



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

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

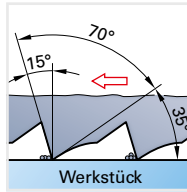


Überlegen und beantworten Sie:

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° . 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° 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° und eine Meißelschneide mit einem Keilwinkel von 55° . 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.

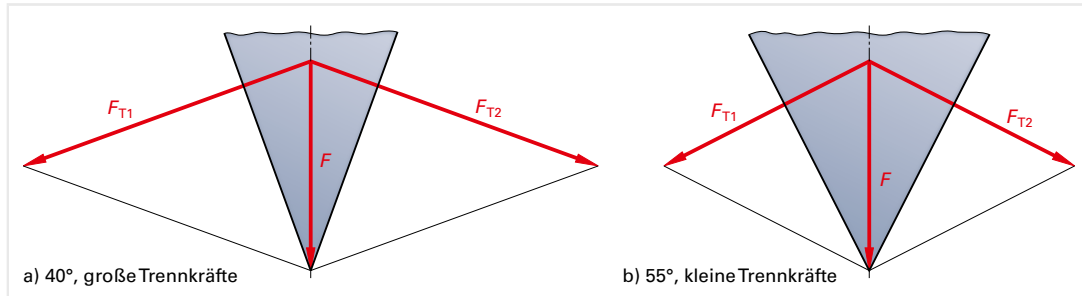
Kreuzmeißel: geeignet zur Fertigung schmaler Nuten

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).

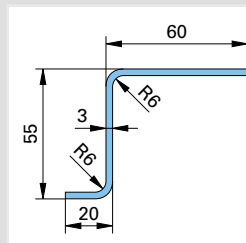


Bild 2: Halter

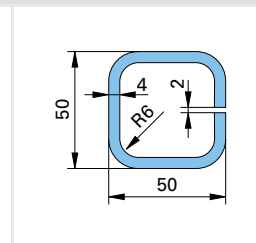
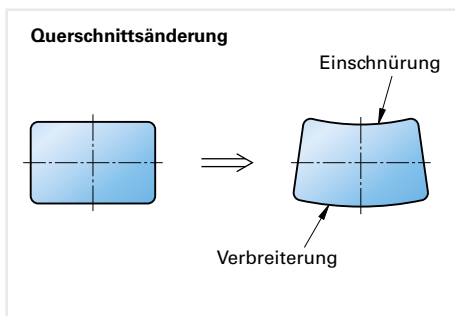
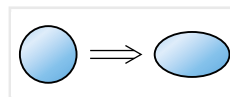


Bild 3: Profil

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