



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

Daniel Brabec  
Jürgen Burmester  
Josef Dillinger  
Walter Escherich  
Dr. Eckhard Ignatowitz  
Markus Neumann

Stefan Oesterle  
Ludwig Reißler  
Bernhard Schellmann  
Reinhard Vetter  
Falko Wieneke

# Metalltechnik in Lernfeldern

## Grundstufe für industrielle Metallberufe

### Lösungen

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 15866**

**Autoren:**

Brabec, Daniel  
Burmester, Jürgen  
Dillinger, Josef  
Escherich, Walter  
Dr. Ignatowitz, Eckhard  
Neumann, Markus  
Oesterle, Stefan  
Reißler, Ludwig  
Schellmann, Bernhard  
Vetter, Reinhard  
Wieneke, Falko

Die Autoren sind Fachlehrer der technischen Ausbildung und Ingenieure.

**Lektorat:** Josef Dillinger

**Bildentwürfe:** Die Autoren

**Fotos:** siehe Bildquellenverzeichnis, Seite 184

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1586-6

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Layout und Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: © renzo\_lo – Stock.adobe.com und Bildmaterial des Autorenkreises

Druck: ITC Print, 1035 Riga (Lettland)

# Inhalt

## Lösungsvorschläge zu ...

**Kapitel 01 Manuelle Fertigungsverfahren ..... 5**

**Kapitel 02 Maschinelle Fertigungsverfahren ..... 20**

**Kapitel 03 Prüftechnik ..... 56**

**Kapitel 04 Fügen von Funktionseinheiten ..... 73**

**Kapitel 05 Montagetechnik ..... 78**

**Kapitel 06 Automatisierungstechnik ..... 81**

**Kapitel 07 Instandhaltung ..... 119**

**Kapitel 08 Elektrotechnik ..... 134**

**Kapitel 09 Werkstofftechnik ..... 149**

**Kapitel 10 Technische Kommunikation ..... 167**

**Kapitel 12 Mathematisch-physikalische Grundlagen ..... 177**



## Lösungsvorschläge zu Kapitel 01 Manuelle Fertigungsverfahren

### Kapitel 1.1, Seite 10

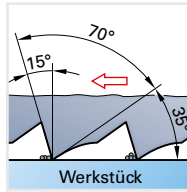


#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Geben Sie an, wie groß die Summe der drei Winkel am Keil ist.
  2. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen der Größe des Keilwinkels und der Größe der Trennkraft.
  3. Erläutern Sie, welchen Einfluss der zu zerspanende Werkstoff auf die Größe des zu wählenden Spanwinkels der Werkzeugschneide hat.
  4. Beschreiben Sie, welchen Einfluss die Größe des Keilwinkels auf die Schneidwirkung der Werkzeugschneide besitzt. Schlussfolgern Sie daraus, welche Größe beim Schruppen bzw. Schlichten gewählt wird.
  5. Erläutern Sie den Einfluss eines großen Freiwinkels auf die Werkzeugschneide.
  6. Beschreiben Sie die Spanabnahme bei einem negativen Spanwinkel.
  7. Erklären Sie die Bedeutung der Winkel am Schneidkeil und erläutern Sie die Wirkung auf das Werkzeug.
  8. Im Regelfall ist die Summe der drei Winkel am Schneidkeil  $90^\circ$ . Wie erklärt sich in diesem Zusammenhang der Begriff „negativer Spanwinkel“?
  9. Bei einigen Arbeitsschritten ist es notwendig, einen Schneidkeil mit schabender Wirkung einzusetzen. Skizzieren Sie einen Schneidkeil mit schabender Wirkung. Kennzeichnen Sie den Freiwinkel, den Keilwinkel und den Spanwinkel.
  10. Erklären Sie, warum es nicht möglich ist, eine hohe Standzeit und ein sehr gutes Zerspanvermögen gleichzeitig zu erreichen.
- 
1. Summe der Winkel  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$
  2. Je kleiner der Keilwinkel, desto größer die Trennkraft.
  3. Je weicher der Werkstoff, desto größer der Spanwinkel.
  4. Je kleiner der Keilwinkel, desto besser die Schneidwirkung. Beim Schruppen kommt ein großer Keilwinkel zum Einsatz  $\rightarrow$  große Stabilität, relativ schlechte Oberflächenqualität. Beim Schlichten kommt ein kleiner Keilwinkel zum Einsatz  $\rightarrow$  geringe Stabilität, gute Oberflächengüte.
  5. Ein großer Freiwinkel sorgt für geringe Reibung und Wärmeentwicklung, aber auch für eine schlechtere Wärmeabfuhr. Große Freiwinkel werden bei Werkstoffen, die zum Verkleben neigen, angewandt. Desweiteren führt ein großer Freiwinkel zu Schwingungen des Werkzeugs und es können sich Rattermarken bilden.
  6. Bei einem negativen Spanwinkel wird der Span in Richtung Werkstückoberfläche abgeführt und ist deshalb nicht für große Spanvolumen geeignet. Kommt z. B. bei Reibahlen zum Einsatz.
  7. Freiwinkel  $\alpha \rightarrow$  Winkel zwischen Werkzeugschneide und Werkstückoberfläche  
Keilwinkel  $\beta \rightarrow$  hohe Stabilität der Schneide, hoher Kraftaufwand nötig, geringe Trennkraft  
Spanwinkel  $\gamma \rightarrow$  Beeinflusst den Spanabtransport und die Spanbildung
  8. Von einem negativen Spanwinkel spricht man, wenn bei einer Werkzeugschneide die Summe von Freiwinkel und dem Keilwinkel gleich oder größer  $90^\circ$  ist. Das Werkzeug schneidet dann nicht mehr, sondern schabt.

## 1 Manuelle Fertigungsverfahren

9. Schneidkeil mit schabender Wirkung:



10. Für eine hohe Standzeit muss der Keilwinkel relativ groß sein, damit wird der Freiwinkel und der Spanwinkel kleiner.

### Kapitel 1.2.1, Seite 12



#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Nennen Sie verschiedene Meißelarten und geben Sie deren Verwendungszweck an.
2. Beschreiben Sie das Arbeiten beim Trennen mit dem Meißel.
3. Erklären Sie, wie Sie beim Meißeln eine gleichmäßige Spandicke erreichen können.
4. Geben Sie Arbeitsregeln für das Zerspanen mit dem Meißel an.
5. Erklären Sie, warum Sie beim Einsatz von Meißeln immer einen Meißel mit Handschutz auswählen sollten.
6. Bei intensiver Nutzung von Meißeln kann sich am Meißelkopf ein Grat ausbilden. Beschreiben Sie, wie dieser Grat fachmännisch entfernt werden kann.
7. Begründen Sie, warum Sie beim Meißeln immer eine Schutzbrille tragen sollen.
8. Sizzieren Sie eine Meißelschneide mit einem Keilwinkel von  $40^\circ$  und eine Meißelschneide mit einem Keilwinkel von  $55^\circ$ . Bei welchem Meißel sind die Trennkkräfte größer? Weisen Sie Ihr Ergebnis zeichnerisch nach.
9. Sie haben eine neue Lieferung von Handmeißeln bekommen. Um sie gegen Korrosion zu schützen, sind die Meißel eingefettet. Worauf sollten Sie beim ersten Einsatz der Meißel achten?
10. Durch viele Meißelarbeiten ist die Schneide des von Ihnen genutzten Meißels abgestumpft. Sie möchten den Meißel gerne am Schleifstein wieder schärfen. Was sollten Sie beim Nachschärfen der Meißelschneide beachten?

1. Meißelarten z. B.:

Flachmeißel: geeignet zur Flächenbearbeitung, Abmeißeln von Schraubenköpfen etc.

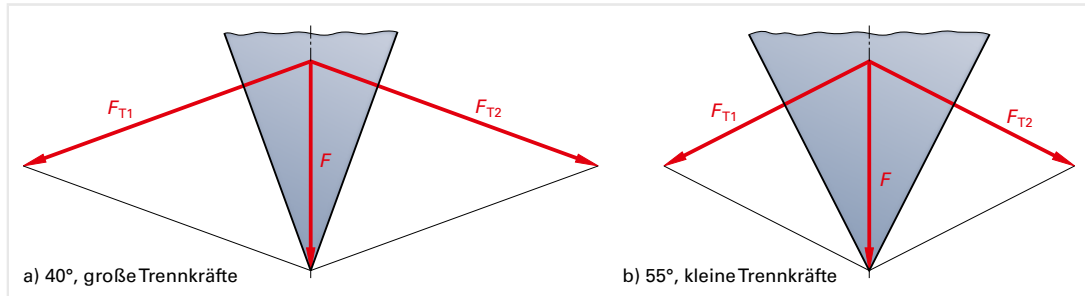
Kreuzmeißel: geeignet zur Fertigung schmaler Nuten

Nutenmeißel: geeignet zum Ausmeißeln von Schmiernuten in Lagerschalen für Wellen

Stegmeißel/Trennstemmer: geeignet zum Heraustrennen von ausgebohrten Werkstückteilen

2. Werkstück fest einspannen, Schutzbrille aufsetzen, Handschuhe anziehen, Meißel mit Handschutz verwenden, freie Sicht auf Meißel
3. Meißel flach zur Werkstückoberfläche führen
4. UVV bei Meißelarbeiten:
  - Meißel auf ordnungsgemäßen Zustand überprüfen (Meißelkopf darf keinen Grat haben, geschärfte Schneide)
  - Schutzbrille und Handschuhe tragen
  - Meißel mit Handschutz verwenden
  - auf festen Sitz des Hammerstils achten
  - Werkstück fest einspannen
  - für freie Sicht auf Meißel sorgen
  - umherfliegende Späne vermeiden

5. Beim Meißeln wird mit kräftigen Hammerschlägen gearbeitet. Sollte der Hammer den Meißelkopf verfehlen, kann es zu schweren Verletzungen kommen.
6. Je nach Gratgröße mit Schleifpapier, einer Feile oder am Schleifstein entfernen.
7. Zum Schutz vor umherfliegenden Splintern, die durch die Hammerschläge auf den Meißelkopf entstehen können.
8. Skizze:



9. Meißel entfetten, sonst besteht die Gefahr, dass der Meißel beim Arbeiten aus der Hand rutscht.
10. Die Meißelschneide ist gehärtet. Aus diesem Grund darf die Temperatur beim Schleifen nicht zu hoch werden. Bei hohen Temperaturen besteht die Gefahr, dass sich die Meißelschneide enthärtet.

## Kapitel 1.2.2, Seite 15



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Nennen Sie Merkmale von Feilen zur Bearbeitung weicher Werkstoffe.
2. Benennen Sie die Bauteile einer Feile.
3. Erklären Sie die Unterschiede zwischen gehauenen und gefrästen Feilen.
4. Begründen Sie, warum Feilen kreuzhiebig gehauen werden.
5. Beschreiben Sie, welche Eigenschaft der Feile durch die Hiebzahl beeinflusst wird. Nennen Sie Beispiele.

1. Merkmale von Feilen: Kleine Hiebzahl → großer Spanraum
2. Feilenheft, Feilenblatt, Zwinge, Feilenangel
3. Gehauene Feilen: Negativer Spanwinkel, schabende Wirkung → geeignet für harte Werkstoffe  
Gefräste Feilen: Positiver Spanwinkel, schneidende Wirkung → für weichere Werkstoffe geeignet
4. Sie erzeugen weniger Riefen und somit eine bessere Werkstückoberfläche
5. Große Hiebzahl: feine Feile, Schlichtfeile  
Kleine Hiebzahl: grobe Feile, Schruffeile

## Kapitel 1.2.3, Seite 18



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen der Zahnteilung des Sägeblatts und den zu bearbeitenden Werkstoffen.
2. Beschreiben Sie, wie die Zahnteilung bei einem Sägeblatt bestimmt wird.
3. Welche Aufgabe hat der Freischnitt bei Sägeblättern?
4. Durch welche Maßnahmen wird bei Sägeblättern das Freischneiden erreicht?
5. Erklären Sie, welche Winkel am Schneidkeil verändert werden müssen, um den Spanraum zu vergrößern?
6. Nennen Sie Vorteile einer Kreissäge gegenüber einer Maschinenbügelsäge.
7. Beschreiben Sie, welche Schwierigkeiten beim Sägen dünnwandiger Werkstücke auftreten können.
8. In welche Arbeitsrichtung sollte die spanende Wirkung des Sägeblattes sein?
9. Erklären Sie den Begriff Aushub in Zusammenhang mit den Arbeiten einer Bügelsäge.
10. Beim Sägen mit der Handbügelsäge erwärmt sich das Sägeblatt sehr stark. Geben Sie eine Erklärung für diesen Vorfall.

1. Je größer die Zahnteilung, desto kleiner der Spanraum  $\geq$  für harte Werkstoffe geeignet
2. Anzahl der Teilung auf einer Sägeblattlänge von einem inch = 25,4 mm.
3. Das Freischneiden verhindert das Festklemmen des Sägeblattes durch die Wärmeausdehnung.
4. Das Freischneiden kann durch: Schränken der Zähne, durch Wellen des Sägeblattes und durch das Hinterschleifen der Sägezähne erreicht werden.
5. Dazu müssen der Keilwinkel und/oder der Spanwinkel verkleinert werden
6. Die Kreissäge hat einen kontinuierlichen Schnitt  $\rightarrow$  keinen Leerhub
7. Das Sägeblatt kann sich bei zu grober Zahnteilung im Werkstück verhaken. Dabei können sich dünnwandige Werkstücke leicht verbiegen.
8. Das Sägeblatt sollte so eingespannt werden, dass die Arbeitsrichtung nach vorne gerichtet ist.
9. Die Bügelsäge nimmt nur in einer Arbeitsrichtung Späne ab. Der Rückhub ist der sogenannte Leerhub. Hierbei wird keine Kraft auf das Sägeblatt ausgeübt.
10. Bei der Zerspanung entsteht Wärme. Durch die Wärmebildung dehnt sich das Sägeblatt aus.

## Kapitel 1.4, Seite 22



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Finden Sie drei Produkte aus Ihrem Umfeld, die durch Biegeumformen hergestellt wurden.
2. Benennen Sie die sechs Hauptgruppen der Fertigungsverfahren.
3. Sind hochfeste Stähle zum Umformen geeignet? Begründen Sie Ihre Ansicht.
4. Muss der Bereich der elastischen Verformung beim Biegeumformen immer durchlaufen werden?



1. Produkte: Handbügelsäge, Teile am Kraftfahrzeug (Pleuel, Achsschenkel, Stabilisator, Blechteile der Karosserie wie Kotflügel, ...), Profile (z. B. für Gartentore aus Metall), Flaschenöffner u. v. m.
2. Die sechs Fertigungshauptgruppen sind Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten, Stoffeigenschaften ändern.
3. Hochfeste Stähle sind aufgrund ihres ausgeprägten elastischen Bereiches und des kleinen plastischen Bereiches im Allgemeinen weniger gut zum Umformen geeignet.
4. Der elastische Bereich wird beim Umformen immer durchlaufen. Die Verformung ist reversibel, d. h. die Rückverformung erfolgt automatisch bei Wegnahme der Verformungskraft. Der elastische Verformungsanteil muss bei der Gesamtverformung aufgrund der Reversibilität eingerechnet werden.

## Kapitel 1.4, Seite 24



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Beurteilen Sie die Veränderung eines runden und eines quadratischen Querschnittes durch Biegeumformen und skizzieren Sie das Ergebnis.
2. Berechnen Sie jeweils die gestreckte Länge des Halters und des Profils aus S235JR (**Bild 2 und 3**).

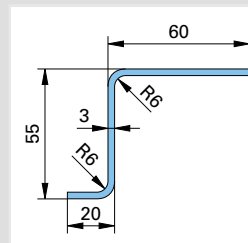


Bild 2: Halter

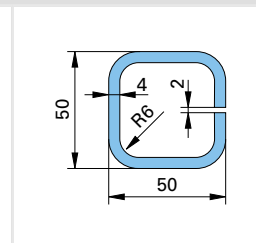
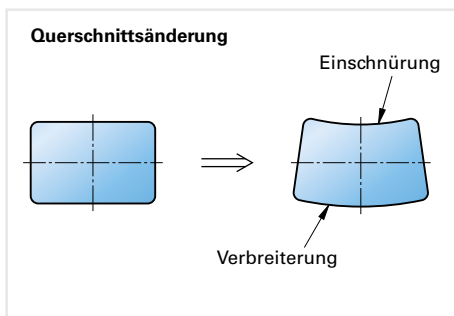
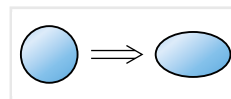


Bild 3: Profil

### 1. rechteckig



### rund



Durch das Biegen entstehen Querschnittsveränderungen. Im **Zugbereich** verjüngt sich der Querschnitt, im **Druckbereich** verbreitert sich das Werkstück (Ausbauchung). Runde Querschnitte bekommen einen ovalen Querschnitt.

### 2. Bild 2:

$$\frac{r}{s} = 2 < 5 \rightarrow \text{Rechnung mit Korrekturfaktor}$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - n \cdot v$$

$$L = 20 \text{ mm} + 55 \text{ mm} + 60 \text{ mm} - 2 \cdot 6,7 \text{ mm} = 135 \text{ mm} - 13,4 \text{ mm} = \mathbf{121,6 \text{ mm}}$$

### Bild 3:

$$\frac{r}{s} = 1,5 < 5 \rightarrow \text{Rechnung mit Korrekturfaktor}$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - n \cdot v$$

$$L = 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + (50 \text{ mm} - 2 \text{ mm}) - 4 \cdot 8,3 \text{ mm} \\ = 198 \text{ mm} - 33,2 \text{ mm} = \mathbf{164,8 \text{ mm}}$$

## Kapitel 1.4, Seite 26



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Ermitteln Sie den kleinsten zulässigen Biegeradius für S275JR ( $s = 5 \text{ mm}$ ) und S355J2 ( $s = 3 \text{ mm}$ ), Biegen längs zur Walzrichtung).
2. Wovon hängt die Größe des Mindestbiegeradius ab?
3. Erklären Sie, weshalb Werkstücke nach dem Biegen etwas zurückfedern.
4. Nennen Sie Einflussfaktoren auf den Rückfederungsfaktor  $k_R$ .
5. Wie können Querschnittsveränderungen beim Biegen von Hohlprofilen vermieden werden?

1.  $r_{\min}$  (S275JR,  $s = 5 \text{ mm}$ ) = **10 mm**

$r_{\min}$  (S355J2,  $s = 3 \text{ mm}$ ) = **5 mm**

2. Der Mindestbiegeradius hängt von dem verwendeten Werkstoff, der Werkstückdicke und der Walzrichtung ab.
3. Die Rückfederung erfolgt, weil der elastische Bereich nach Wegnahme der Belastung wieder durchlaufen wird.
4. Der Rückfederungsfaktor hängt von der Werkstückdicke, dem Radius an Werkzeug und Werkstück sowie dem Material des Werkstückes ab.
5. Querschnittsveränderungen an Hohlprofilen können vermieden werden, indem spezielle Biegevorrichtungen verwendet werden. Alternativ können die Hohlräume z. B. mit Sand verfüllt werden.

## Kapitel 1.5, Seite 29



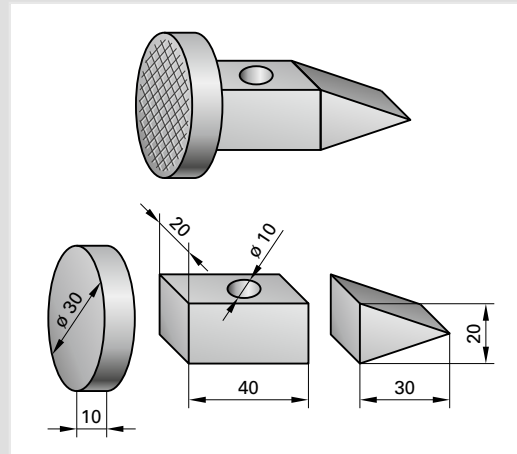
1. Ermitteln Sie die Schmiedetemperatur von C45. Welche Glühfarben entstehen? (C45 hat einen Kohlenstoffanteil von 0,45%).
2. Nennen Sie Werkstoffe, die zum Schmieden geeignet sind.
3. Ermitteln Sie Glühfarbe und Temperatur des abgebildeten Hakens (**Bild 3**) nach **Tabelle 1, Seite 28**.
4. Kann Gusseisen (Kohlenstoffanteil  $> 2,06 \%$ ) geschmiedet werden? Begründen Sie Ihre Aussage.
5. Ändert sich durch Freiformschmieden das Gewicht des Werkstücks?
6. Benennen Sie Vorteile des Schmiedens gegenüber spanenden Fertigungsverfahren.
7. Unter welchen Voraussetzungen ist das Gesenkschmieden als Fertigungsverfahren sinnvoll?



**Bild 3:** Haken

8. Es sollen Hammerköpfe aus C45 durch Freiformen hergestellt werden. Das Material liegt als Stange  $\varnothing 30$  mm vor.

- Ermitteln Sie anhand von **Bild 4** das Volumen des Werkstücks (Berücksichtigen Sie die Bohrung zunächst nicht).
- Berechnen Sie die Masse des Hammerkopfs. Die Dichte von Stahl beträgt  $\rho = 7,85 \text{ kg/dm}^3$ .
- Welche Länge müssen Sie jeweils von der Stange absägen, um keinen Werkstoffverlust zu haben?
- Wie viel Prozent Werkstoff gehen durch das Bohren ( $\varnothing 10$  mm) der Aufnahme für den Stiel verloren?



**Bild 4:** Hammerkopf

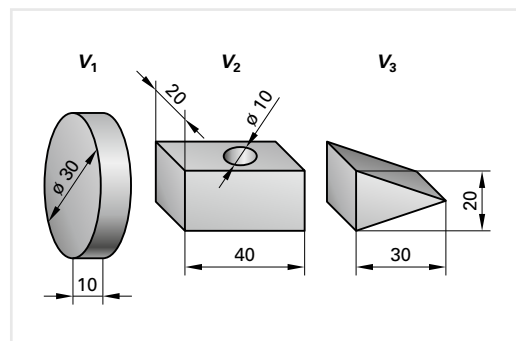
- Die Schmiedetemperatur von C45 liegt zwischen  $830 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $1070 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die Glühfarbe liegt zwischen Hellrot ( $830 \text{ }^\circ\text{C} - 880 \text{ }^\circ\text{C}$ ), Gelbrot ( $880 \text{ }^\circ\text{C} - 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ ) und Dunkelgelb ( $1050 \text{ }^\circ\text{C} - 1150 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Fast alle metallischen Werkstoffe und Legierungen sind zum Schmieden geeignet. Ausnahmen bilden Werkstoffe wie z. B. Gusseisen, die bedingt durch einen hohen Kohlenstoffanteil sehr spröde sind.
- Der Haken ist hellrot bis gelbrot gefärbt und besitzt eine Temperatur von etwa  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Gusseisen kann nicht geschmiedet werden, da der Kohlenstoffanteil zu hoch ist. Es ist zu spröde für den Schmiedeprozess und kann nur gegossen werden.
- Das Gewicht des Werkstückes ändert sich nicht, da kein Werkstoff verloren geht.
- Die Fasern in geschmiedeten Werkstücken sind nicht unterbrochen im Vergleich zu Werkstücken, die spanend hergestellt sind. Deshalb können bei vergleichbarer Festigkeit z. B. kleinere Wandstärken realisiert werden.
- Da die Herstellung der Gesenke kostenintensiv ist, wird das Gesenkschmieden in der Serienfertigung für hohe Stückzahlen eingesetzt.

8. a) Berechnung des Volumens:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ges}} &= V_1 + V_2 + V_3 \\
 &= \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h_1 + l_2 \cdot b_2 \cdot h_2 + l_3 \cdot b_3 \cdot h_3 \\
 &= \pi \cdot 225 \text{ mm}^2 \cdot 10 \text{ mm} + 40 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} + \frac{(30 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm})}{2} \\
 &= 7068,6 \text{ mm}^3 + 16000 \text{ mm}^3 + 6000 \text{ mm}^3 \\
 &= \mathbf{29068,6 \text{ mm}^3} (= 29,0686 \text{ cm}^3)
 \end{aligned}$$

b) Berechnung der Bauteilmasse:

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot V = 7,85 \text{ g/cm}^3 \cdot 29,0686 \text{ cm}^3 \\
 &= \mathbf{228,19 \text{ g}}
 \end{aligned}$$



c) Berechnung der Stangenlänge:

$$V_{\text{Stange}} = A_{\text{Stange}} \cdot l_{\text{Stange}} = V_{\text{ges}} \rightarrow l = \frac{V_{\text{ges}}}{A_{\text{Stange}}}$$
$$l = \frac{29068,6 \text{ mm}^3}{\pi} \cdot \frac{d^2}{4} = \frac{29068,6 \text{ mm}^3}{\pi} \cdot \frac{900 \text{ mm}^2}{4} = \mathbf{41,12 \text{ mm}}$$

d) Berechnung des prozentualen Werkstoffverlustes:

$$V_{\text{Aufnahme}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \pi \cdot \frac{100 \text{ mm}^2}{4} \cdot 20 \text{ mm} = \mathbf{1570,8 \text{ mm}^3}$$
$$\text{Prozentualer Verlust} = \left( \frac{V_{\text{Aufnahme}}}{V_{\text{ges}}} \right) \cdot 100\% = \mathbf{5,4\%}$$

## Kapitel 1.6 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz, Seite 30

### Bearbeitungsaufgabe: Fertigung Austreibkeil und Tablethalter

Die Fachklasse der Raumgestalter benötigt zehn Tablethalter (**Bild 1**) für die Werkstatt. Einige Einzelteile sollen mithilfe von handgeführten Werkzeugen wie Handbügelsäge und Feile hergestellt werden. Für andere wird die Säulenbohrmaschine benötigt, die als Aufnahme für Bohrer und Reibahlen einen Morsekegel (MK) besitzt. Zum Trennen ist in der Hülse der Werkzeugspindel eine Queröffnung, durch die ein Keil (**Bild 2**) getrieben werden kann, der den Morsekegel herausdrückt. Zwei dieser Keile sind nicht mehr auffindbar.

Sie erhalten den Auftrag zwei neue Austreibkeile anzufertigen. Einen Austreibkeil aus Stahl (90MnCrV8) sollen Sie für die Säulenbohrmaschine herstellen, einen aus Aluminium als Schlüsselanhänger für den Werkzeugschrank fertigen.

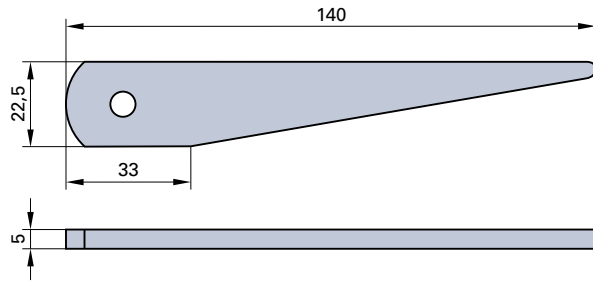
Beide Materialien liegen als Flachmaterial mit den Abmaßen  $1500 \times 25 \times 5$  im Warenlager vor.

#### Aufgaben

1. Die benötigten Halbzeuge für die Austreibkeile werden mit der Handbügelsäge abgelängt. Welche Zahnteilungen wählen Sie jeweils für die beiden Werkstoffe aus?
2. Wie können Sie mit einer Feile und gegebenenfalls mit einem Hilfswerkstoff eine hohe Oberflächengüte erreichen?
3. Erstellen Sie für die Feilarbeiten einen Arbeitsplan in tabellarischer Form. Begründen Sie dabei die Werkzeugauswahl.
4. Erklären Sie den Begriff „Leerhub“.
5. Sie finden im Werkzeugschrank Feilen mit unterschiedlicher Hiebnummer. Auffällig ist, dass unterschiedlich lange Feilen dabei sind, die die gleiche Hiebnummer haben. Erklären Sie, wie das sein kann.
6. Bei Sägezähnen werden in der Regel zwei Zahnformen unterschieden, zum einen die Winkelform und zum anderen die Bogenform. Erklären Sie, warum bei Maschinensägeblättern meist die bogenförmigen Zähne zum Einsatz kommen.
7. Beschreiben Sie, wie Sie mit Feilen und Hilfsmitteln, wie z. B. Öl, Kreide o. Ä. eine möglichst gute Oberflächengüte auf der Austreibkeiloberseite und der schrägen Unterseite erzeugen können.
8. Erläutern Sie, aus welchem Grund größere Werkstücke nicht mit einer Kreissägemaschine gesägt werden können.
9. Durch welche Maßnahme kann die Schnittkraft bei einer Kreissägemaschine konstant gehalten werden?
10. Geben Sie den Vorteil einer Kreissägemaschine gegenüber einer Bügelsägemaschine an.
11. Erklären Sie die Bedeutung des Satzes: „Das Sägeblatt wird stoßend eingespannt.“



**Bild 1:** Tablethalter



**Bild 2:** Austreibkeil

1. Sägeblatt mit großer Zahnteilung für 90MnCrV8, Sägeblatt mit kleiner Zahnteilung für Aluminium
2. Dazu werden die Spanräume mit einem weichen Werkstoff „gefüllt“, z. B. Kreide.
3. Arbeitsplan:

Lfd.-Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug
1	mit einer groben Feile die Sägekanten und Radien bis kurz vor die Anreißlinien abfeilen	Grobe Feile Hiebnr. 0 od. 1
2	Maße prüfen	Messschieber, Radienlehre
3	Mit einer mittelfeinen Feile bis Anrisslinie feilen	Feile Hiebnr., 2 Halbschlichfeile
4	Maße prüfen	Messschieber, Radienlehre
5	Mit einer feinen Feile genau auf Maß feilen und eine gute Oberfläche herstellen	Feile Hiebnr. 3, Schlichfeile
6	Maße prüfen	Messschieber, Radienlehre
7	Gegebenenfalls noch einmal die Oberflächengüte erhöhen	Feile Hiebnr 5, Feinschlichfeile, evtl. mit Kreide

4. Eine Handbügelsäge nimmt nur in einer Bewegung (Schubrichtung) Material ab. Beim Rückhub wird die Säge leicht angehoben, damit die Sägezähne nicht zu schnell verschleifen. Dabei werden keine Späne abgenommen.
5. Hiebteilung ist unabhängig von der Feilenblattlänge.
6. Bei den Maschinensägen wird mit einer größeren Kraft gesägt. Das heißt, die Sägezähne müssen einer größeren Belastung standhalten. Bogenförmige Zähne können besser größere Kräfte aufnehmen.
7. Um eine bessere Oberflächengüte zu erreichen kann man das Feilenblatt mit Kreide einreiben. Diese setzt sich in die Zahnzwischenräume und die Feile kann weniger Späne aufnehmen, die schabende Wirkung verstärkt sich. Bei einer Mischung aus Öl und Kreide wird die Oberfläche noch besser, jedoch ist die Feile schwieriger zu reinigen.
8. Bei großen/dicken Werkstücken wird ein Sägeblatt mit einem großen Durchmesser benötigt. Die Handsägemaschinen sind für die großen Sägeblätter nicht ausgelegt.
9. Durch einen kontinuierlichen Vorschub.
10. Kreissägen haben keinen Leerhub wie eine Bügelsäge.
11. Das Sägeblatt wird so eingespannt, dass es in Stoßrichtung (vom Körper weg) Späne abnimmt und beim Rückhub, dem Leerhub, keine Späne abgenommen werden.

Kapitel 1.6 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz, Seite 31

Nun werden die Einzelteile des Tablethalters (Bild 1) gefertigt.

12. Je ein Satz Standfüße (Bild 2) soll aus S275JR bzw. Aluminium hergestellt werden. Die Rohteile besitzen die Abmaße ( $l \times b \times h$ )  $190 \times 8 \times 20$  mm.
  - a) Nennen Sie Sägeblatt- und Feilentypen, die Sie für die Fertigung der Tabletfüße auswählen.
  - b) Begründen Sie Ihre Auswahl.
  - c) Berechnen Sie jeweils die Rohteilgewichte eines Standfußes aus S275JR und aus Aluminium.
13. Die Rohlinge für die Befestigungswinkel (Bild 3) müssen Sie im Warenlager selbst auf die gewünschte Länge absägen. Sie nehmen die im Lager liegende Säge und sägen einen Rohling ab. Immer wieder bleiben Sie mit der Säge hängen und das Blech verbiegt an der Sägestelle mehrfach leicht. Nennen Sie mögliche Fehlerquellen.
14. Skizzieren Sie einen Sägezahn und zeichnen Sie Keilwinkel, Freiwinkel und Spanwinkel ein.
  - a) Nennen Sie die Winkelsumme der drei Winkel.
  - b) Erläutern Sie die Funktion von Freiwinkel und Keilwinkel.
  - c) Beschreiben Sie die Folgen eines zu kleinen Keilwinkels.
15. Das Langloch in dem Befestigungswinkel müssen Sie mit Feilen einarbeiten. Beschreiben Sie, was Sie beim Einspannen des Befestigungswinkels beachten müssen.
16. Erstellen Sie für die Fertigung der Befestigungswinkel einen Arbeitsplan.
17. Ihr Ausbilder möchte, dass die Oberfläche der Bauteile nach Möglichkeit ohne Riefen ist und schön gleichmäßig aussieht. Nennen Sie Möglichkeiten, wie Sie mit Feilen eine möglichst hohe Oberflächenqualität erhalten.
18. Beim Aussägen der Grundplatte (Bild 4) bemerken Sie, dass Ihr Sägeblatt sehr heiß wird. Beschreiben Sie, was infolge der Erwärmung des Sägeblatts passiert.
19. Das Festklemmen des Sägeblatts in der Fuge wird durch Freischneiden verhindert.
  - a) Erläutern Sie den Begriff „Freischneiden“.
  - b) Nennen Sie mögliche Sägeblattformen.



Bild 1: Tablethalter



Bild 3: Befestigungswinkel



Bild 2: Standfuß

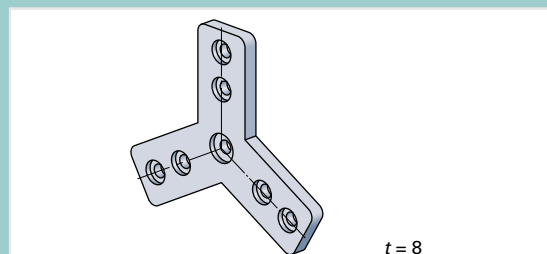


Bild 4: Grundplatte

12. a) S275JR: Sägeblatt mit einer Teilung von 22 Zähnen/Inch, Feilen mit gehauener Zahnform zum Schruppen und Schlichten

Aluminium: Sägeblatt mit einer Teilung von 14–16 Zähnen/Inch,

Feilen mit gefrästen Zähnen zum Schruppen, Einhiebsfeilen mit feinem Hieb zum Schlichten

- b) Die Auswahl erfolgt aufgrund der Werkstoffcharakteristika (Stahl ist eher hart, Aluminium eher weich).

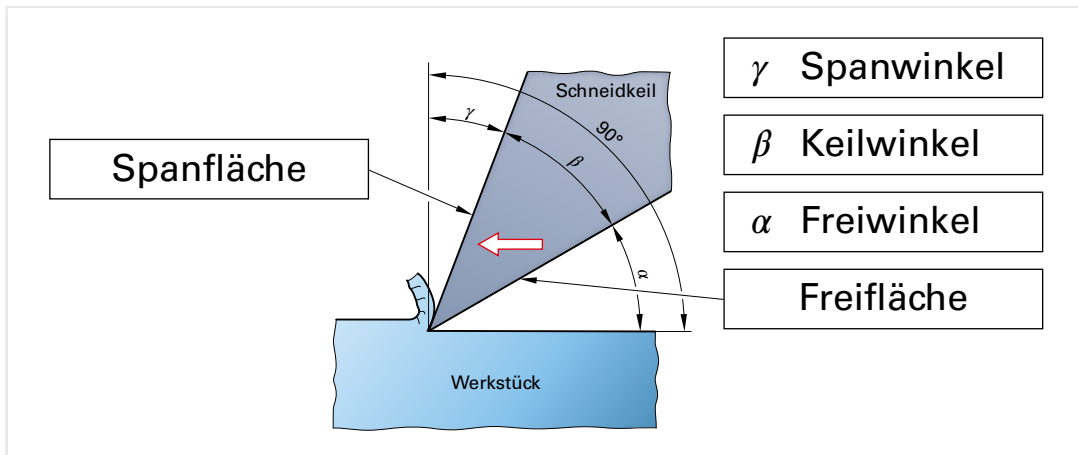
c)  $V = l \cdot b \cdot h = 190 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} = 30400 \text{ mm}^3 = 30,4 \text{ cm}^3$

$$m_{\text{Alu}} = \rho_{\text{Alu}} \cdot V = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 30,4 \text{ cm}^3 = 82,08 \text{ g}$$

$$m_{\text{S275JR}} = \rho_{\text{S275JR}} \cdot V = 7,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 30,4 \text{ cm}^3 = 238,64 \text{ g}$$

13. Die Schnittfuge kann zu weit von der Einspannung entfernt sein, sodass das Blech schwingt. Dadurch kann das Sägeblatt verkanten. Es besteht auch die Möglichkeit, dass die Zahnteilung des Sägeblattes zu grob ist, sodass sich eine zu geringe Anzahl Zähne im Eingriff befindet. Dadurch kann das Sägeblatt verklemmen.

14.



a)  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$

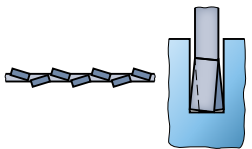
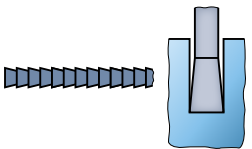
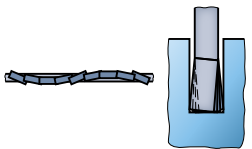
- b) Der Freiwinkel dient der Reduzierung der Reibung zwischen Schneidkeil und Werkstück. Der Keilwinkel bestimmt die Standfestigkeit des Schneidkeils und hat Einfluss auf die zum Spanen oder Trennen erforderlichen Kräfte.

- c) Die Werkzeugschneide besitzt bei zu kleinem Keilwinkel keine ausreichende Standfestigkeit und wird schnell stumpf.

15. Der Befestigungswinkel wird nahe des zu erstellenden Langlochs eingespannt. Der Befestigungswinkel könnte sonst bei der Bearbeitung quietschen oder sich verbiegen.

Nr.	Arbeitsvorgang	Arbeitsmittel	Bemerkungen
10	Anreißen des Rohteils	Reißnadel, Stahlmaß	Walzrichtung beachten
20	Zuschnitt des Rohteils	Blechschere	
30	Feilen auf Maß, Entgraten	Flachfeile	Hieb Nr. 1
40	Prüfen der Maße und Rechtwinkligkeit	Messschieber, Anschlagwinkel	
50	Anreißen der Biegelinie und der Außenradien	Reißnadel, Stahlmaß, Stangenzirkel	
60	Anreißen der Bohrungsmittelpunkte $\varnothing 4,5$ mm	Reißnadel, Stahlmaß	
70	Körnen der Bohrungsmittelpunkte	Körner, Hammer	
80	Feilen der Außenradien (R10)	Flachfeile	Hieb Nr. 1
90	Bohren $\varnothing 4,5$ mm	Bohrmaschine, HSS Bohrer $\varnothing 4,5$ mm	$n = 2830$ 1/min.
100	Entgraten der Bohrungen	Kegelsenker	
110	Ausfeilen der Aussparung	Flachfeile	Hieb Nr. 1
120	Schwenkbiegen auf $90^\circ$	Schraubstock, Biegematrize, Kunststoffhammer	
130	Entgraten und auf Maßhaltigkeit prüfen	Messschieber, Flachfeile, Anschlagwinkel	Hieb Nr. 3

17. – Feilen mit Kreuzhieb oder bogenförmigem Hieb verwenden  
 – Feilen mit gehauener Zahnform verwenden  
 – Feilen mit feinem Hieb und kleiner Zahnteilung verwenden
18. Das Sägeblatt wird heiß und dehnt sich aus. Dadurch kann es in der Schnittfuge festklemmen.
19. a) Durch die Form des Sägeblattes (geschränkt, gewellt, freigeschliffen/gestaucht) wird die entstehende Schnittfuge breiter als das Sägeblatt und ein Festklemmen wird vermieden. Dieser Vorgang wird Freischneiden genannt.
- b) Es gibt die geschränkte, die gewellte und die freigeschliffene/gestauchte Form.

Form des Sägeblattes			
Freischneiden der Zähne durch	Geschränkte Form	Gestauchte Form	Gewellte Form



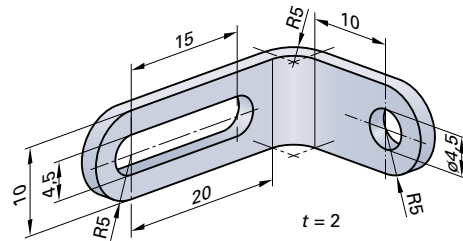
## Kapitel 1.6 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz, Seite 32

Einige der Bauteile des Tablethalters werden durch Biegeumformen hergestellt (**Bild 1**).

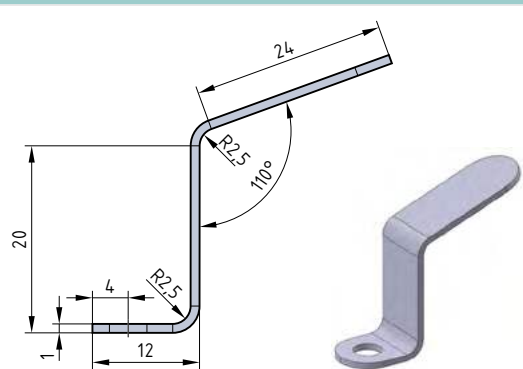
20. Erklären Sie die Begriffe neutrale Faser und Mindestbiegeradius.
21. Ermitteln Sie den Mindestbiegeradius des Befestigungswinkels aus S235JR (**Bild 2**).
22. Muss bei der Berechnung der gestreckten Länge mit dem Ausgleichswert gerechnet werden? Begründen Sie Ihre Aussage.
23. Ermitteln Sie die gestreckte Länge des Befestigungswinkels mit Korrekturfaktor sowie entlang der neutralen Faser. Vergleichen Sie die Ergebnisse.
24. Zeichnen Sie die Abwicklung des Befestigungswinkels mit Bemaßung und tragen Sie die Biegelinie ein.
25. Bestimmen Sie die Größe des Bleche, aus dem Sie die zwei Streifen der Biegeteile schneiden. Skizzieren Sie es. Vernachlässigen Sie Verluste durch Verschnitt und berechnen Sie die Masse.
26. Berechnen Sie die Länge für die Klemmleiste (**Bild 3**) aus DC01. Rechnen Sie wahlweise mit Korrekturfaktor oder entlang der neutralen Faser.
27. Ermitteln Sie die Rückfederung beim Biegen der Klemmleiste.
28. Sie haben eine Biegevorrichtung mit einem Biegeradius von 2 mm am Werkzeug. Prüfen Sie, ob das Werkzeug eingesetzt werden kann.
29. Ermitteln Sie auch die gestreckte Länge des Trägerblechs (**Bild 4**).
30. Nennen Sie Gründe, den Mindestbiegeradius nicht zu unterschreiten.
31. Wie kann eine Änderung des Querschnitts beim Biegen von Rohren verhindert werden?
32. Beschreiben Sie den Einfluss der Walzrichtung auf die Planung einer Blechbiegung.



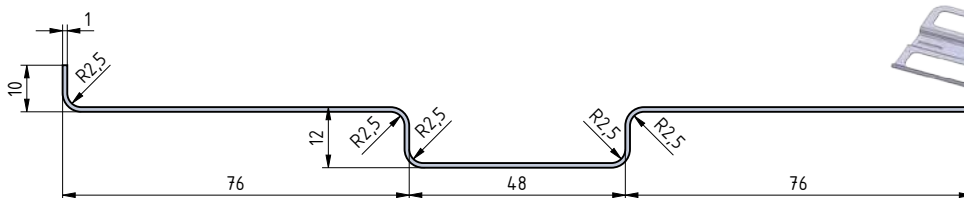
**Bild 1:** Tablethalter mit Biegeteilen



**Bild 2:** Befestigungswinkel



**Bild 3:** Klemmleiste



**Bild 4:** Trägerblech

- 20. Neutrale Faser:** Beim Biegen werden die äußeren Bereiche des Werkstückes gestreckt, die inneren gestaucht. Dazwischen befindet sich ein Werkstoffbereich, dessen Gefüge sich beim Biegen kaum ändert. Dieser Bereich wird als neutrale Faser bezeichnet.

Mindestbiegeradius: Der an der Innenseite des Biegeteiles liegende Radius wird Biegeradius genannt. Wird er zu klein gewählt, können Risse (Außenseite), Wülste (Innenseite) und Querschnittsveränderungen entstehen.

- 21. Mindestbiegeradius S235JR, Befestigungswinkel ( $s = 2 \text{ mm}$ ):  $r_{\min} = 2,5 \text{ mm}$**

- 22.** Es kann mit dem Ausgleichswert gerechnet werden, da es sich um ein Bauteil mit kleinem Biegeradius im Verhältnis zur Blechdicke handelt:  $\frac{r}{s} = \frac{5 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 2,5 < 5$  ( $\rightarrow$  Rechnung mit Korrekturfaktor)

- 23. Befestigungswinkel:**

Berechnung der gestreckten Länge mithilfe des Ausgleichswertes

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - n \cdot v$$

$$L = 20 \text{ mm} + 30 \text{ mm} - 1 \cdot 4,0 \text{ mm}$$

(Anmerkung: gewählt  $v = 4,0 \text{ mm}$  für  $s = 2 \text{ mm}$  und  $r = 2,5 \text{ mm}$ , da  $r = 3 \text{ mm}$  nicht in der Tabelle vorhanden ist)

$$= 50 \text{ mm} - 4,0 \text{ mm} = \mathbf{46,0 \text{ mm}}$$

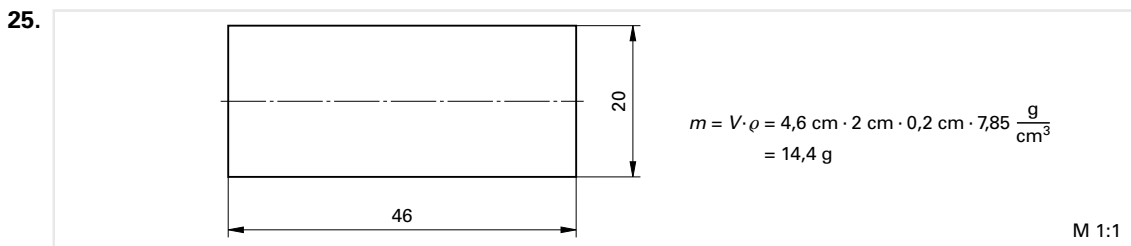
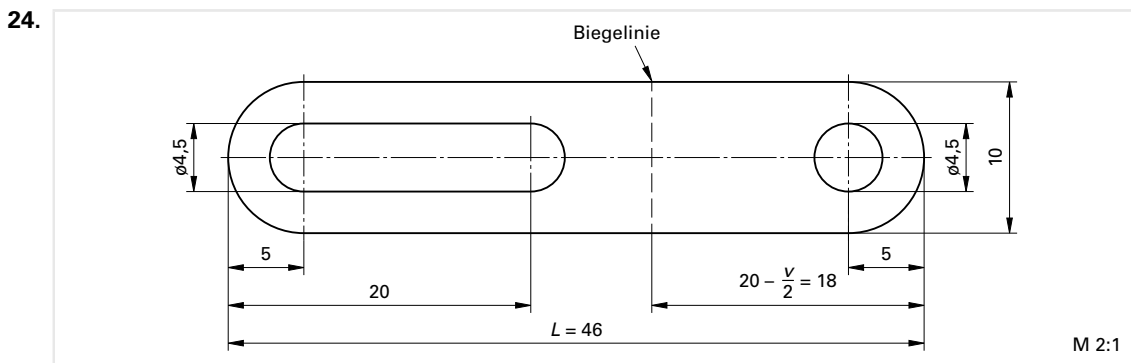
Berechnung der gestreckten Länge entlang der neutralen Faser

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$$

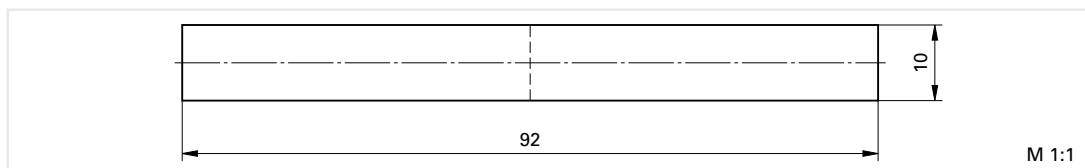
$$L = 15 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + \pi \cdot 2 \cdot \frac{r_m}{4} \quad (\text{mit } r_m = 4 \text{ mm})$$

$$= 40 \text{ mm} + 6,3 \text{ mm} = \mathbf{46,3 \text{ mm}}$$

Die Ergebnisse sind vergleichbar, beide Verfahren sind geeignet.



oder



## 26. Klemmleiste (Bild 3)

$$\frac{r}{s} = \frac{2 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} = 2 < 5 \rightarrow \text{Rechnung mit Korrekturfaktor}$$

Berechnung der gestreckten Länge mithilfe des Ausgleichswertes

$$L = 12 \text{ mm} + 20 \text{ mm} + 24 \text{ mm} - 1 \cdot 2,4 \text{ mm} - 1 \cdot \left[ 2 \cdot (r + s) \cdot \tan \frac{180^\circ - \beta}{2} - \pi \cdot \left( \frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \cdot \left( r + \frac{s}{2} \cdot k \right) \right]$$

mit  $k = 0,65 + 0,5 \cdot \lg \frac{r}{s}$  (s. Tbb. Europa Lehrmittel)

$$L = 56 \text{ mm} - 2,4 \text{ mm} -$$

$$- \left[ 2 \cdot (2,5 \text{ mm} + 1 \text{ mm}) \cdot \tan \frac{180^\circ - 110^\circ}{2} - \pi \cdot \left( \frac{180^\circ - 110^\circ}{180^\circ} \right) \cdot \left( 2,5 \text{ mm} + \frac{1 \text{ mm}}{2} \cdot 0,87897 \right) \right]$$

$$L = 53,6 \text{ mm} - \left[ 2 \cdot 3,5 \text{ mm} \cdot \tan 35^\circ - \pi \cdot \frac{70^\circ}{180^\circ} \cdot (2,5 \text{ mm} + 0,4245 \text{ mm}) \right]$$

$$L = 53,6 \text{ mm} - [4,9 \text{ mm} - \pi \cdot 0,3889 \cdot 2,9245 \text{ mm}]$$

$$L = 53,6 \text{ mm} - [4,9 \text{ mm} - 3,6 \text{ mm}] = \mathbf{52,3 \text{ mm}}$$

Berechnung der gestreckten Länge entlang der neutralen Faser

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$$

$$L = 8,5 \text{ mm} + 2 \cdot \pi \cdot \frac{r_m}{4} + 13 \text{ mm} + 2 \cdot \pi \cdot r_m \cdot \frac{110^\circ}{360^\circ} + 20,5 \text{ mm} \quad (\text{mit } r_m = 3 \text{ mm})$$

$$L = 8,5 \text{ mm} + 4,71 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 5,76 \text{ mm} + 20,5 \text{ mm}$$

$$L = \mathbf{52,47 \text{ mm}}$$

27. Biegeradius am Werkstück:  $r_2 = 2,5 \text{ mm}$ , Blechdicke  $s = 1 \text{ mm}$ , Werkstoff DC01

$$\text{Verhältnis } \frac{r_2}{s} = 2,5 \rightarrow \text{Rückfederungsfaktor } k_R = \mathbf{0,99}$$

28. Eingesetzt in  $r_1 = k_R \cdot (r_2 + 0,5 \cdot s) - 0,5 \cdot s$  ergibt

$$r_1 = 0,99 \cdot (2,5 \text{ mm} + 0,5 \cdot 1 \text{ mm}) - 0,5 \cdot 1 \text{ mm}$$

$$r_1 = 0,99 \cdot 3 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm} = \mathbf{2,47 \text{ mm}}$$

Das Werkzeug ist nicht geeignet.

29.  $L_{\text{ges}} = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - n \cdot v$  ( $v = 2,4 \text{ mm}$ , s. Tbb.)

$$L_{\text{ges}} = 10 \text{ mm} + 76 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + 76 \text{ mm} - 5 \cdot 2,4 \text{ mm}$$

$$L_{\text{ges}} = 236 \text{ mm} - 12 \text{ mm}$$

$$L_{\text{ges}} = \mathbf{224 \text{ mm}}$$

## 30. Das Material kann bei Unterschreitung des kleinsten zulässigen Biegeradius im Streckbereich reißen. In der Druckzone kann es zu Wulstbildung kommen.

## 31. Es können geeignete Vorrichtungen genutzt werden, die durch entsprechend ausgeformte Werkzeugrollen die Querschnittsveränderung verhindern. Alternativ können Rohre vor dem Biegen mit Sand verfüllt werden, um die Querschnittsveränderung gering zu halten.

## 32. Bleche sollten möglichst quer oder unter einem Winkel zur Walzrichtung gebogen werden, um Riss- und Wulstbildung zu vermeiden.

# Lösungsvorschläge zu Kapitel 02 Maschinelle Fertigungsverfahren

## Kapitel 2.1.1, Seite 38



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Geben Sie den Vorteil eines endlosen Bandsägeblatts bei der Bandsägemaschine an.
2. Beschreiben Sie, wie das Stangenmaterial nach dem Absägen des Werkstück nach vorne bewegt wird.
3. Erklären Sie, wie die Länge des abzusägenden Werkstücks eingestellt werden kann.
4. Erläutern Sie den Vorteil einer vollautomatisierten Bandsägemaschine.
5. Geben Sie an, welche Zahnform bei einer spröden Kupferlegierung verwendet wird.
6. Zeigen Sie auf, wie der Vorschub bei einer Vertikal-Bandsägemaschine erfolgen kann.

1. Durch das endlose Sägeblatt erfolgt ein kontinuierlicher Sägeschnitt ohne Absetzen des Sägeblatts.
2. Das eingespannte Stangenmaterial wird durch eine Nachschubeinheit um die voreingestellte Länge nach vorne bewegt.
3. Die zu sägende Länge kann durch das Bedienfeld der CNC-Steuerung eingegeben werden.
4. Bei vollautomatisierten Bandsägemaschinen erfolgt auch das Sägen mit der CNC-Steuerung.
5. Bei einer spröden Kupferlegierung wird für das Sägeband ein Lückenzahn mit einem Spanwinkel von  $0^\circ$  verwendet.
6. Der Vorschub für das Werkstück kann durch den Tisch automatisch erfolgen. Hierfür muss das Werkstück auf dem Tisch gespannt werden. Das Werkstück bewegt sich mit dem Tisch geradlinig am Bandsägeblatt entlang. Das Werkstück kann aber auch von Hand auf dem feststehenden Tisch bewegt werden. Es können dann auch Schrägen und Radien gesägt werden.

## Kapitel 2.1.2, Seite 39



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Erläutern Sie, aus welchem Grund größere Werkstücke mit einer Kreissägemaschine nicht gesägt werden können.
2. Durch welche Maßnahme kann die Schnittkraft bei einer Kreissägemaschine konstant gehalten werden?
3. Geben Sie den Vorteil einer Kreissägemaschine gegenüber einer Bügelsägemaschine an.
4. Erklären Sie die Bedeutung des Satzes: „Das Sägeblatt wird stoßend eingespannt.“

1. Kreissägeblätter haben nur einen begrenzten Durchmesser und der Sägeschnitt kann nur bis zu einem Drittel seines Durchmessers als Arbeitsbereich genutzt werden.
2. Durch eine CNC-Vorschubregelung kann die Schnittkraft über den Materialquerschnitt konstant gehalten werden.
3. Kreissägemaschinen eignen sich besonders gut für Sägeschnitte, die nicht in einem Winkel von  $90^\circ$  zur Längsachse des Werkstücks liegen (Gehrungsschnitt). Zum Sägen von Rohren mit unterschiedlichen Profilformen können Kreissägemaschinen sehr gut verwendet werden.
4. Das Sägeblatt einer Bügelsägemaschine sägt nur beim Vorhub. Beim Rückhub wird das Sägeblatt vom Werkstück abgehoben. Daher sind die Zähne des Sägeblatts in Richtung des Vorhubs eingespannt. Bei Vorhub findet eine stoßende Bewegung statt.