



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  
Düsselberger 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 Rimpau

Umschlagfoto: nach einer Idee von Ralf Kretzschmar

Druck: RCOM Print GmbH, 97222 Würzburg-Rimpau



## Vorwort

Mit diesem Arbeitsbuch wollen die Autoren und der Verlag Berufsschülern und Lehrern bei der Ausbildung der Zerspanungsmechaniker 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 formu-

lieren 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](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

Frühjahr 2012

Autoren und Verlag

## Inhaltsverzeichnis

### Lernfelder

#### Lernsituationen

<b>LF 5</b>	<b>Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigung</b> .....	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

<b>LF 6</b>	<b>Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen</b> .....	31
LS 6.1	Warten einer Drehmaschine .....	31
LS 6.2	Warten einer Fräsmaschine .....	37
LS 6.3	Beachten und Anwenden sicherheitstechnischer Maßnahmen .....	41

<b>LF 7</b>	<b>Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme</b> .....	43
LS 7.1	Pneumatischer Werkstückvereinzelner mit einem Zylinder .....	43
LS 7.2	Erweitern des Werkstückvereinzelers .....	47
LS 7.3	Optimieren der Funktion .....	53
LS 7.4	Umrüsten der Schaltung auf Elektropneumatik .....	56

<b>LF 8</b>	<b>Programmieren von und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen</b> .....	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

<b>LF 9</b>	<b>Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren</b> .....	81
LF 9.1	Feinbearbeitung von Spannbacken ..	81
LF 9.2	Herstellen eines Kegellehrdorns .....	86
LF 9.3	Feinbearbeitung eines Einspritzzylinders .....	92

### Lernfelder

#### Lernsituationen

<b>LF 10</b>	<b>Optimieren des Fertigungsprozesses</b> .....	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

<b>LF 11</b>	<b>Teilsysteme rechnergestützter Produktionseinrichtungen</b> .....	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

<b>LF 12</b>	<b>Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrages</b> .....	131
LS 12.1	Herstellen einer Grundaufnahme ..	131
LS 12.2	Lasten anschlagen .....	136

<b>LF 13</b>	<b>Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung</b> ..	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

<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	3. US
----------------------------------	-------

<b>Firmenverzeichnis</b> .....	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.

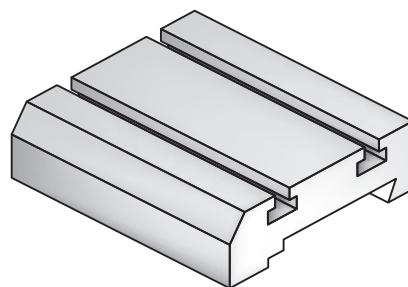
### Beurteilen (zusammen mit Dokumentieren und Präsentieren)

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

### 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

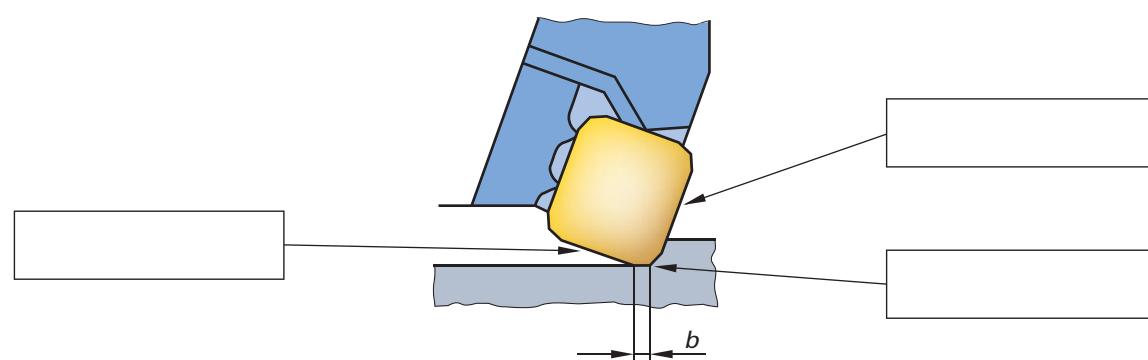
Die sorgfältige Auswahl von Schneidstoff und Fräswerkzeug und die Ermittlung der genauen Schnittdaten ermöglichen einen wirtschaftlichen und zuverlässigen Herstellungsprozess.

#### Auswahl des Schneidstoffs und der Werkzeugschneide

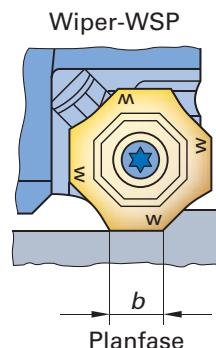
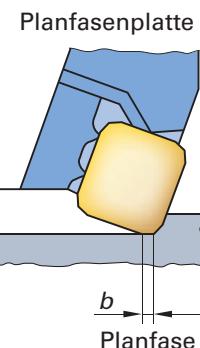
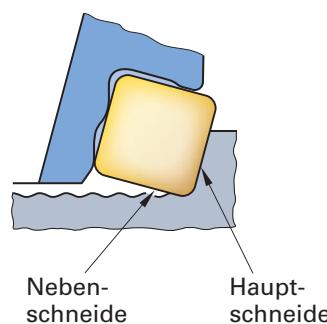
Für die Schrubb- und Schlichtarbeiten soll ein Planfräskopf verwendet werden.

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?



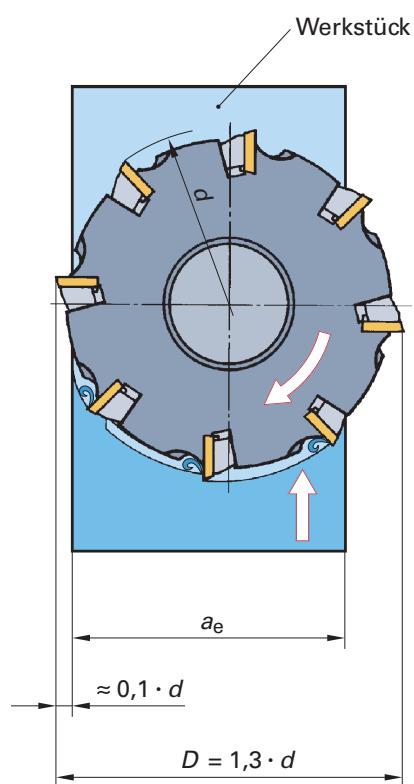
4. Notieren Sie, was bei der Endbearbeitung mit Breitschlichtplatten hinsichtlich Vorschub je Fräserumdrehung zu beachten ist, um eine hohe Oberflächengüte zu erreichen?


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	Aufbauschneide
Bild						
Verschleißort an der Schneidplatte						auf der Spanfläche an der Schneidkante
Ursache		Abrieb und Diffusion				

6. In der Zeichnung werden Aussagen zur Positionierung des Planfräzers 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.

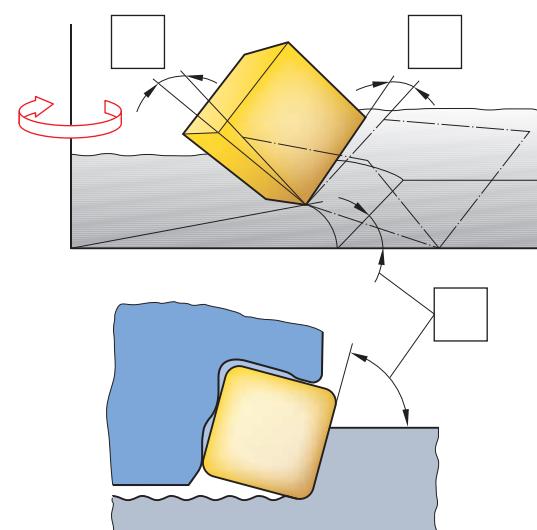
## Schneidengeometrie

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.

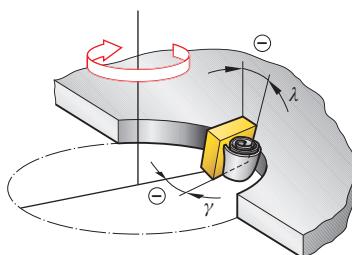
-winkel =

-winkel =

-winkel =



Beim Planfräsen werden drei Geometrieausführungen unterschieden:



**Doppelt-negative Geometrie**

---

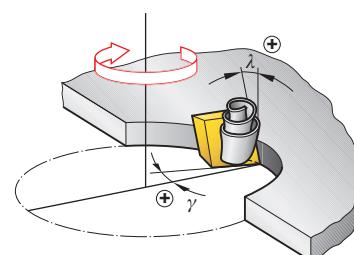


---



---

**Erfordert hohe Antriebsleistung**



**Doppelt-positive Geometrie**

**Für dünnwandige, instabile Werkstücke, Teile mit Risiko zum Kaltverfestigen**

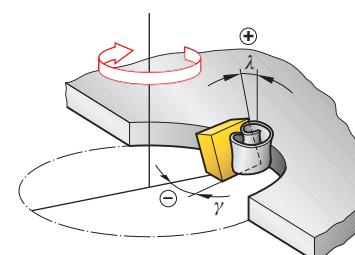
---



---



---



**Positiv-negative Geometrie**

---



---



---

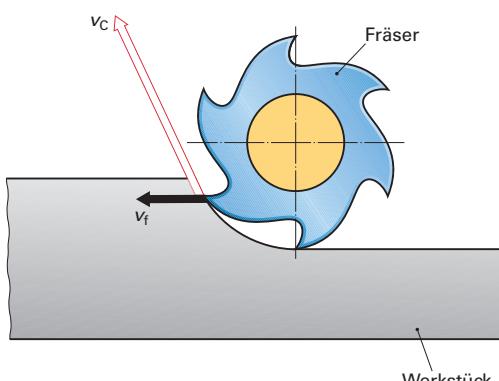
**Wird auch „clear shear“-Schnitt genannt.**

#### 8. Ergänzen Sie die Erläuterungen!

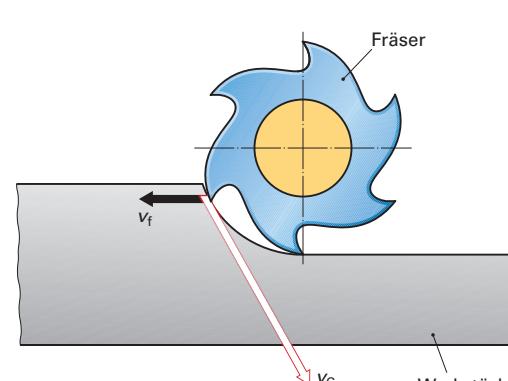
## Schnittkraft und Schnittleistung

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

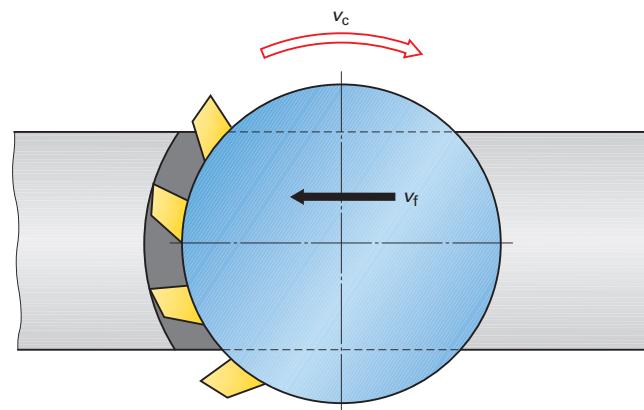
Hinweis: Zur Vereinfachung nehmen Sie eine Hartmetallplatte oder einen ähnlichen Körper zur Hand und stellen die Lage der Schneidplatte auf der Zeichnung nach.



**Gegenlauffräsen**



**Gleichlauffräsen**



### 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 Zerspanntechnik.

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

Die Schnittkraft  $F_C = \underline{\hspace{10mm}} = \underline{\hspace{10mm}}$  wird benötigt um

Die Schnittleistung  $P_C = \underline{\hspace{10mm}}$  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  $a_p = 1 \text{ mm}$  geschlichtet 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: $\alpha = 45^\circ$
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	$t_h$			

15. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse untereinander.