragen:

### 5.6.5.1. Was sind wesentliche Schritte bei der Planung von Fertigungsprozessen? Beschreiben Sie kurz deren Inhalte!

Wesentliche Schritte:

- Rohteilauswahl (Stückzahlabhängigkeit)
- Fertigungsverfahrensauswahl und Verfahrensreihenfolgefestlegung
- Werkzeugmaschinen- (Arbeitsplatz-) -auswahl
- Arbeitsgangfolgebestimmung
- Festlegung technologischer Basen
- Arbeitsganggestaltung einschließlich Vorgabezeitermittlung

### 5.6.5.2. Wodurch wird die Rohteilauswahl bestimmt? Kennzeichnen Sie das Vorgehen bei der Auswahl eines kostengünstigen Rohteils!

Rohteilauswahl wird bestimmt durch:

- technische (Spanbarkeit, Spannbarkeit, ...)
  - organisatorische (Zeit, Kapazitäten, ...)
  - ökonomische (Kosten, Gewinn, ...)
- Optimalität

Vorgehen:

- Auswahl erfolgt durch Variantenvergleich
- Bestimmung des kostenoptimalen Rohteils ist stückzahlabhängig
- Ohne Auftragsbezug ist Stückzahl unbekannt
- Deshalb ist Rohteilauswahl mehrdeutig durchzuführen
- Ermittlung einer oder mehrere Grenzstückzahlen
- Alle Kostenbestandteile bis zu einem identischen Werkstückzwischenzustand sind zu summieren
- Schnelle Kostenabschätzung ist durch Relativkostenkataloge möglich

### 5.6.5.3. Wie gehen Sie bei der Bestimmung von Fertigungsverfahren und Maschinen vor?

- a) gedankliche Zerlegung des Werkstücks in Formelemente und Flächen
- b) Ausschließen von Verfahren, welche mit Werkstoff unvereinbar sind
- c) Auswahl derjenigen Fertigungsverfahren, welche die geforderten Qualitätsanforderungen gewährleisten
- d) Fertigungsverfahren, welche die Bedingungen für das Verfahren nach c) schaffen (Rückwärtsprojektierung)
- e) Ausschließen von Fertigungsverfahren, die aufgrund benachbarter Flächen bzw. Formelemente des herzustellenden Werkstücks auszuschließen sind
- f) Überprüfen, ob die Fertigungsverfahren für eine best. Fläche bzw. Formelemente auch für andere Flächen bzw. Formelemente nutzbar sind

5.6.5.4. Nennen sie Gründe, weswegen eine mehrdeutige Fertigungsplanung günstig zur Erhöhung der Flexibilität in der Fertigung beiträgt!

5.6.5.5. Nennen und charakterisieren Sie mögliche Folgen von Arbeitsgängen bzw. Arbeitsstufen allgemeingültig! Formulieren Sie je ein Beispiel!

Mögliche Folgen:

- **Freie Folgen:** Folge der Bearbeitungsschritte ist aus technologischer Sicht nicht festgelegt  
*Bsp.:* Reihenfolge gleicher Bohrungen
- **Bedingte Folgen:** entstehen durch technisch-technologische oder ökonomische Vorzugsvarianten, sind also nicht zwingend notwendig, aber aus bestimmter Sicht sinnvoll  
*Bsp.:* Minimierung der Zahl von Einspannungen
- **Zwangsfolgen:** entstehen, wenn nur eine Bearbeitungsfolge technisch-technologisch möglich ist  
*Bsp.:* Bohren-Senken-Reiben

5.6.5.6. Welche Mittel und Wege zur Bestimmung von technologischen Arbeitsgrößen sind Ihnen bekannt? Nennen sie jeweils Vor- und Nachteile!

**a) Erfahrungen**

- Vorteil: schnell und nahezu sicher  
Nachteil: wenn keine Erfahrung vorhanden -> Vermutungen  
keine Aussage über Optimalität der werte

**b) Empfehlung-/Richtwerte**

- Vorteil: nicht an direkte Erfahrungen gebunden  
Nachteil: keine Aussage zur Optimalität

**c) Berechnung optimaler technologischer Arbeitsgrößen**

- Berechnung und Optimierung  
Vorteil: Optimale Schnittwerte  
Nachteil: extrem aufwendig,  
mathematische Modellierung des Prozesses notwendig

Übungsaufgaben:

- 5.6.6.1. In Abb. 5.7 ist die Schnittfolge des Arbeitsganges „NC-Drehen mit Gewinde“ dargestellt. Ordnen Sie den Schnitten mögliche Werkzeuge zu, indem Sie diese skizzieren!