



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Arbeitsbuch Zerspantechnik

Lernfelder 5 bis 13

2. verbesserte Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren

Leiter des Arbeitskreises: Armin Steinmüller

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

Europa-Nr.: 14832

Autoren

Bergner, Oliver	Dipl.-Berufspädagoge	Dresden
Dambacher, Michael	Studiendirektor	Hüttlingen
Gresens, Thomas	Dipl.-Berufspädagoge	Schwerin
Kretzschmar, Ralf	Dipl.-Ing.-Pädagoge	Lichtenstein
Krämer, Andreas	Dipl.-Ingenieur	Kronberg

Lektor und Leiter des Arbeitskreises

Armin Steinmüller, Dipl.-Ing., Hamburg

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Leihgaben von Firmen (Verzeichnis, letzte Seite)

Der Abdruck des Umschlagbildes erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Firma
Gleason-Pfauter Maschinenfabrik GmbH in 71636 Ludwigsburg.

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer
GmbH & Co. KG, Ostfildern

2. Auflage 2012

Druck 5 4

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

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDI/VDE-Richtlinien zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und die VDI/VDE-Richtlinien selbst.

Verlag für DIN-Blätter: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10625 Berlin

Verlag für die VDE-Bestimmungen: VDE-Verlag GmbH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin

ISBN: 978-3-8085-1488-7

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

© 2012 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG,
42781 Haan-Gruiten, <http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Meis satz&more, 59469 Ense

Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlagfoto: nach einer Idee von Ralf Kretzschmar

Druck: RCOM Print GmbH, 97222 Würzburg-Rimpar

Vorwort

Mit diesem Arbeitsbuch wollen die Autoren und der Verlag Berufsschülern und Lehrern bei der Ausbildung der Zerspansungsmechaniker ein Arbeitsmittel in die Hand geben, mit dessen Hilfe die im Unterricht erworbenen Kenntnisse vertieft und erweitert werden können. Die Beschäftigung mit umfangreichen praxisnahen Aufgaben soll die Fähigkeit stärken, auf der Basis des vorhandenen Wissens und zusätzlicher Informationen neue berufliche Probleme zu analysieren und selbstständig zu bearbeiten. Das methodische Vorgehen dabei wird auf der folgenden Seite ausführlich dargestellt.

Neben dem Arbeitsbuch für die Schüler steht den Lehrern ein Lösungsbuch zur Verfügung, das ihnen die Unterrichtsvorbereitung und die Aufgabenstellung erleichtern kann. Hier finden sie neben dem vollständigen Text des Arbeitsbuches alle dort durch die Schüler in den Freiräumen direkt unterhalb der Aufgaben einzutragenden Lösungen. Darüber hinaus existieren Fragestellungen, zu denen die Antworten freier zu formulieren sind oder die ausführlicher beantwortet werden müssen (grüne Ziffern vor der Aufgabe). Ausgewählte Lösungsvorschläge stehen im Anhang des Lösungsbuches. Jedem Lösungsbuch liegt eine CD bei, die alle Lösungsvorschläge enthält.

Alle Seiten des Arbeitsbuches sind perforiert und gelocht, damit der Schüler sie zusammen mit anderen Unterrichtsmaterialien systematisch einordnen und für die Prüfungsvorbereitung sammeln kann.

Für die **2. Auflage** wurden Fehler beseitigt, manche Einzelheiten verbessert und einige Aufgaben aktualisiert.

Die Autoren und der Verlag werden auch weiterhin jedem Leser für Verbesserungsvorschläge und Fehlerhinweise dankbar sein, die die Weiterentwicklung dieses Unterrichtswerkes fördern können. Ihre Zuschriften senden Sie bitte an lektorat@europa-lehrmittel.de.

Frühjahr 2012

Autoren und Verlag

Inhaltsverzeichnis

Lernfelder

Lernsituationen

LF 5	Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigung	5
LS 5.1	Vorbereiten eines wirtschaftlichen Fertigungsprozesses.	5
LS 5.2	Ausführen eines Fertigungsauftrages	12
LS 5.3	Fertigungsvorbereitung für eine Distanzscheibe	18
LS 5.4	Arbeitsmittel und Fertigungsparameter beim Schleifen	30
LF 6	Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen	31
LS 6.1	Warten einer Drehmaschine	31
LS 6.2	Warten einer Fräsmaschine	37
LS 6.3	Beachten und Anwenden sicherheitstechnischer Maßnahmen	41
LF 7	Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme	43
LS 7.1	Pneumatischer Werkstückvereinzeler mit einem Zylinder	43
LS 7.2	Erweitern des Werkstückvereinzellers	47
LS 7.3	Optimieren der Funktion	53
LS 7.4	Umrüsten der Schaltung auf Elektropneumatik	56
LF 8	Programmieren von und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	61
LS 8.1	Die Fertigung mit CNC-Werkzeugmaschinen vorbereiten	61
LS 8.2	Die Bearbeitung planen	65
LS 8.3	Die Fertigung des Grundkörpers durchführen	69
LS 8.4	Die Fertigung des Grundkörpers prüfen und optimieren	71
LS 8.5	Die CNC-Fertigung eines Drehteils planen, durchführen und prüfen	73
LS 8.6	Die Fertigung der Außenkontur optimieren	76
LS 8.7	Die Fertigung der Innenkontur optimieren	76
LS 8.8	Die Fertigung eines Frästeils planen, durchführen, prüfen und optimieren	77
LS 8.9	Die Bearbeitung eines Dreh-/Frästeils planen und vorbereiten	79
LF 9	Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren	81
LF 9.1	Feinbearbeitung von Spannbacken	81
LF 9.2	Herstellen eines Kegellehrdorns	86
LF 9.3	Feinbearbeitung eines Einspritzzylinders	92

Lernfelder

Lernsituationen

LF 10	Optimieren des Fertigungsprozesses	97
LS 10.1	Eingangs- und Ausgangsgrößen des Zerspanungsprozesses	97
LS 10.2	Trockenbearbeitung	99
LS 10.3	Minimalmengenschmierung	102
LS 10.4	Hartbearbeitung	105
LS 10.5	Hochgeschwindigkeitsbearbeitung	109
LS 10.6	Bewerten von Werkzeugverschleiß	112
LF 11	Teilsysteme rechnergestützter Produktionseinrichtungen	113
LS 11.1	Rechnergestützte Fertigung	113
LS 11.2	Schnittstellen der Datenübertragung	114
LS 11.3	Rechnergestützte Betriebsmittel- und Werkzeugverwaltung	116
LS 11.4	Flexible Fertigungssysteme	117
LS 11.5	Maschinenfähigkeitsnachweis	119
LS 11.6	Industrieroboter	122
LS 11.7	Parameterprogrammierung	125
LS 11.8	CAD-CAM-Kopplung	128
LS 11.9	Die Komplettbearbeitung eines Frästeils planen und vorbereiten	129
LF 12	Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrages	131
LS 12.1	Herstellen einer Grundaufnahme	131
LS 12.2	Lasten anschlagen	136
LF 13	Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung	141
LS 13.1	Auftragsorganisation	141
LS 13.2	Anforderungen an ein betriebliches Qualitätsmanagementsystem	143
LS 13.3	Betriebliches Audit	145
LS 13.4	Die Prozessfähigkeit untersuchen	146
LS 13.5	Eine Prozessregelkarte erstellen und auswerten	149
LS 13.6	Betriebsdatenerfassung	151

Sachwortverzeichnis 3. US

Firmenverzeichnis 3. US

Didaktisch-methodische Hinweise zum Einsatz dieses Arbeitsbuches im Unterricht

Absicht der vor einigen Jahren durch alle zuständigen Gremien erarbeiteten neuen Lehrpläne ist es, die zukünftigen Gesellen und Facharbeiter auf die Anforderungen des beruflichen Lebens vorzubereiten. Erreicht werden soll dies durch eine Annäherung des Fachtheorie-Unterrichts in der Berufsschule an praxisrelevante berufliche Handlungen.

Für dieses Arbeitsbuch wurden Aufgaben ausgesucht, die betriebliche Handlungen beschreiben, aus denen entsprechende Arbeitsaufträge entstanden sind. Sowohl im Fachtheorie-Unterricht als auch in Zusammenarbeit mit dem Ausbildungsbetrieb lassen sie sich theoretisch und praktisch lösen. Bei sorgfältiger und umfassender Bearbeitung werden alle Lerninhalte des entsprechenden Lernfeldes damit zu einem großen Teil erarbeitet.

Neben freien Zeilen, in denen durch Eintragen der Lösungen hauptsächlich das notwendige Basiswissen überprüft werden soll, gibt es zusätzlich Aufgaben, in denen dieses Wissen in freier Form angewendet wird. Die Lösungen dieser Aufgaben finden sich teilweise am Schluss des Lösungsbuches und vollständig auf einer beigelegten CD. Es wird vorgeschlagen, neben einem Fachkundebuch und einem Tabellenbuch auch zusätzliche Unterlagen, wie zum Beispiel technische Zeichnungen, Arbeitspläne oder Übersichten zu verwenden. Sinnvoll ist es auch, betriebliche Unterlagen des Ausbildungsbetriebes soweit wie irgend möglich einzusetzen.

Die neun Lernfelder werden jeweils in einzelne Lernsituationen aufgegliedert. Innerhalb jeder Lernsituation wird neben der Lösung von Einzelaufgaben auch das Herangehen an eine größere Aufgabe geübt. Alle Arbeitsaufträge werden in der Abfolge **Analysieren**, **Planen**, **Durchführen** und **Beurteilen** durchgeführt. Diese Abschnitte sind wie auf dieser Seite farblich gekennzeichnet, sodass die Abfolge der einzelnen Arbeitsphasen sofort erkennbar ist.

Betrieblicher Arbeitsauftrag

Ausgehend von einer fiktiven Firma wird ein Arbeitsauftrag zuerst kurz beschrieben. Eine Benummerung gibt an, welchem Lernfeld die entsprechende Lernsituation zuzuordnen ist. Als Beispiel: 8.1 entspricht der ersten Lernsituation für den ersten Arbeitsauftrag des Lernfeldes 8. Hier wird jeweils der Arbeitsauftrag oder der betriebliche Auftrag soweit erläutert, dass der Auszubildende sich orientieren kann und weiß, welche Informationen er im nächsten Schritt einholen muss um den Auftrag durchzuführen.

Analysieren

In diesem Abschnitt werden die notwendigen Einzelheiten zur Bearbeitung des Auftrages aufgeführt und in einer Informationsphase in unterschiedlichem Maße durch den Nutzer selbst erarbeitet. Das Analysieren bedeutet eine aktive Auseinandersetzung mit dem Arbeitsauftrag und die Bereitstellung aller zum Verständnis und zur weiteren Abarbeitung des Arbeitsauftrages notwendigen Informationen.

Planen

Um professionell handeln zu können, muss der zukünftige Facharbeiter fehlerfrei und optimal alle Arbeitsschritte planen. Im Arbeitsbuch werden Planungsunterlagen vorgestellt. Im konkreten Fall müssen sie selbst erstellt und mit Vorüberlegungen über zu erwartende Problemstellungen ergänzt werden.

Durchführen

Der Arbeitsauftrag kann nach Erarbeitung der notwendigen Vorkenntnisse sowohl theoretisch nachvollzogen als auch im Ausbildungsbetrieb oder in der Lehrwerkstatt praktisch durchgeführt werden.

Beurteilen (zusammen mit Dokumentieren und Präsentieren)

Die gefundenen Lösungswege sollen möglichst in Gruppenarbeit vorgestellt, diskutiert und bewertet werden. Der Vergleich teilweise unterschiedlicher Lösungswege soll in Fachgesprächen den Lernprozess unterstützen.



LF 5

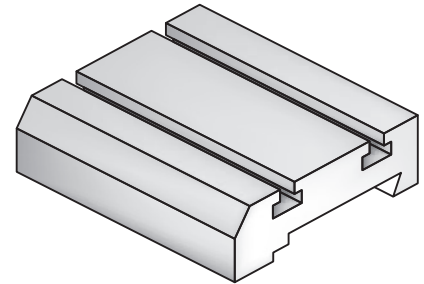
Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren
Using metal-cutting processes to manufacture building elements



Betrieblicher Arbeitsauftrag *Production work order*

Sie werden beauftragt die Fertigung eines Maschinentisches vorzubereiten. Durch Planfräsen soll ein Rohteil, Werkstoff S235JR, mit den Maßen 195 x 60 x 40 auf Ober- und Unterseite geschruppt werden.

Anschließend muss eine Seite geschlichtet werden. Vorab ist es notwendig den Zerspanungsprozess genauer zu betrachten und Schnittwerte zu ermitteln. Möglicherweise auftretende Probleme müssen vorab erkannt werden, um durch geschickte Auswahl der Fertigungsparameter einen reibungslosen und wirtschaftlichen Produktionsprozess zu gewährleisten.



Lernsituation 5.1 Vorbereiten eines wirtschaftlichen Fertigungsprozesses

Preparing economical production processes

Analysieren

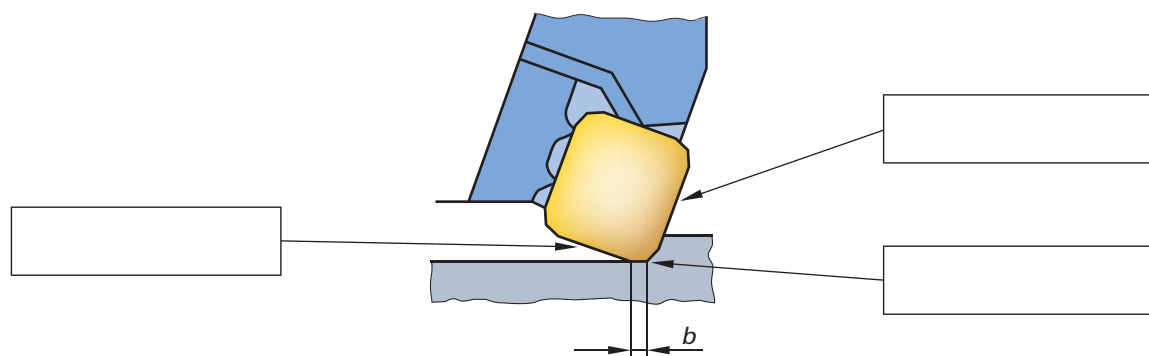
Die sorgfältige Auswahl von Schneidstoff und Fräswerkzeug und die Ermittlung der genauen Schnitt-daten ermöglichen einen wirtschaftlichen und zuverlässigen Herstellungsprozess.

Auswahl des Schneidstoffs und der Werkzeugschneide

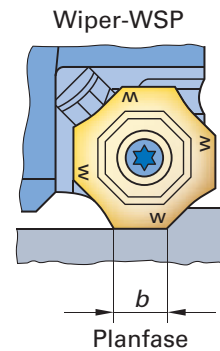
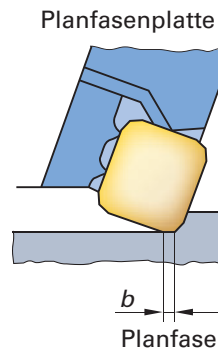
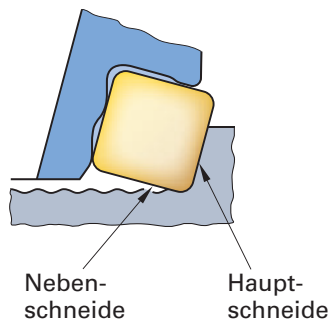
Für die Schrupp- und Schlichtarbeiten soll ein Planfräskopf verwendet werden.

1. In der Fachliteratur (z. B. Tabellenbuch) finden Sie eine Übersicht über gängige Schneidstoffe. Vergleichen Sie die Schneidstoffe hinsichtlich des Einsatzgebietes und der Eigenschaften. Wählen Sie den für die meisten Bearbeitungsfälle Günstigsten aus und begründen Sie Ihre Entscheidung.

2. Tragen Sie in der Skizze die Hauptschneide, die Nebenschneide und die Planfase ein.



3. Stellen Sie fest, warum es unterschiedliche Schneidplatten und Spannsysteme für das Schruppen (Vorfräsen) und das Schlichten (Fertigfräsen) gibt. Markieren Sie unter den folgenden Bildern, welche der abgebildeten Variante eher zum Schruppen oder welche zum Schlichten geeignet ist?



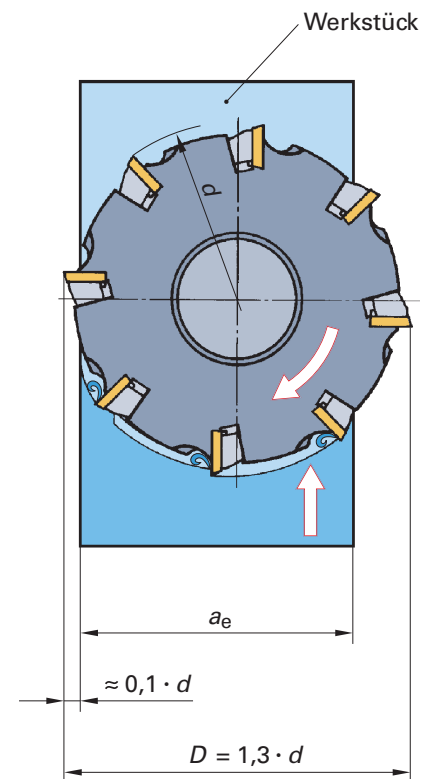
4. Notieren Sie, was bei der Endbearbeitung mit Breitschichtplatten hinsichtlich Vorschub je Fräserumdrehung zu beachten ist, um eine hohe Oberflächengüte zu erreichen?

5. Informieren Sie sich über die prinzipiellen Ursachen des Verschleißes bei Werkzeugschneiden. Vervollständigen Sie anschließend die untenstehende Tabelle über die Ursachen der verschiedenen Verschleißformen am Werkzeug.

Prinzipielle Ursachen sind:

Verschleißformen		Kolkverschleiß		Schneidkantenverschleiß	Schneidenausbruch	Aufbau- schneide
Bild						
Verschleißort an der Schneidplatte						auf der Spanfläche an der Schneidkante
Ursache		Abrieb und Diffusion				

6. In der Zeichnung werden Aussagen zur Positionierung des Planfräasers über dem Werkstück getroffen. Erarbeiten Sie mit einem Mitschüler die Informationen bezüglich des idealen Fräserdurchmessers und der außermittigen Lage. Notieren Sie auch, was damit erreicht werden soll. Tauschen Sie sich über diesbezügliche Erfahrungen in Ihrem Ausbildungsbetrieb aus. Belegen Sie anschließend Ihre Erkenntnisse durch Fachliteratur. Fassen Sie die Ergebnisse in wenigen Sätzen zusammen.



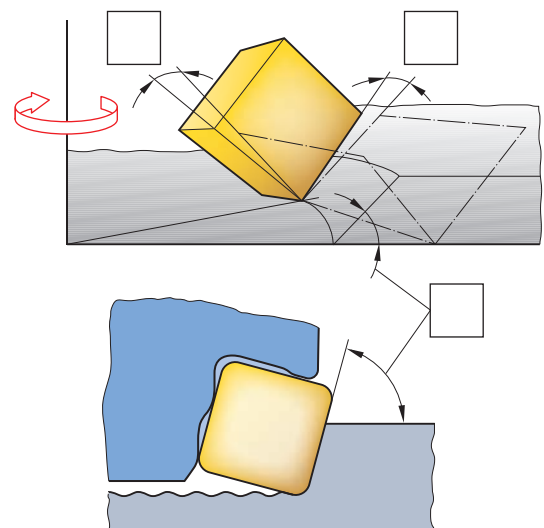
Schneidengeometrie

7. Informieren Sie sich über die Schneidengeometrie an der Werkzeugschneide. Tragen Sie anschließend die durch Pfeile gekennzeichneten Winkel in die Zeichnung ein. Ergänzen Sie die Legende.

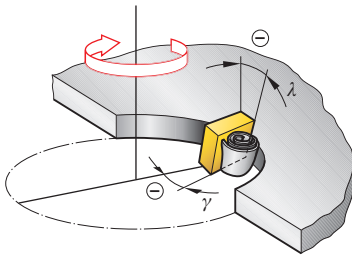
-winkel =

-winkel =

-winkel =

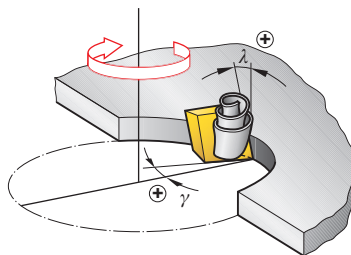


Beim Planfräsen werden drei Geometrieausführungen unterschieden:



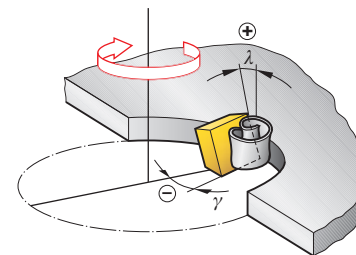
Doppelt-negative Geometrie

Erfordert hohe Antriebsleistung



Doppelt-positive Geometrie

Für dünnwandige, instabile Werkstücke, Teile mit Risiko zum Kaltverfestigen



Positiv-negative Geometrie

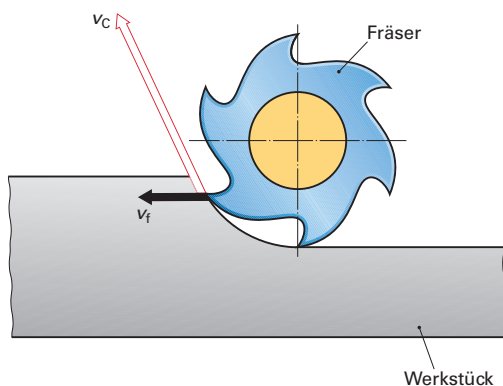
Wird auch „clear shear“-Schnitt genannt.

8. Ergänzen Sie die Erläuterungen!

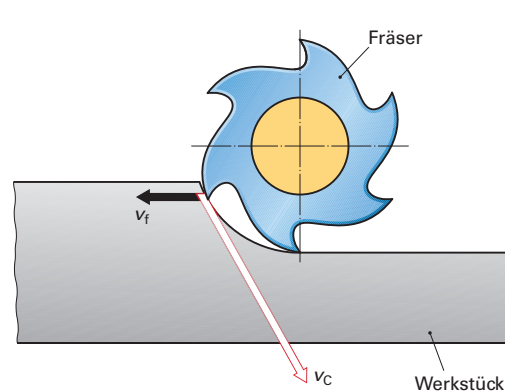
Schnittkraft und Schnittleistung

9. Die **Schnittkräfte** wirken der Wirkrichtung (Schnitttrichtung) jeweils entgegen. Der **Eingriffswinkel** ergibt sich aus dem Anschnitt der Schneide bis zum Verlassen der Bearbeitungszone. Zeichnen Sie den Eingriffswinkel φ_s und mit Pfeilen die Schnittkraft F_c und die Vorschubkraft F_f für das Gegenlaufräsen, Gleichlaufräsen und das Symmetrische Stirnplanfräsen (nächste Seite) farbig ein.

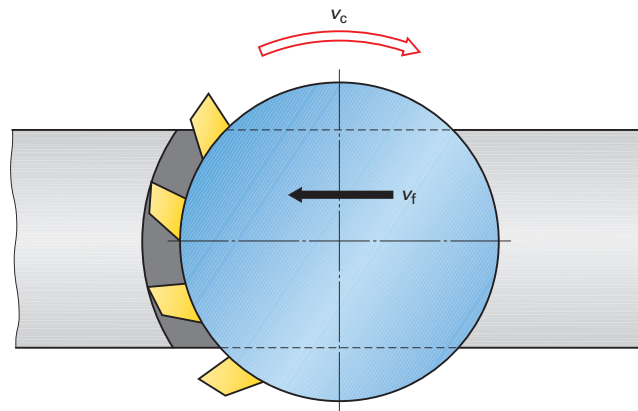
Hinweis: Zur Vereinfachung nehmen Sie eine Hartmetallplatte oder einen ähnlichen Körper zur Hand und stellen die Lage der Schneidplatte auf der Zeichnung nach.



Gegenlaufräsen



Gleichlaufräsen



Symmetrisches Stirnplanfräsen

Hinweis zur spezifischen Schnittkraft:

Die in Tabellen verfügbaren spezifischen Schnittkräfte werden durch Versuche ermittelt. Werkzeug- und werkstoffabhängig ergeben sich unterschiedliche Werte, die unterschiedliche Angaben in Tabellen zur Folge haben. Außerdem werden zum Teil weitere Faktoren berücksichtigt, wie z. B. ein gewisser Grad der Werkzeugabnutzung. Das von Ihnen genutzte Tabellenbuch kann also ein von diesem Lösungsvorschlag abweichendes Ergebnis erbringen. Diese Lösung orientiert sich an der Tabelle im Lehrbuch Fachbildung Zerspantechnik.

10. Wie werden Schnittkraft und Schnittleistung ermittelt? Wozu werden diese Daten benötigt?

Die Schnittkraft $F_C =$ _____ $=$ _____ wird benötigt um

Die Schnittleistung $P_C =$ _____ wird benötigt um

Planen

11. Informieren Sie sich, welche Hilfsmittel Ihnen zur Verfügung stehen, um die notwendigen Berechnungen über auftretende Kräfte und die erforderliche Maschinenleistung durchzuführen. Notieren Sie die Wichtigsten.

12. Informieren Sie sich über die Kenndaten (z. B. die Antriebsleistung) geeigneter Fräsmaschinen Ihrer Schule oder des Ausbildungsbetriebes.

Durchführen

13. Ermitteln Sie die Antriebsleistung und die Hauptnutzungszeit für das Stirnplanfräsen des Rohteils gemäß Arbeitsauftrag (Seite 5). Beide Seiten sollen durch Planfräsen bearbeitet werden. Eine Seite soll mit einer Schnitttiefe $a_p = 1$ mm geschichtet werden. Das Endmaß (T) beträgt 32,5 mm. Fertigen Sie eine Skizze des Rohteils an. Überlegen Sie, welches Spannmittel Sie verwenden werden.

Weitere Angaben:

Fräserdurchmesser:	$D = d = 90 \text{ mm}$	Vorschub je Schneide:	$f_z = 0,3 \text{ mm}$
Zähnezahl:	$z = 14$	Einstellwinkel:	$\kappa = 45^\circ$
Schneidstoff:	Hartmetall	Neigungswinkel:	$\lambda = 19^\circ$
Schnittgeschwindigkeit:	$v_c = 60 \text{ m/min}$	An- und Überlauf:	$l_a = 5 \text{ mm}; l_u = 5 \text{ mm}$

14. In einem ersten Bearbeitungsschritt soll die Oberfläche beidseitig um 3,25 mm geschruppt werden. Ergänzen Sie die Berechnungstabelle um die fehlenden Angaben.

Bezeichnung	Formelzeichen	Formel	Berechnung	Ergebnis
Schnittbreite				
Schnitttiefe				
Eingriffswinkel				
Spanungsdicke				
Anzahl der Schneiden im Eingriff	z_e			
	A			
	n			
	v_f			
		$a_p \cdot a_e \cdot v_f$		
Spezifische Schnittkraft		$k_c = \frac{k_{c1.1}}{m_c}$	$k_{c1.1}$ und m_c abgelesen in der Richtwerttabelle für S235	$\frac{1610 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,27^{34}} = 2513 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
	F_C			
Schnittleistung		$F_C \cdot v_c$		
Antriebsleistung	P_a	$\frac{P_C}{\eta}$		
Anschnitt				
Vorschubweg				
Hauptnutzungszeit	t_h			

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages.
Copyright 2012 by Europa-Lehrmittel

15. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse untereinander.