

# Aus Kapitel 31

## Aufgaben

**31.1 •** Was sind die wesentlichen Anforderungen an eine Werkzeugmaschine?

### Ausführliche Lösung:

- ausreichende Positionier- und Bahngenauigkeit,
- hohe statische und dynamische Steifigkeit,
- geringe Temperaturempfindlichkeit,
- ausreichende Leistungsfähigkeit,
- hohe Ausfallsicherheit,
- geräuscharm,
- hohe Sicherheit für Bediener und Umwelt,
- umweltverträglich,
- vielseitig einsetzbar,
- wirtschaftlich,
- ergonomisch,
- formschön.

**31.2 •** Nennen Sie die wichtigsten Komponenten einer Fräsmaschine.

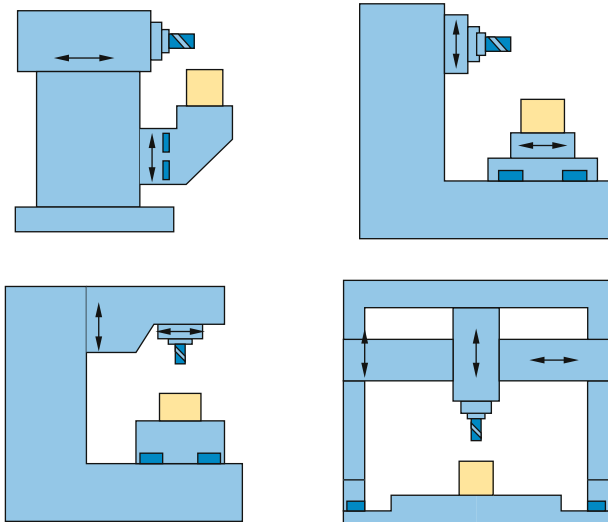
### Ausführliche Lösung:

- Maschinenbett,
- Maschinentisch,
- Frässpindel mit Werkzeugaufnahme,
- Verfahrachsen in X-, Y-, Z-Richtung,
- Optionale Drehachsen in A-, B-, C-Richtung,
- Werkzeugmagazin,
- Steuerung,
- Maschinengehäuse.

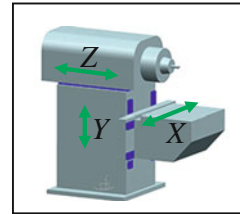
**31.3 •** Wie unterscheidet sich ein Bearbeitungszentrum von einer einfachen CNC-Fräsmaschine?

**Ausführliche Lösung:** Ein Bearbeitungszentrum ermöglicht die Komplettbearbeitung eines Werkstücks. Dies wird durch zusätzliche Drehachsen und der Automatisierung des Werkzeug- und Werkstückwechsels erreicht.

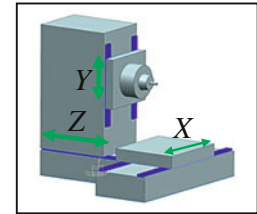
**31.4 ••** Benennen Sie folgende Bauformen von Fräsmaschinen und tragen die Achsbezeichnungen ein.



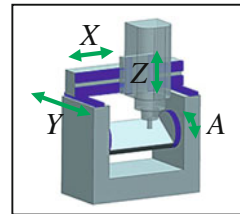
Resultat:



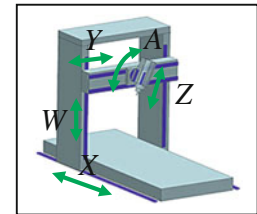
Konsolfräsmaschine



Bettfräsmaschine



Portalfräsmaschine



Portalfräsmaschine in Gantrybauweise

### Ausführliche Lösung:

**31.5 ••** Was ist der Unterschied zwischen einer flexiblen Fertigungszelle, einem flexiblen Fertigungssystem und einer Transferstraße?

**Ausführliche Lösung:** Bei allen drei Produktionssystemen werden Werkzeugmaschinen verkettet. Bei der flexiblen Fertigungszelle sind es nur wenige Maschinen für ein oder wenige bestimmte Werkstücktypen in mittlerer

Stückgröße. Die Abfolge ist festgelegt. Bei dem flexiblen Fertigungssystem können viele verschiedene Werkstücke parallel bearbeitet werden. Die Abfolge wird durch einen Leitreechner gesteuert. Es wird vor allem in der Großserie eingesetzt. Bei der Transferstraße werden viele Werkzeugmaschinen sequentiell angeordnet. Die Abfolge ist festgelegt. Die Transferstraße ist nur für die Großserie geeignet.

**31.6 •** Wie werden Werkzeuge in Fräsmaschinen fixiert und wie erfolgt die Übertragung des Drehmoments auf das Werkzeug?

**Ausführliche Lösung:** Werkzeuge werden mit einem Werkzeughalter fixiert. Diese besitzen eine kegelförmige Aufnahme für die Spindel. Das Drehmoment wird über Reibschluss übertragen.

**31.7 •** Warum wird für den Werkzeugwechsel eine Doppelgreifzange und nicht ein einfacher Greifer genutzt?

**Ausführliche Lösung:** Durch die Doppelgreifzange wird die Nebenzeit erheblich reduziert, da noch während der Bearbeitung mit dem auszuwechselnden Werkzeug das neue Werkzeug geholt und vorgehalten wird.

**31.8 •** Was ist das Kennzeichen einer Karusselldrehmaschine und für welche Werkstücke wird diese verwendet?

**Ausführliche Lösung:** Die Karusselldrehmaschine besitzt einen großen Drehteller auf dem das Werkstück vertikal aufgespannt wird. Sie ist vor allem für sehr große Werkstücke wie zum Beispiel Turbinengehäuse geeignet.

**31.9 •** Nennen Sie die wichtigsten Komponenten einer Drehmaschine.

**Ausführliche Lösung:**

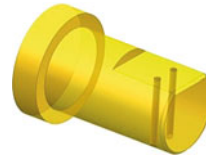
- Maschinenbett,
- Hauptantrieb für die Spindel,
- Werkzeugrevolver,
- Längsschlitten,
- Querschlitten,
- Reitstock,
- Lünette,
- Spannfutter,
- Maschinengehäuse.

**31.10 •** Nennen Sie zwei geometrische Formelemente an einem Werkstück, die angetriebene Werkzeuge benötigen.

**Ausführliche Lösung:**

- Außermittige Bohrungen auf der Stirnseite des Werkstücks,
- gefräste Bereiche wie Nuten, Abflachungen, Sechskant,
- radiale Bohrungen.

**31.11 ••** Kann folgendes Werkstück auf einer Drehmaschine mit einer Z-, einer X-Achse und angetriebenen Werkzeugen hergestellt werden? Begründen Sie Ihre Antwort.



**Ausführliche Lösung:** Dies ist nicht möglich. Für die Bearbeitung von radialen Bohrungen, die außermittig sitzen, muss das Werkzeug in Y-Richtung verfahren werden. Es ist also eine zusätzliche Achse notwendig.

**31.12 •** Für welche Werkstücke wird eine Lünette benötigt und was bewirkt sie?

**Ausführliche Lösung:** Eine Lünette wird für lange dünne Werkstücke benötigt, die sich ohne Lünette durch die Bearbeitungskräfte durchbiegen würden.

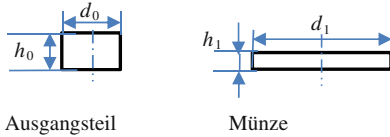
**31.13 •** Wie erfolgt der Antrieb bei angetriebenen Werkzeugen?

**Ausführliche Lösung:** Die Werkzeuge werden durch einen eigenen Antrieb im Revolver angetrieben. Dieser kann radial angeordnet sein und treibt dann direkt die Werkzeuge an, oder axial, so dass eine zusätzliche Kegelradstufe benötigt wird.



**Ausführliche Lösung:**

a) Berechnung der Höhe:



Das Volumen bleibt beim Umformen konstant. Daraus folgt:

$$\begin{aligned}\frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot h_0 &= \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_1 \\ h_1 &= h_0 \cdot \frac{d_0^2}{d_1^2} \\ h_1 &= 6 \text{ mm} \cdot \frac{225 \text{ mm}^2}{540,56 \text{ mm}^2} = 2,5 \text{ mm}.\end{aligned}$$

b) Umformgrad  $\varphi$ :

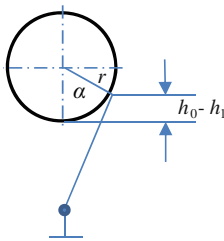
$$\varphi = \ln \frac{h_1}{h_0} = \ln \frac{2,5 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = -0,87,$$

abgelesen für  $\varphi = 87\%$ :

$$k_f = 750 \text{ MPa}.$$

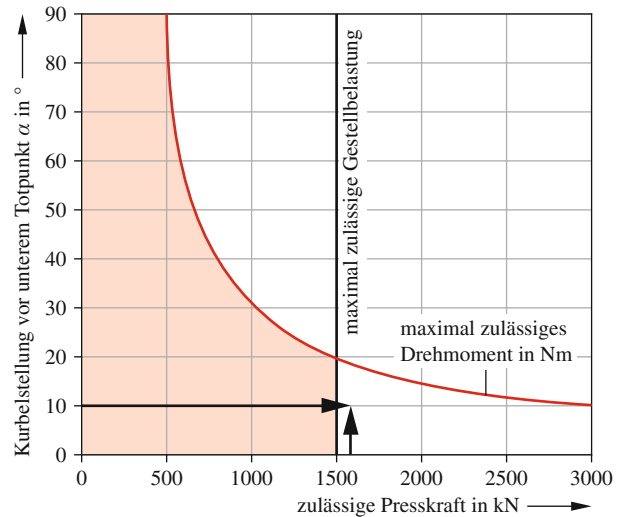
Umformkraft  $F_U$ :

$$F_U = 5 \cdot 750 \text{ MPa} \cdot \frac{\pi \cdot (23,25 \text{ mm})^2}{4} = 1592 \text{ kN}.$$

c) Umgeformte Höhe:  $h_0 - h_1$ :

Kurbelstellung bei Prozessbeginn:

$$\begin{aligned}r \cdot \cos \alpha &= r - (h_0 - h_1) \\ \alpha &= \arccos \left[ 1 - \left( \frac{h_0 - h_1}{r} \right) \right] \\ \alpha &= \arccos \left( 1 - \frac{6 \text{ mm} - 2,5 \text{ mm}}{200} \right) = 11^\circ\end{aligned}$$



Im Pressendiagramm bleibt zwar die Umformenergie unter dem maximal zulässigen Drehmoment, aber die zulässige Presskraft von 1500 kN wird überschritten. Damit ist der Prozess nicht lauffähig. Um die Umformkraft zu reduzieren, muss eine geringere Anzahl Münzen gleichzeitig umgeformt werden. Alternativ könnte die Umformkraft auch durch Erwärmung des Materials verringert werden, so dass der Prozess lauffähig ist.

**31.19 ••** Erläutern Sie den Regenerativ Effekt. Wie kann dieser abgestellt werden?

**Ausführliche Lösung:** Durch eine stoßförmige Kraft wird die Werkzeugmaschine in Schwingung versetzt. Dadurch beginnt das Werkzeug in der Eigenfrequenz des Gesamtsystems (Maschine und Werkstück) zu schwingen. Es entsteht ein wellenförmiges Profil auf der Werkstückoberfläche. Wird wiederholt bei gleicher Geschwindigkeit in dieses Profil geschnitten, wechselt die Schnitttiefe und damit die Passivkraft in dieser Eigenfrequenz. Es wirkt damit erneut eine schwingende Kraft in der Eigenfrequenz auf das System Maschine-Werkstück. Da in der Eigenfrequenz große Verformungen entstehen, verstärkt sich der Effekt. Der Regenerativ Effekt lässt sich nur abstellen, wenn die Schnittgeschwindigkeit verändert wird, so dass das Gesamtsystem nicht mehr in der Eigenfrequenz angeregt wird. Gleichzeitig sollte die Schnitttiefe verringert werden, damit die Prozesskräfte kleiner werden.

**31.20 ••** Erläutern Sie, wie bei hydrodynamischen Gleitführungen der Schmierfilm entsteht.

**Ausführliche Lösung:** Bei hydrodynamischen Gleitführungen schwimmt der Schlitten durch die Relativbewegung zwischen Führungsbahn und Schlitten auf einem Ölfilm auf. Der Schlitten ist vorne angefast, so dass das Öl unter den Schlitten gezogen wird.

**31.21 ••** Nennen Sie die wichtigsten statischen Belastungen einer Werkzeugmaschine.

**Ausführliche Lösung:**

- Gewichtskräfte der Komponenten und Werkstücke,
- Prozesskräfte bei konstantem Schnitt (drehen),
- Spannkkräfte

**31.22 •** Wie kann man als Nutzer das Temperaturverhalten einer Werkzeugmaschine verbessern?

**Ausführliche Lösung:**

- Warmlaufen lassen,
- beim Aufstellen der Maschine Sonneneinstrahlung oder Temperatursenken (Tore) meiden.

**31.23 •** Welche Materialien kommen für Werkzeugmaschinenengestelle und Betten zum Einsatz? Nennen Sie für jedes Material eine besondere Eigenschaft und einen typischen Anwendungsfall.

**Ausführliche Lösung:**

Werkstoff	Eigenschaft	Einsatz
Grauguss	Gut gedämpft, günstig	Serienmaschinen
Stahlguss	Gut gedämpft bei hoher Festigkeit	Hoch belastete Maschinen wie z. B. Umformmaschinen
Stahl	Hoher E-Modul, muss spannungsarm gegläut werden	Kleinere Maschinen
Polymerbeton	Sehr gute Dämpfung, geringer E-Modul	Kleinere Fräsmaschinen mit besonders guter Schwingungsdämpfung
Hydraulischer Beton	Sehr gute Schwingungsdämpfung, gut wiederverwertbar	Große Maschinenbetten
Granit	Sehr gute Dämpfungseigenschaften und gutes Temperaturverhalten	Messmaschinen
Faserverbundwerkstoffe	Sehr leichtes Gewicht bei hoher Steifigkeit in Faserrichtung	Hoch dynamisch bewegte Komponenten

**31.24 •** Welche Vorteile und Nachteile haben Wälzführungen gegenüber Gleitführungen?

**Ausführliche Lösung:** Vorteile: Relativ günstig, da Standardteile, kein Stick-Slip Effekt, hohe Tragfähigkeit bei Drehzahl = 0, geringe Reibung, große Führungsgenauigkeit, hohe Tragfähigkeit.

Nachteile: Geringe Dämpfung, geringere Steifigkeit.

**31.25 •** Warum benötigt man bei hydrostatischen oder aerostatischen Führungen einen Untergriff?

**Ausführliche Lösung:** Durch den Untergriff wird der Schlitten vorgespannt, so dass der Spalt lastunabhängig konstant bleibt.

**31.26 •** Erläutern Sie das Wirkprinzip eines Gleichstrommotors, Synchronmotors und Asynchronmotors.

**Ausführliche Lösung:** *Gleichstrommotor:* Der Stator besteht aus einem Permanentmagnet. Über Bürsten wird Strom in den Rotor übertragen, so dass eine Rotationskraft im Läufer entsteht. Durch Umpolung des Rotors mit der Drehgeschwindigkeit entsteht eine gleichförmige Drehbewegung.

*Synchronmotor:* Der Rotor besteht aus einem Permanentmagnet. Der Stator wird durch 3-Phasen-Wechselstrom gespeist. Durch den sinusförmigen Wechselstrom entsteht ein rotierendes Magnetfeld im Stator.

*Asynchronmotor:* Der Rotor ist ein Kurzschlussläufer. Der Stator wird mit 3-Phasen-Wechselstrom gespeist. Es entsteht ein rotierendes Magnetfeld. Durch das Magnetfeld wird in dem Kurzschlussläufer Strom induziert, so dass dieser sich im Magnetfeld des Stators dreht. Die Drehzahl ist etwas geringer als die des rotierenden Magnetfelds des Stators.

**31.27 ••** Welche Vorteile hat ein Asynchronmotor gegenüber dem Synchron- oder Gleichstrommotor?

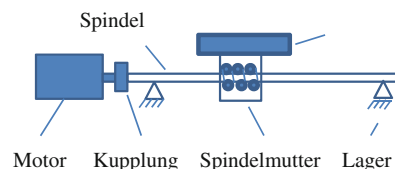
**Ausführliche Lösung:** Der Asynchronmotor hat gegenüber dem Gleichstrommotor den Vorteil, dass er wartungsfrei ist. Dies ist beim Gleichstrommotor durch den Bürstenverschleiß nicht der Fall. Durch den Feldschwächebetrieb besitzt der Asynchronmotor einen deutlich größeren Drehzahlbereich als die beiden anderen Motoren. Gegenüber dem Synchronmotor kann man mit dem Asynchronmotor höhere Drehzahlen realisieren.

**31.28 •** Wie ist eine Motorspindel aufgebaut?

**Ausführliche Lösung:** Bei der Motorspindel ist der Läufer des Synchron- oder Asynchronmotors in die Antriebswelle integriert. Es wird kein Getriebe zwischen Motor und Spindel benötigt. Da die Spindel sich stark erwärmen würde, muss diese extra gekühlt werden.

**31.29 •** Skizzieren Sie den Aufbau eines Kugelgewindetriebs.

**Ausführliche Lösung:**



**31.30 •** Erläutern Sie die Verarbeitung eines NC-Programms in einer CNC-Steuerung.

**Ausführliche Lösung:** Die NC-Sätze werden vom NC-Interpreter zeilenweise eingelesen und in ein internes Datenformat umgewandelt. Dieser Datenblock wird dann in der Geometrieverarbeitung mit den notwendigen Transformationen (Werkstücknullpunkt) und Korrekturen (Längen- und Radiuskorrektur) korrigiert. Für die so korrigierten Daten werden zwischen der aktuellen Position und der Sollposition viele Zwischenpunkte generiert. Die Lageregelung verfährt die Maschine so lange, bis die Sollposition jedes Zwischenpunkts erreicht ist. Dazu werden in der Antriebsregelung für jede Achse entsprechende Geschwindigkeiten und damit Strom geregelt.

**31.31 •** Erläutern Sie die verschiedenen Möglichkeiten der Befehlsbearbeitung in einer SPS.

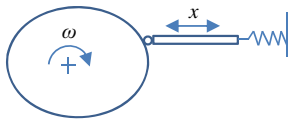
**Ausführliche Lösung:** Zyklische Abarbeitung: Das Anwendungsprogramm wird zyklisch durchlaufen. Dabei werden am Anfang die Eingangsparameter ausgelesen. Sobald ein Signal geschaltet wird, springt die Steuerung in das Anwendungsprogramm und führt dieses aus. Danach wird der Zyklus fortgesetzt.

Ereignisgesteuerte Abarbeitung: Wird ein Ereignis (Interrupt) abgesetzt, springt die Steuerung sofort in das entsprechende Programm und führt dieses aus. Dies kann zum Beispiel für NOT-AUS die sofortige Abbremsung der Maschine sein. Danach wird das Programm nach der entsprechenden Einsprungstelle wieder fortgesetzt.

Zeitgesteuerte Abarbeitung: Dabei wird eine Zeitschaltuhr gestartet, bei der ein Weckalarm nach einer bestimmten Zeitdauer abgesetzt wird.

**31.32 •** Skizzieren Sie den Aufbau einer mechanischen Steuerung.

**Ausführliche Lösung:**



**31.33 •** Wie sind die Linear- und Rotationsachsen bei der NC-Programmierung definiert.

**Ausführliche Lösung:** Die Z-Achse verläuft linear in Spindelrichtung.

Die X-Achse ist die lineare Hauptverfahrrichtung.

Die Y-Achse ergibt sich aus der Rechten-Hand-Regel und der X- und Z-Achse.

Die A-Achse rotiert um die X-Achse.

Die B-Achse rotiert um die Y-Achse.

Die C-Achse rotiert um die Z-Achse.

**31.34 ••** Wofür wird die Radiuskorrektur benötigt? Wie wird dabei die NC-Bahn programmiert, und was passiert steuerungsintern bei Ecken?

**Ausführliche Lösung:** Die Radiuskorrektur wird beim Umfangsfräsen benötigt. Da sich der Radius des realen Fräasers durch zum Beispiel Verschleiß sich vom nominalen Radius unterscheidet, muss die Bahn um die Differenz versetzt werden. Wird die Radiuskorrektur verwendet, wird nicht die Mittelpunktbahn des Fräasers, sondern die zu fräsende Kontur programmiert. Die NC-Bahnen werden dann um den gesamten Radius versetzt. Bei Ecken müssen zusätzliche Lineare oder radiale Bahnverlängerungen ergänzt werden, damit die Ecken nicht abgeschnitten werden.

**31.35 •** Welche Bezugspunkte sind bei der NC-Programmierung zu beachten, und was ist deren Bedeutung?

**Ausführliche Lösung:** *Maschinennullpunkt:* Dies ist der absolute Nullpunkt der Maschine. Er liegt in der Regel am Ausgang der Hauptspindel.

*Werkstücknullpunkt:* Dieser legt den Nullpunkt des NC-Programms fest und befindet sich in der Regel an einer Ecke des Rohteils, damit er gut anzutasten ist.

*Referenzpunkt:* Dieser wird beim Einschalten der Maschine benötigt, damit die Achsen kalibriert werden.

**31.36 ••** Erstellen Sie für das in Abb. 31.9 dargestellte Werkstück einen Arbeitsplan auf einer Drehmaschine mit angetriebenen Werkzeugen. Beschreiben Sie dabei den Arbeitsgang mit geeignetem Werkzeug. Eine Detailzeichnung finden Sie im Internet.

**Ausführliche Lösung:** 1. Spannung: Werkstück wird auf der Seite mit den 3 Stirnbohrungen in die Drehmaschine gespannt.

Arbeitsgang	Werkzeug
Außenkontur schrappen	Außendrehmeißel
Außenkontur schlichten	Außendrehmeißel
Einschnitt schrappen	Einstechmeißel
Einschnitt schlichten	Spitzer Außendrehmeißel
Drehbohren der Innenkontur	Möglichst großer Bohrer
Innenkontur drehen	Innendrehmeißel
Ovaler Bund axial fräsen	Schaftfräser
Querliegende Durchgangsbohrungen radial fräsen	Schaftfräser
Querliegende Kernlochbohrungen bohren	Bohrer
Querliegende Gewindebohrungen bohren	Gewindebohrer
Fuge radial fräsen	Sägeblatt

2. Spannung: Werkstück wird mit der bearbeiteten Seite von innen gespannt.

Arbeitsgang	Werkzeug
Planfläche drehen	Außendrehmeißel
Außenkontur axial fräsen	Schaftfräser
Stirnbohrungen bohren	Bohrer
Gewinde bohren	Gewindebohrer
Innenlaufende Nut drehen	Inneneinstechmeißel