

# 1 Einflussgrößen beim maschinellen Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide

Mithilfe von Werkzeugmaschinen wird aus einem Rohteil ein funktionsfähiges Fertigteil (*finished part*) hergestellt. Dabei ist es die Aufgabe der Fachkraft, den Zerspanungsprozess (*machining operation*) entsprechend zu gestalten. Um begründete Entscheidungen treffen zu können, muss sie die Auswirkungen kennen, die durch das Verändern der Prozesskenngrößen entstehen.

## 1.1 Technologische Daten und deren Auswirkungen

### 1.1.1 Bewegungen und Geschwindigkeiten

Meistens sind drei Bewegungen zur Zerspanung erforderlich:

- Schnittbewegung
- Vorschubbewegung und
- Zustellbewegung (Bilder 1 und 2)

#### Schnittgeschwindigkeit

Die Wahl der Schnittgeschwindigkeit (*cutting speed*)  $v_c$  richtet sich vorrangig nach

- dem **Werkstoff des Werkzeugs** (Schneidstoff):  
je härter, desto höher  $v_c$
- dem **Werkstoff des Werkstücks**:  
je härter, desto niedriger  $v_c$
- der **Art der Zerspanung**: bei Grobbearbeitung ist  $v_c$  niedriger als bei Feinbearbeitung
- der **Kühlschmierung**: mit Kühlschmierung kann  $v_c$  höher als ohne gewählt werden

Optimale Schnittgeschwindigkeiten können Tabellen der Schneidstoffhersteller oder dem Tabellenbuch entnommen werden. Aufgrund der Formel für die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  kann die erforderliche **Umdrehungsfrequenz**  $n$  bestimmt werden.

$$v_c = d \cdot \pi \cdot n$$

$v_c$ : Schnittgeschwindigkeit  
 $d$ : Durchmesser

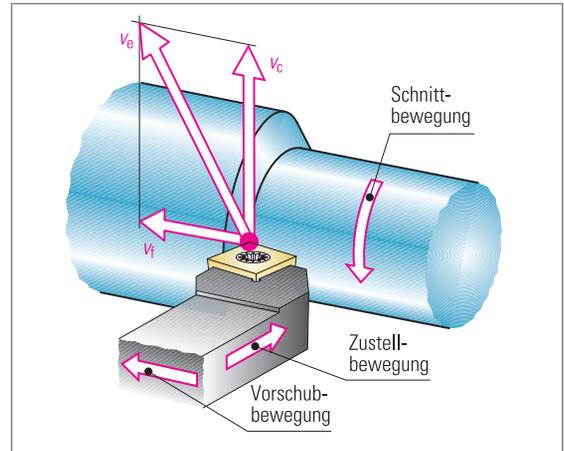
$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi}$$

$n$ : Umdrehungsfrequenz

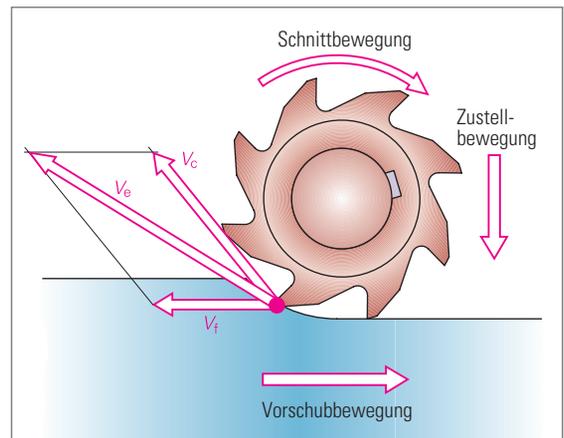
#### Vorschub und Vorschubgeschwindigkeit

Der **Vorschub** (*feed*) je Umdrehung  $f$  bzw. je Zahn  $f_z$  ist in erster Linie abhängig von

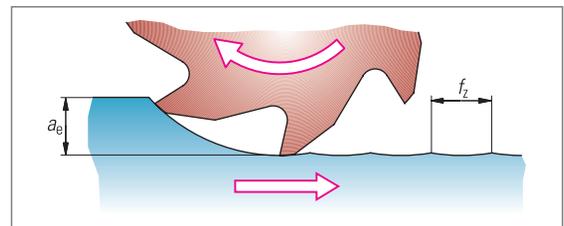
- der **gewünschten Oberflächenqualität** (*surface quality*): je kleiner der Vorschub, desto besser die Oberflächenqualität (Bilder 3 und 4)
- der **Art der Zerspanung**: bei Grobbearbeitung (*rough working*) wird der Vorschub größer gewählt. Dadurch nimmt die Vorschubgeschwindigkeit zu und die Fertigungszeit ab
- dem **Werkstoff des Werkstücks** (*material of workpiece*): je härter, desto niedriger  $f$  bzw.  $f_z$
- dem **Werkstoff des Schneidstoffs** (*cutting material*): je härter, desto höher  $f$  bzw.  $f_z$



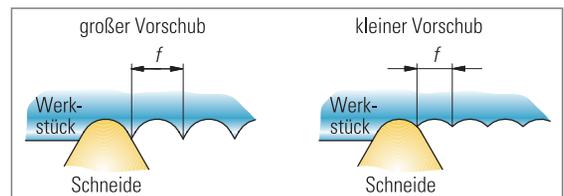
1 Bewegungen beim Drehen



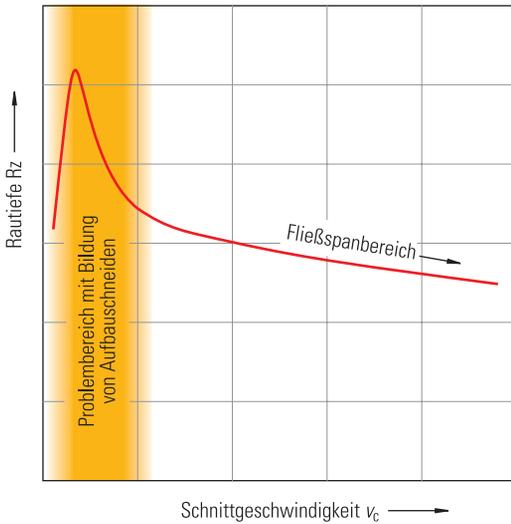
2 Bewegungen beim Fräsen



3 Vorschub  $f_z$  je Zahn und Arbeitseingriff  $a_e$  beim Fräsen



4 Vorschub und Oberflächenqualität



1 Einfluss der Schnittgeschwindigkeit auf die Oberflächengüte

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die genannten Kriterien nicht in gleicher Weise erfüllt werden können und sich teilweise gegenseitig beeinflussen. Die Zerspanbarkeit muss also in Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsfall beurteilt werden (Bild 4).

Beim Schruppen spielt die Oberflächengüte beispielsweise eine untergeordnete Rolle. Bei der Fertigung ist besonders die Spanbildung zu beachten, da ungünstige Spanformen den Arbeitsprozess nachhaltig stören können.

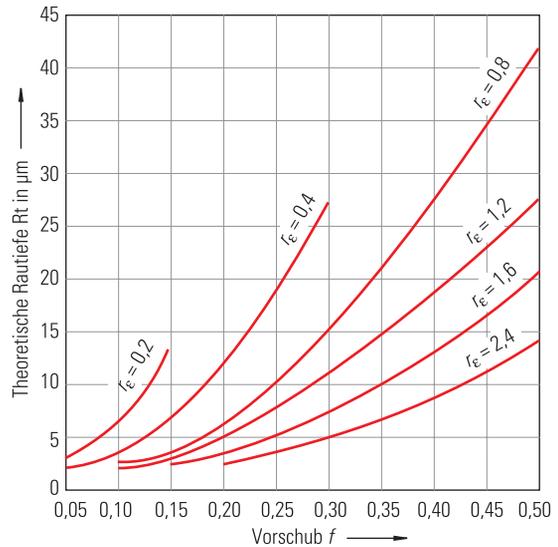
**MERKE**

Die Zerspanbarkeitskriterien sind meist nicht gleichzeitig optimal zu erfüllen.

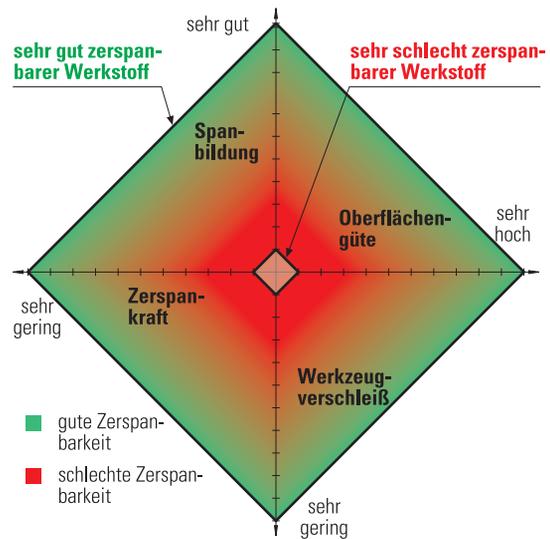
**Überlegen Sie!**

Beurteilen Sie nach folgendem Muster qualitativ den Einfluss der Werkstoffeigenschaften Festigkeit, Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit, Bruchdehnung auf die Zerspanbarkeitskriterien.

„Je niedriger die spezifische Schnittkraft, desto niedriger die Zerspankraft. Die Zerspanbarkeit steigt.“



2 Einfluss des Eckenradius und des Vorschubs auf die Oberflächengüte



3 Eigenschaftsprofil eines sehr gut und eines sehr schlecht zerspanbaren Werkstoffs

Anwendungsfall	Ziele	Zerspanbarkeitskriterien	Einflussparameter
Schruppen	großes Zeitspanungsvolumen	Spanbildung, Zerspankraft, Standzeit Technologie/Umwelt	$a_p, f, v_c, \dots$ Schneidengeometrie, Schneidstoff, Kühlschmierung
Schlichten	hohe Oberflächengüte, hohe Form- und Maßgenauigkeit	Oberflächengüte, Standzeit, Spanbildung Technologie/Umwelt	$a_p, f, v_c, \dots$ Schneidengeometrie, Schneidstoff Kühlschmierung

4 Ziele und Zerspanbarkeitskriterien in Abhängigkeit vom Anwendungsfall

1) siehe Lernfeld 10

# 1 Bedeutung der Instandhaltung

In der industriellen Fertigung ist der **Produktionsfaktor** (*production factor*) Werkzeugmaschine unverzichtbar. Aufgrund der steigenden Komplexität und Verkettung von Werkzeugmaschinen (*machine tools*) sowie verschärfter Arbeits- und Umweltschutzvorschriften wird die **Instandhaltung** (*maintenance*) immer wichtiger:

- Komplexe Werkzeugmaschinen erhöhen oft die Dauer der Fehlersuche sowie die Instandhaltungszeit.
- Bei verketteten Anlagen kann durch die Störung an nur einer Maschine die Produktion an mehreren Maschinen ausfallen.
- Mehrschichtbetrieb erhöht den Nutzungszeitraum der Anlagen. Damit werden Stillstandszeiten, die für Instandhaltungsmaßnahmen genutzt werden könnten, immer kürzer.
- Das Nichteinhalten von Arbeits- und Umweltschutzvorschriften kann im Extremfall zum Produktionsverbot führen.
- Die Maschinen sind aufgrund der vielen Bauteile störanfälliger und müssen daher häufiger instandgesetzt werden.

Die angeführten Fakten führen zu zahlreichen Zielen und Aufgaben der Instandhaltung.

Wichtige **Hauptziele** sind z. B.:

- Wenige Maschinenstillstände während der Fertigungszeit
- Kurze Instandsetzungszeiten
- Geringe Auswirkungen von Maschinenstillständen auf den Produktionsfluss

Wichtige **Unterziele** sind z. B.:

- Erhöhung der Arbeitssicherheit
- Reduzierung der Umweltbelastungen

## Überlegen Sie!

Nennen Sie mindestens drei weitere Ziele der Instandhaltung.

## MERKE

Das Instandhaltungswesen sichert die störungsfreie Produktion auf den Werkzeugmaschinen und die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen sowie der peripheren Systeme.

Das Instandhaltungswesen unterscheidet zwischen vier **Instandhaltungsmaßnahmen** (*maintenance tasks*) (siehe Übersicht unten).

Obwohl das Instandhaltungswesen strikt zwischen den einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen unterscheidet, werden in der Praxis Wartungs- und Inspektionstätigkeiten häufig gleichgesetzt, da die Instandhaltungstätigkeiten eng miteinander verknüpft sind.

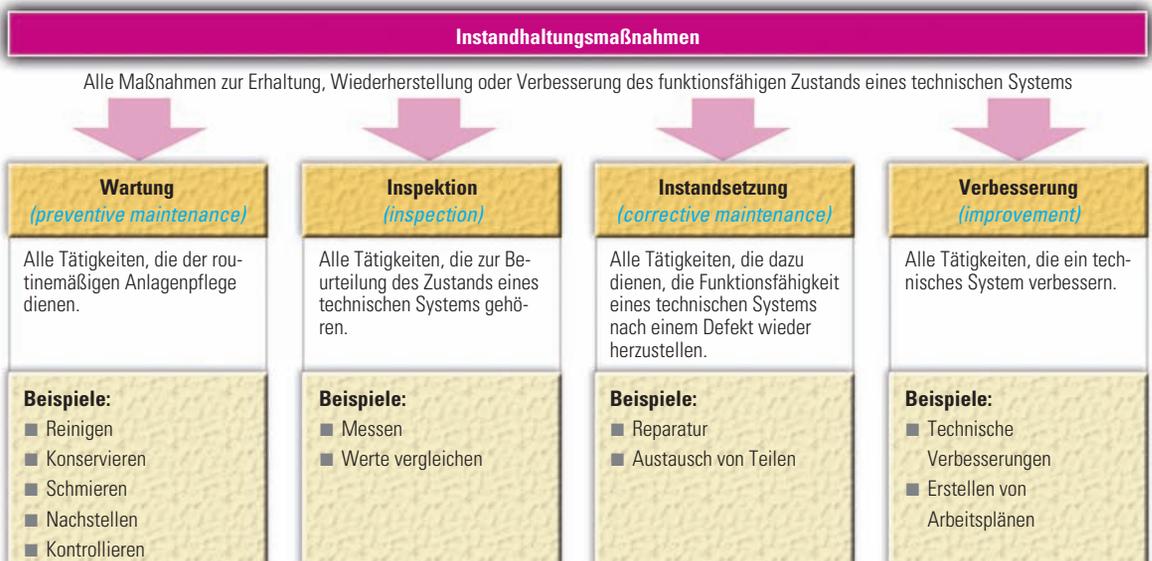
Innerhalb der Instandhaltung übernimmt die **Zerspannungsfachkraft Wartungs- und Inspektionaufgaben**.

Instandsetzungs- und Verbesserungsmaßnahmen übernehmen der Hersteller oder speziell geschultes und autorisiertes Personal.

## Überlegen Sie!

Beachten Sie die untenstehende Übersicht und Lernfeld 4.

1. Nennen Sie drei Wartungstätigkeiten.
2. Welche Maßnahmen gehören zu den Vorbereitungen jeder Wartungstätigkeit?
3. Was ist bei der Reinigung von Werkzeugmaschinen zu beachten?
4. Warum dürfen Späne nicht mit der Hand entfernt werden?
5. Erklären Sie den Unterschied zwischen „Wartung“ und „Inspektion“.
6. Aus welchen Schritten besteht die Instandhaltungsmaßnahme „Inspektion“?



## 5 Aktoren

### 5.1 Pneumatische Aktoren

An Werkzeugmaschinen werden pneumatische Aktoren (*pneumatic actuators*) und pneumatische Einrichtungen z. B. für folgende Aufgaben eingesetzt:

- Handhabung der Werkstücke (Einlegen der Rohteile, Abholen der gefertigten Bauteile)
- Spannen der Werkstücke (z. B. im Dreibeckenfutter, in Spannhülsen, Zustellung der Lünette, Betätigung von Schnellspanner, u. a.)
- Handhabung der Werkzeuge (Antrieb des Werkzeugmagazins, Werkzeugwechsel)
- Werkzeugreinigung

Dabei werden die **Vorteile** der Pneumatik genutzt:

- Luft ist komprimierbar
- Die Kolben erreichen hohe Geschwindigkeiten
- Eine Überlastung bis zum Stillstand ist ohne negative Folgen möglich
- Druckluft ist im betrieblichen Bereich nahezu überall vorhanden

Es sind keine Rückleitungen erforderlich

Druckluft ist in Druckbehältern speicherbar

Den Vorteilen stehen **Nachteile** gegenüber:

- Gleichmäßige Kolbengeschwindigkeiten und genaue Positionierungen sind nicht möglich
- Die Kolbenkräfte sind begrenzt, weil der Druck relativ niedrig ist
- Die ausströmende Luft kann Lärm verursachen
- Bei gleichen Kräften sind pneumatische Aktoren wegen der niedrigeren Drücke deutlich größer als hydraulische

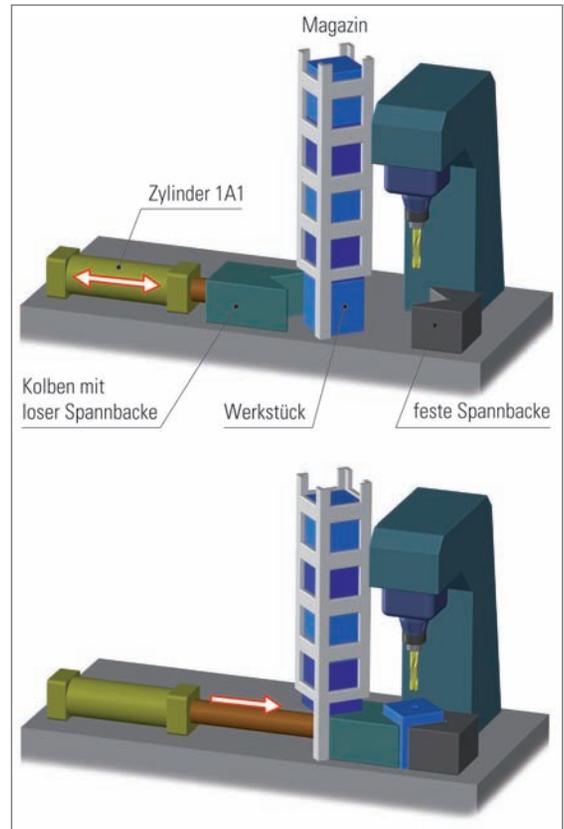
#### 5.1.1 Pneumatische Signalverarbeitung

##### 5.1.1.1 Pneumatische Spannvorrichtung an einer Bohrmaschine

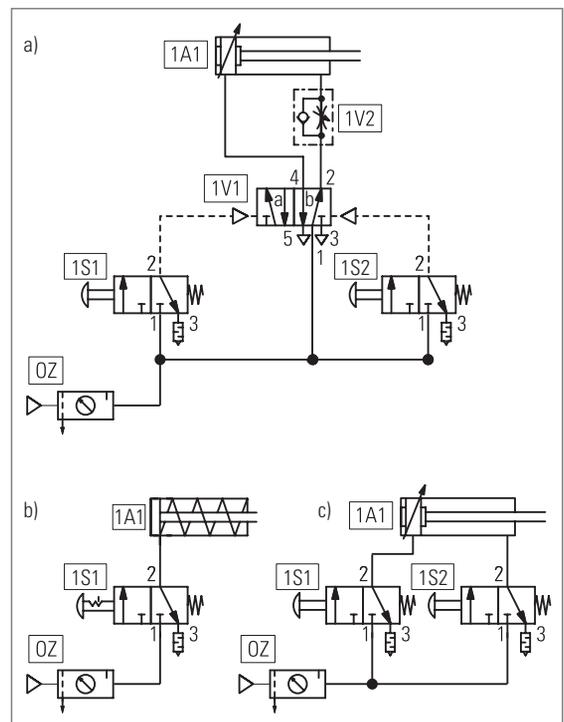
Bei dem Beispiel in Bild 1 schiebt der Kolben ein Werkstück aus dem Magazin bis zu dem festen Backen der Spannvorrichtung. Der Kolben bleibt in dieser Position unter Druck. Damit ist das Werkstück gespannt und die Bohrarbeit kann durchgeführt werden. Danach fährt der Kolben auf ein entsprechendes Signal hin zurück. Das Werkstück wird von Hand entnommen.

Bei einfachen Aufgaben – wie im vorliegenden Fall – sind die Anlagen oft rein pneumatisch aufgebaut. Die Signale für das Aus- und Einfahren des Kolbens werden durch Taster oder Schalter eingegeben.

Um eine Beschädigung des Werkstücks, der Spannvorrichtung oder des Kolbens durch eine zu hohe Kolbengeschwindigkeit zu vermeiden, soll der Kolben **gleichmäßig** und **relativ langsam** ausfahren und die Endlage mit reduzierter Geschwindigkeit anfahren.



1 Pneumatische Spannvorrichtung an einer Bohrmaschine



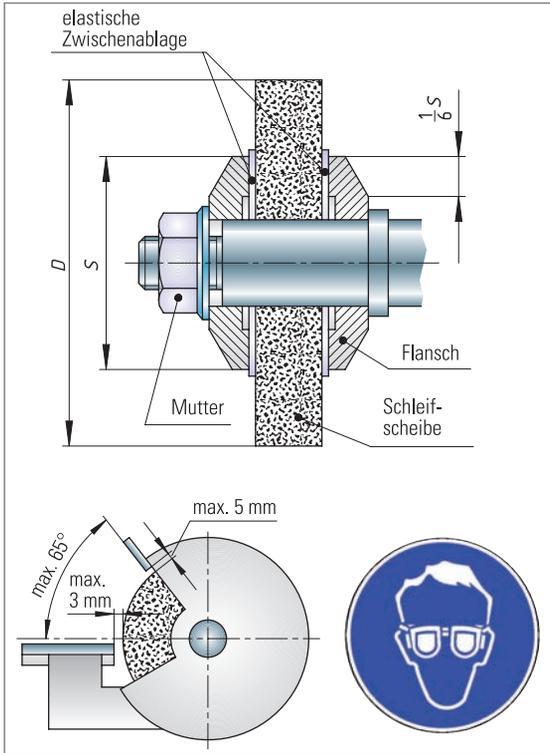
2 Verschiedene Möglichkeiten zur Steuerung der Spannvorrichtung

## 2.1 Geometrische Informationen (Wegbedingungen)

Wegbedingung	Bedeutung	Grafische Darstellung
<b>G0<sup>1)</sup></b>	<b>Punktsteuerungsverhalten:</b> Das Werkzeug bewegt sich mit Eilganggeschwindigkeit zum programmierten Punkt.	
<b>G1</b>	<b>Geradeninterpolation:</b> Die Zielposition wird auf einer Geraden mit dem programmierten Vorschub angefahren.	
<b>G2</b>	<b>Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn:</b> Das Werkzeug bewegt sich mit programmiertem Vorschub im Uhrzeigersinn auf einer Kreisbahn zum Ziel.	
<b>G3</b>	<b>Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn:</b> Das Werkzeug bewegt sich mit programmiertem Vorschub im Gegenuhrzeigersinn auf einer Kreisbahn zum Ziel.	
<b>G90</b>	<b>Absolute Maßangabe:</b> Es wird programmiert, <b>auf</b> welche Zielkoordinaten das Werkzeug in Abhängigkeit vom Werkstücknullpunkt verfährt.	
<b>G91</b>	<b>Inkrementale Maßangabe:</b> Es wird programmiert, <b>um</b> welche Koordinatenbeträge das Werkzeug in Abhängigkeit vom derzeitigen Startpunkt verfährt.	

1 Wichtige G-Funktionen bzw. Wegbedingungen

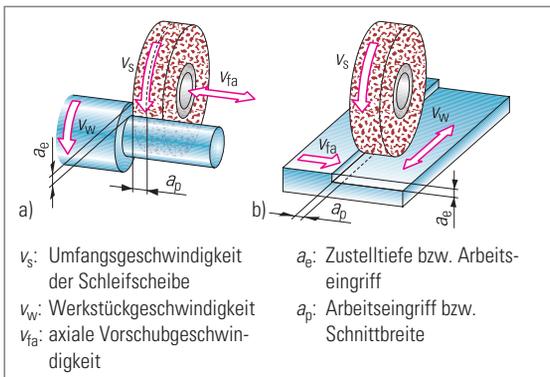
1) Nach DIN 68025-2:1988-09 werden die Wegbedingungen G0 bis G9 mit G00 bis G09 bezeichnet.



1 Spannen von Schleifscheiben und Auflagen

## 1.5 Prozessparameter beim Schleifen

Neben der richtigen Schleifscheibenauswahl bestimmen die vom Facharbeiter zu wählenden Zerspanungsgrößen das Arbeitsergebnis. Die wichtigsten sind Bild 2 zu entnehmen.

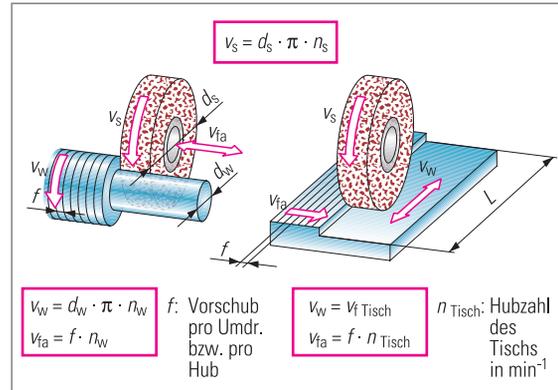


2 Einstellgrößen beim a) Außenrund- und b) Planschleifen

### 1.5.1 Schnittgeschwindigkeit

Das Schleifen erfolgt fast immer im Gegenlauf. Dabei ist die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  (cutting speed) die Summe aus der Um-

fangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe  $v_s$  (wheel speed) und der Werkstückgeschwindigkeit  $v_w$  (work speed) (Bild 3).



### 3 Geschwindigkeiten von Schleifscheibe und Werkstück

Da die Werkstückgeschwindigkeit meist kleiner als 2% der Umfangsgeschwindigkeit ist, gilt in der Praxis:

$$v_c \approx v_s$$

Die zu wählende Schnittgeschwindigkeit ist vorrangig abhängig von:

- verwendeter Schleifscheibe
- zu bearbeitendem Werkstoff
- Schleifverfahren
- Kühlschmierbedingungen
- Stabilität und Antriebsleistung der Maschine

Die Schnittgeschwindigkeiten liegen meist zwischen 10 m/s und 100 m/s. Bei keramisch gebundenen Schleifscheiben sind es z. B. im Durchschnitt 45 m/s bis 60 m/s. Richtwerte sind den Angaben der Schleifscheibenhersteller zu entnehmen und entsprechend den vorliegenden Bedingungen zu optimieren.

#### MERKE

Steigende Schnittgeschwindigkeit

- verändert nicht die Hauptnutzungszeit
- senkt die Schnittkraft
- vermindert den Schleifscheibenverschleiß
- erhöht die Maß- und Formgenauigkeit
- verbessert die Oberflächenqualität und
- erhöht die Randzonenbeeinflussung<sup>1)</sup>

Die zulässige maximale Umfangsgeschwindigkeit darf aus Sicherheitsgründen niemals überschritten werden<sup>2)</sup>

### 1.5.2 Vorschubgeschwindigkeit

Die axiale Vorschubgeschwindigkeit  $v_{fa}$  (feed rate) wird z. B. beim Außenrundsleifen vom Vorschub  $f$  und der Umdrehungsfrequenz des Werkstücks  $n_w$  bestimmt (Bild 3). Beim Planschleifen entspricht sie der axialen Werkstückgeschwindigkeit, die durch die Tischhubzahl pro Minute  $n_{\text{Tisch}}$  und den Vorschub  $f$  bestimmt wird.

1) siehe Kap. 1.5.6

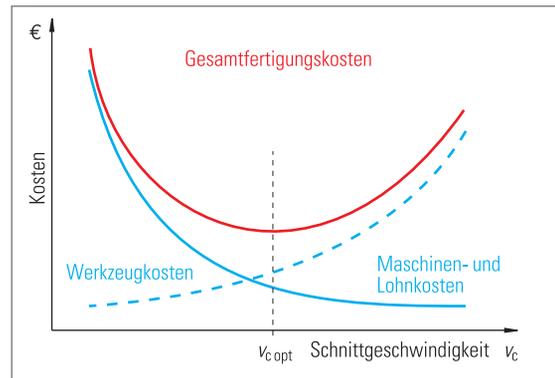
2) siehe BGV D12

## 3.2 Kostenoptimale Standzeit

Die in den üblichen Tabellenwerken empfohlenen Schnittgeschwindigkeiten beziehen sich immer auf eine Standzeit von 15 Minuten. Diese Standzeit ist aber lediglich als grober Richtwert zu verstehen, denn um eine kostenoptimale Zerspanung (*chip-ping at optimal costs*) zu erreichen, sind folgende Einflussgrößen zu berücksichtigen:

- Werkzeugkosten (*tool costs*) pro Schneide  $K_{WT}$
  - Maschinen- und Lohnkosten (*machine and labour costs*) pro Minute  $K_{ML}$
  - Werkzeugwechselzeit (*tool changing time*)  $t_W$  in Minuten
- Die Maschinen- und Lohnkosten sind abhängig vom Auslastungsgrad und umfassen z. B.:
- Raumkosten (*occupancy costs*)
  - Abschreibungen (*depreciation for wear and tear*)
  - Versicherungskosten (*insurance costs*)
  - Energiekosten (*energy costs*)
  - Betriebs- und Hilfsstoffkosten (*operating and additive costs*)
  - Instandhaltungskosten (*maintenance costs*)
  - Gehälter (*salaries*)

Da mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit der Werkzeugverschleiß zunimmt und dadurch die Standzeit abnimmt, steigen die Werkzeugkosten pro Werkstück. Der vorliegende höhere Werkzeugverschleiß führt nämlich zu häufigerem Werkzeugwechsel, der Kosten verursacht (Werkzeugkosten pro Schneide, Kosten durch die Werkzeugwechselzeit). Eine hohe Schnittgeschwindigkeit bei sonst gleichen Bedingungen bedeutet, dass die Fertigung rascher abläuft. Eine schnellere Fertigung reduziert deshalb die Maschinen- und Lohnkosten je Werkstück (Bild 1).



1 Kostenoptimale Schnittgeschwindigkeit

### Berechnung der kostenoptimalen Standzeit:

$$T_{K\text{opt}} = \left( \frac{a}{b} - 1 \right) \cdot \left( \frac{K_{WT}}{K_{ML}} + t_W \right)$$

- $T_{K\text{opt}}$ : kostenoptimale Standzeit in min
- $K_{WT}$ : Werkzeugkosten pro Schneide in €
- $K_{ML}$ : Maschinen- und Lohnkosten pro Minute in €
- $t_W$ : Werkzeugwechselzeit in min
- $a, b$ : aus Diagramm Seite 386 Bild 2)

Ist die kostenoptimale Standzeit berechnet, kann die dazugehörige kostenoptimale Schnittgeschwindigkeit aus dem Diagramm Seite 386 Bild 2 abgelesen werden.

### Beispielrechnung

An einer CNC-Drehmaschine sind folgende Daten gegeben:  $K_{WT} = 5,00 \text{ €}$ ,  $K_{ML} = 2,00 \text{ €}$ ,  $t_W = 5 \text{ min}$ . Bestimmen Sie für Wendeschneidplatten aus unbeschichtetem Hartmetall die kostenoptimale Standzeit und die dazugehörige Schnittgeschwindigkeit.

Aus dem Diagramm von Seite 386 Bild 2 werden folgende Strecken ermittelt:

$$a = 29 \text{ mm}$$

$$b = 11,5 \text{ mm}$$

$$T_{K\text{opt}} = \left( \frac{a}{b} - 1 \right) \cdot \left( \frac{K_{WT}}{K_{ML}} + t_W \right)$$

$$T_{K\text{opt}} = \left( \frac{29 \text{ mm}}{11,5 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot \left( \frac{5,00 \text{ €} \cdot \text{min}}{2,00 \text{ €}} + 5 \text{ min} \right)$$

$$T_{K\text{opt}} = 1,522 \cdot 7,5 \text{ min}$$

$$\underline{\underline{T_{K\text{opt}} = 11,41 \text{ min}}}$$

Aus dem Diagramm wird eine Schnittgeschwindigkeit von  $v_c \approx 220 \text{ m/min}$  abgelesen.

## 3.3 Zeitoptimale Standzeit

Sollen in möglichst kurzer Zeit viele Produkte gefertigt werden, müssen andere Schnittdaten gewählt werden, als bei einer kostenoptimierten Fertigung.

Die Maschinen- und Lohnkosten pro Minute werden nicht mehr berücksichtigt, da sie, wenn es z. B. um die Sicherstellung einer Lieferung geht, nicht mehr relevant sind.

Die Schnittgeschwindigkeiten liegen dadurch immer höher als bei einer kostenoptimierten Fertigung.

Um einen maximalen Produktionsausstoß (*production output*) zu erreichen, darf die Schnittgeschwindigkeit aber nicht bis zu einem technisch möglichen Maximum erhöht werden.

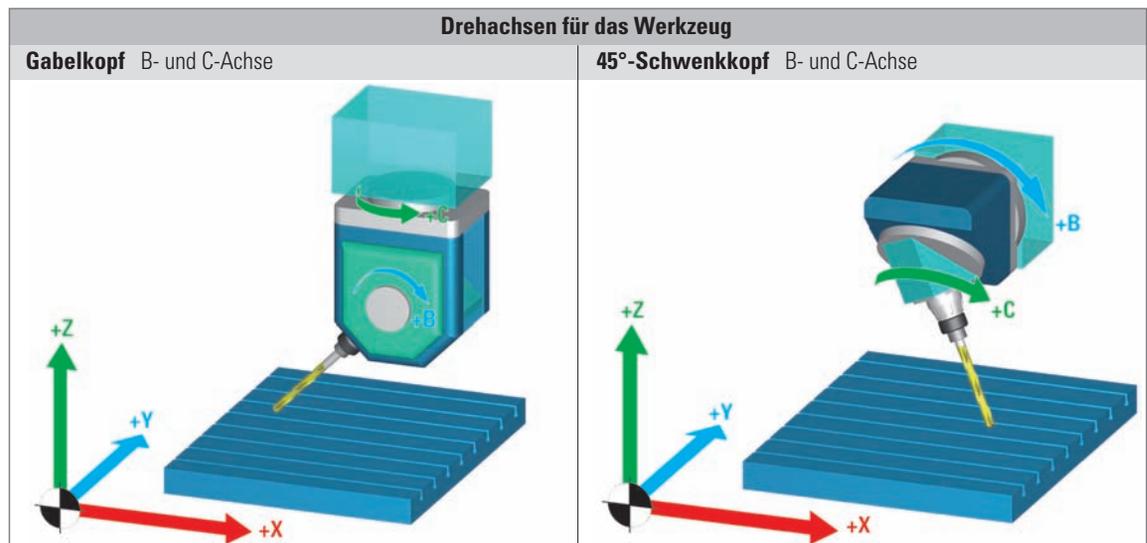
Solch hohe Schnittgeschwindigkeiten führen zu sehr hohem Werkzeugverschleiß und häufigem Werkzeugwechsel. Die Zeitverluste beim Werkzeugwechsel reduzieren den Produktionsausstoß.

19. Was verstehen Sie unter dem Begriff „Gegenspindeldrehmaschine“?
20. Welche Schritte sind nötig, um ein Werkstück von der Haupt- in die Gegenspindel zu übergeben?
21. Unterscheiden Sie bei Drehmaschinen Trommel- und Sternwerkzeugrevolver.
22. Warum ist bei Gegenspindeldrehmaschinen ein Sternwerkzeugrevolver nötig?
23. Welche Vorteile bieten Gegenspindeldrehmaschinen mit mehreren Werkzeugrevolvern?
24. Welche Bedeutung hat die „Synchronisation“ der Werkzeugrevolver bei Gegenspindeldrehmaschinen mit mehreren Werkzeugrevolvern?
25. Skizzieren Sie ein Drehteil, das nur auf einem Drehzentrum mit B-Achse hergestellt werden kann.
26. Warum sind Drehzentren mit Werkzeugmagazinen ausgestattet?
27. Welche Vorteile ergeben sich, wenn die B-Achse zum Drehen genutzt wird?
28. Unter welchen Bedingungen ist es sinnvoll, das Stirndrehfräsen einzusetzen?
29. Warum wird beim Stirndrehfräsen der Fräser exzentrisch positioniert?
30. Beim Stirndrehfräsen kommt es zu unerwünschten Profilabweichungen. Nennen Sie die Faktoren, die für die Profilabweichungen maßgebend sind und beschreiben Sie mit „je ... desto“ den Einfluss der Faktoren.
31. Unter welchen Bedingungen ist der Einsatz von CNC-Drehautomaten wirtschaftlich?
32. Wie erfolgt die Bearbeitung von Drehteilen auf CNC-Drehautomaten?
33. Welche Funktionen übernimmt ein Kreuzschlitten bei CNC-Drehautomaten?
34. Warum sind meist zwei Kreuzschlitten pro Spindellage vorhanden?
35. Über wie viele Spindellagen verfügen die meisten CNC-Drehautomaten?
36. Welche Vorteile besitzt der Mehrspindeldrehautomat mit Gegenspindel gegenüber einem ohne Gegenspindel?
37. Wie erfolgt die Werkstückübergabe von der Haupt- auf die Gegenspindel eines CNC-Drehautomaten?

### 3 5-Achs-Bearbeitung mit Fräsmaschinen

Fräsmaschinen mit fünf Achsen ermöglichen eine **weitgehen-** **de bis komplette Bearbeitung** des Werkstücks in **einer Aufspannung** (*clamping*). Neben den drei Linearachsen X, Y und Z stehen weitere zwei der möglichen **drei Drehachsen** (*rotational axes*) A, B und C zur Verfügung. Für die Realisierung der bei-

den Rundachsen gibt es unterschiedliche Lösungen. Bild 1 und Bild 1 Seite 445 stellt gebräuchliche Bauweisen dar. Für besondere Anforderungen entwickeln die Hersteller von Werkzeugmaschinen immer wieder neue Kinematiklösungen<sup>1)</sup>. An einer Fräsmaschine mit Vertikalspindel (*vertical spindle*) und



1 Kinematische Ausführungen bei 5-Achs-Fräsmaschinen

1) siehe Lernfeld 10 Kap. 6



1 Vorgedrehtes Bauteil

Ein Mitarbeiter der Fa. Chip-Cut erhält von seinem zuständigen Teamleiter den Auftrag, ausgehend von dem **vorgedrehten Bauteil** (Bild 1) die noch ausstehenden Arbeiten durchzuführen. Für die Fertigung steht eine 5-Achs-Fräsmaschine zur Verfügung, das notwendige Programm liegt vor und wurde über eine CAD-CAM-Kopplung erstellt.

Die Erteilung des Auftrages an den Mitarbeiter bedeutet, dass die **Freigabe des Fertigungsauftrags** (*release of production order*) erfolgt ist, d. h., dass die benötigten Materialien, Kapazitäten und Fertigungsdaten verfügbar sind. Die Auftragsfreigabe liegt in der Regel bei einem Vorgesetzten des Mitarbeiters, also einem Teamleiter oder vorgesetzten Meister.

Dadurch ist sichergestellt, dass es nicht zu Überschneidungen an den Fertigungsmitteln kommt. Die Maschinenauslastung kann so zeitlich optimiert und der Produktionsausstoß unter Wahrung der Termine erhöht werden<sup>1)</sup>.

Die Bilder 2 bis 4 zeigen beispielhaft die Optimierung der Ma-

schinenbelegung (*machine utilisation*) von vier Fertigungsaufträgen an vier Maschinen.

In einer gut organisierten Arbeitsorganisation wird neben der Planung der Maschinenbelegung jeweils für einen gewissen Zeitraum ein Zeitstrahl erstellt. Darin werden die Urlaubstage, die Feiertage und die mögliche Mehr- bzw. Minderarbeit der einzelnen Mitarbeiter berücksichtigt. Dadurch werden unnötige Belastungen für die Mitarbeiter vermieden.

Nach der Freigabe des Auftrags erfolgt die **Auftragsauslösung** (*activating of order*). Diese umfasst

- die Analyse der Fertigungsaufgabe<sup>2)</sup> (*analysis of abandonment of production*)
- die Erstellung von Fertigungsunterlagen (*preparation of engineering data*)
- die Bereitstellung des Materials (*provision of material*)

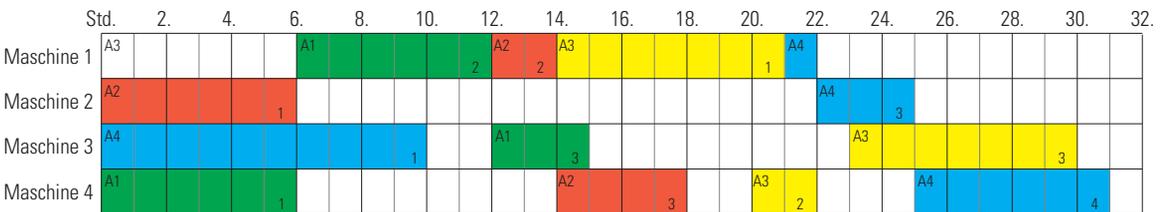
Liegen bereits alle Fertigungsunterlagen vor, ist eine grundlegende Analyse des Auftrags nicht mehr zwingend erforderlich. Eine Fachkraft für Zerspanungstechnik zeichnet sich aber gerade dadurch aus, dass sie auch vorhandene Fertigungsunterlagen kritisch hinterfragt und Verbesserungen vorschlägt bzw. vornimmt<sup>3)</sup>.

**M E R K E**

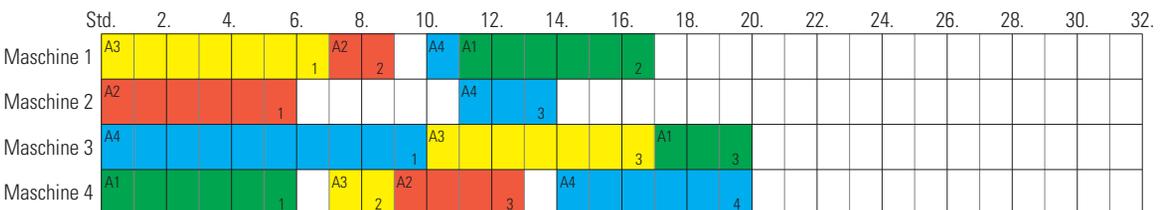
Eine gründliche Planung des Einsatzes von Mitarbeitern und Produktionsmitteln optimiert nicht nur den Produktionsausstoß, sondern verringert auch Belastungsspitzen.

	Arbeitsvorgang 1		Arbeitsvorgang 2		Arbeitsvorgang 3		Arbeitsvorgang 4	
	Maschine	Std.	Maschine	Std.	Maschine	Std.	Maschine	Std.
Auftrag 1	M4	6	M1	6	M3	3	–	–
Auftrag 2	M2	6	M1	2	M4	4	–	–
Auftrag 3	M1	7	M4	2	M3	7	–	–
Auftrag 4	M3	10	M1	1	M2	3	M4	6

2 Maschinenbelegung Vorgabe



3 Maschinenbelegung



4 Maschinenbelegung optimiert

1) siehe Lernfeld 11 Kap. 1.4.3    2) siehe Lernfeld 5 Kap. 2.2    3) siehe Lernfeld 10

# 1 Qualität

## 1.1 Die Spannweite des Begriffs

Der Begriff Qualität (*quality*) wird oft subjektiv verwendet und hat dann unterschiedliche Bedeutungen. Oft wird darunter die Güte eines Produkts verstanden. Qualität schließt diesen Bereich ein, aber die Verwendung in diesem Sinn erfasst nicht seine volle Bedeutung.

Die Norm sieht den Begriff aus Sicht der Kundenwünsche, die neben der Güte auch andere Bereiche einschließen.

Nach **DIN EN ISO 9000**<sup>1)</sup> ist Qualität der „Grad, in dem ... **Merkmale** Anforderungen erfüllen“. Merkmale (*characteristics*) lassen sich in verschiedene Klassen einteilen:

- **Physikalische Merkmale** (*physical characteristics*) wie z. B. mechanische oder elektrische Eigenschaften.
- **Funktionale Merkmale** (*functional characteristics*) wie z. B. Dauerbetrieb, Höchstgeschwindigkeit eines Fahrzeugs, Zuverlässigkeit, Sicherheitsstandards, Lebensdauer ...
- **Ergonomische Merkmale** (*ergonomic characteristics*) wie z. B. die Belastung des Menschen.
- **Verhaltensbezogene Merkmale** (*behavioural characteristics*) wie z. B. Ehrlichkeit, Wahrheitsliebe, Vertrauenswürdigkeit, Beratung.
- **Zeitbezogene Merkmale** (*temporal characteristics*) wie z. B. Pünktlichkeit, Verlässlichkeit.
- **Umweltbezogene Merkmale** (*environmental characteristics*) wie z. B. umweltverträgliche Produktion, umweltfreundliche Nutzung und Entsorgung bzw. Recycling.

### MERKE

Je besser die Produkte den Anforderungen oder den Erwartungen der Kunden entsprechen, desto höher ist die Produktqualität.

## 1.2 Die Bedeutung der Qualität für den Absatz

Produzenten wollen wissen, was ihre Kunden (*customers*) unter dem Begriff „Qualität“ – bezogen auf ein bestimmtes Produkt – verstehen (Bild 2). Sie lassen deshalb z. B. Befragungen durchführen oder sprechen mit ihren Kunden. Gleichzeitig wollen sie wissen, welchen Preis die Kunden für angemessen halten.

Firmen, die sich am (internationalen) Markt behaupten wollen, müssen die „Anforderungen“ der Kunden in dem finanziellen Rahmen erfüllen, den die Kunden vorgeben.

Ein Hersteller hat am Markt Vorteile, wenn er z. B.

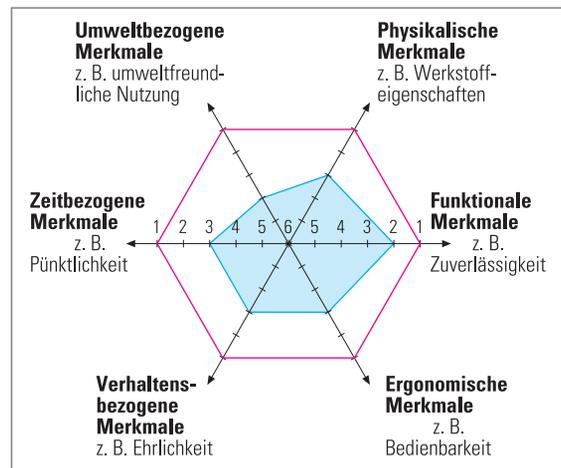
- den Preis bei gleich bleibender Qualität senken kann oder
- bei gleich bleibendem Preis die Qualität steigert

Im Lebenszyklus eines Produkts<sup>2)</sup> wirken viele Faktoren auf die Qualität ein. Eine wichtige Phase, an der die Fachkräfte, aber auch Auszubildende, beteiligt sind, ist die Herstellungsphase. Viele Firmen konnten die Qualität ihrer Produkte in dieser Phase steigern, ohne dass sich dadurch die Kosten nach erhöhten.

Als Kunde erwarte ich ein Produkt, das meinen Anforderungen entspricht, pünktliche Lieferung, kompetente Beratung, perfekten Kundendienst, einen fairen Preis, ...



1 Der Kunde ist König



2 Beurteilung der Qualität eines Produkts durch den Käufer (blaue Linie). Für die einzelnen Merkmale wurden Noten vergeben. Die rote Linie steht für eine ideale Beurteilung.

## 1.3 Einflussfaktoren auf die Qualität während der Herstellphase

Die Mitarbeiter in der Produktion beeinflussen unmittelbar die Qualität ihrer Produkte. Faktoren, die im **Verantwortungsbereich jedes Mitarbeiters** liegen sind z. B.:

- Interesse an der Arbeit
- Bereitschaft zum Engagement
- Ermüdungszustand
- Ausbildungs- bzw. der Kenntnisstand
- Kenntnisse über die innerbetrieblichen Abläufe
- Kenntnisse über die Organisationsstruktur der Firma

1) DIN EN ISO 9000 : 2005-12 Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe

2) siehe Lernfeld 11 Kap. 1