

Die Vorschubbewegung wird vom Hauptantrieb zum **Vorschubgetriebe** (*feed train*) (Seite 28 Bild 3) geleitet. Es ermöglicht das Ändern des Vorschubs oder das Einstellen verschiedener Gewindesteigungen.

Die **Zugspindel** (*feed rod*) überträgt beim Längsrund- und Querplandrehen die Vorschubbewegung vom Vorschubgetriebe zum Werkzeugschlitten.

Die **Leitspindel** (*lead screw*) kommt beim Gewindedrehen zum Einsatz (vgl. Kap. 2.6.2).

2.3.4 Werkzeugschlitten

Im Werkzeugschlitten ist das **Schlosskastengetriebe** (*lock box gear drive*) untergebracht.

Planschlitten (*cross slide*) und **Oberschlitten** (*top slide*) besitzen nachstellbare Schwalbenschwanzführungen. Beide werden über Gewindespindeln bewegt. Der Oberschlitten ist um 360° schwenkbar. Dadurch ermöglicht er z. B. auch das Kegeldrehen.

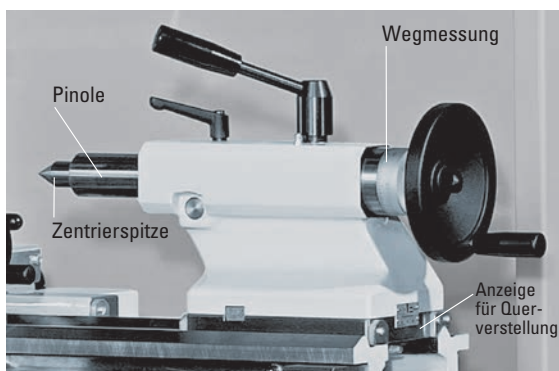
Viele konventionelle Werkzeugmaschinen besitzen elektronische Wegmesssysteme. Das Ablesen der digitalen Anzeigen ist sicherer als das der Rundskalen.

Die Werkzeughalter sind meist als Schnellwechsler ausgeführt.

2.3.5 Reitstock

Der Reitstock (*tailstock*) (Bild 1) übernimmt unterschiedlichste Aufgaben:

- Beim Drehen langer Werkstücke nimmt er eine Zentrierspitze auf, die das Werkstück auf der zweiten Stirnseite zentriert und abstützt.
- Die Pinole des Reitstocks nimmt Werkzeuge (z. B. Bohrer, Senker, Gewindebohrer usw.) für die stirnseitige Bearbeitung des Drehteils auf.

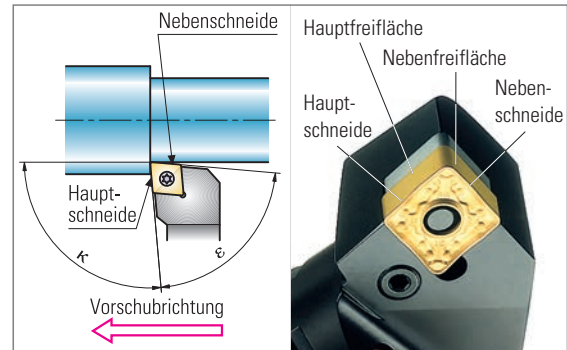


1 Reitstock

Überlegen Sie!
Vergleichen Sie die Aufgaben von Zug- und Leitspindel

2.4 Drehwerkzeuge und deren Auswahl

Das Drehwerkzeug (*lathe tool*) in Bild 2 besitzt zwei Schneiden: die **Hauptschneide** (*major cutting edge*), die in Vorschubrichtung zeigt, und die **Nebenschneide** (*minor cutting edge*). Die Hauptschneide trennt im Wesentlichen den Span vom Werkstück.



2 Haupt- und Nebenschneide, Ecken- und Einstellwinkel

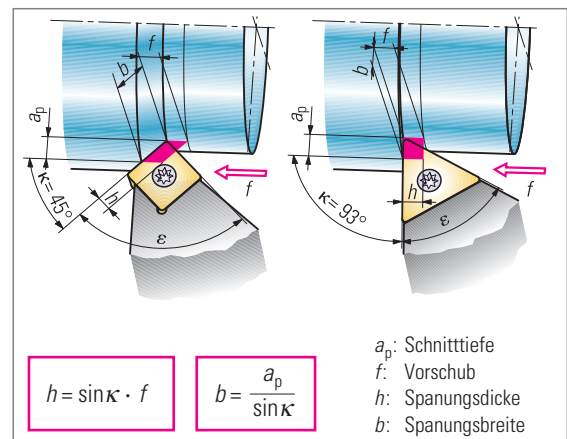
2.4.1 Ecken-, Einstell- und Neigungswinkel

Haupt- und Nebenschneide bilden den **Eckenwinkel** ε (*included angle*). Je größer der Eckenwinkel, desto stabiler ist die Werkzeugspitze und umso geringer ist die Gefahr des Werkzeugbruchs.

MERKE

Große Eckenwinkel kommen beim Schruppen zum Einsatz.

Hauptschneide und Werkstückachse begrenzen den **Einstellwinkel** κ (*tool cutting edge angle*) (Bild 3). Bei einem Einstellwinkel von 90° entspricht die **Spannungsbreite** b (*undeformed chip width*) der **Schnitttiefe** a_p . Mit abnehmendem Einstellwinkel vergrößert sich die Spannungsbreite b bei gleicher Schnitttiefe a_p . Dadurch verlängert sich die im Eingriff stehende Hauptschneide. Gleichzeitig verteilt sich die zum Zerspanen erforder-



3 Einfluss des Einstellwinkels auf die Spanndicke und Spannbreite

3 Fräsen

3.1 Fräsverfahren

Die Einteilung der Fräsverfahren (*milling methods*) erfolgt nach

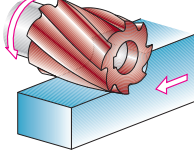
- der Art der Fläche,
- der Bewegung beim Zerspanvorgang und
- der Werkzeugform.

Überlegen Sie!

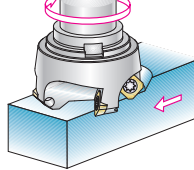
Ordnen Sie den Pfeilen bei den dargestellten Fräsverfahren die Begriffe „Schnittbewegung“, „geradlinige Vorschubbewegung“ und „kreisförmige Vorschubbewegung“ zu (vgl. Seite 2).

Planfräsen (*transverse milling*)

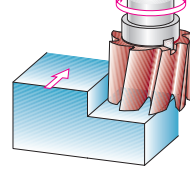
Umfangsfräsen



Stirnfräsen

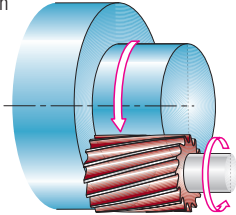


Stirn-Umfangsfräsen

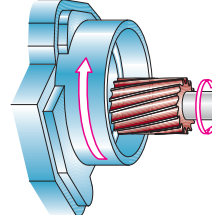


Rundfräsen (*cylindrical milling*)

Außen-Rundfräsen

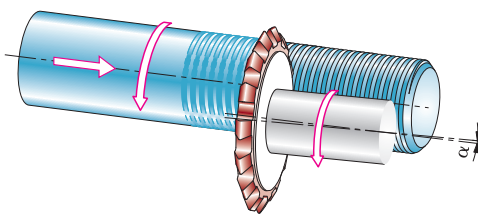


Innen-Rundfräsen

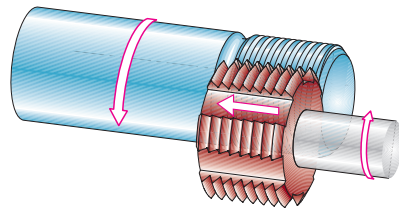


Schraubfräsen (*screw milling*)

Langgewindefräsen

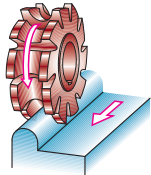


Kurzwende fräsen

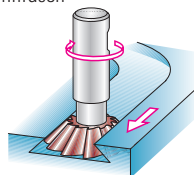


Profilfräsen (*profile milling*)

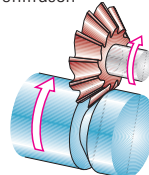
Längs-Profilfräsen



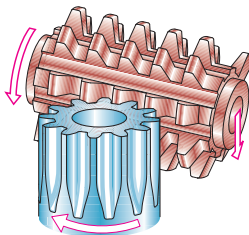
Form-Profilfräsen



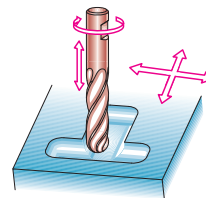
Rund-Profilfräsen



Wälzfräsen (*hobbing*)



CNC-Formfräsen (*CNC-external milling*)



- Bei niedrigen Temperaturen muss es hinreichend dünnflüssig sein.
Dadurch wird ein einwandfreies Anfahren der Maschine ermöglicht.
- Bei hohen Temperaturen muss das Schmieröl noch genügend Viskosität haben, damit der Schmierfilm nicht abreißt.

Die Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur führte zur Entwicklung **synthetischer Schmieröle**.

Sie haben ein gleichmäßigeres Viskositäts-Temperatur-Verhalten, d. h., dass die Viskosität von synthetischen Schmierölen in einem größeren Temperaturbereich konstant ist. Sie werden daher besonders bei extrem schwankenden Betriebstemperaturen eingesetzt. Im Vergleich zu Mineralölen sind synthetische Schmieröle teurer.

MERKE

Bei Mineralölen gilt: Die Viskosität verringert sich bei steigenden Temperaturen.

Bei synthetischen Schmierölen gilt: Die Viskosität bleibt auch bei schwankenden Temperaturen nahezu konstant.

Pourpoint (*pour point*)

Der Pourpoint ist die Temperatur, bei der ein Schmieröl eben noch fließt.

Flammpunkt (*flashpoint*)

Der Flammpunkt ist die Temperatur, bei der sich an der Schmieröberfläche entzündbare Gase bilden. Die Schmieröle werden entsprechend ihres Flammpunktes in Gefahrenklassen eingeteilt.

3.2 Schmierfette

Bei Wälzlagern werden oft Schmierfette anstelle von Schmierölen verwendet (Bild 2). Diese haben den Vorteil, dass sie nicht



2 Eingefettetes Wälzlager

| Schmieröl nach DIN 51502 | CLP 68 | CLP 220 | CLP 1000 |
|--|------------|-------------|--|
| Viskositätsklasse | ISO VG 68 | ISO VG 220 | ISO VG 1000 |
| Minimale kinematische Viskosität bei 40 °C | 61,2 mm²/s | 198 mm²/s | 900 mm²/s |
| Maximale kinematische Viskosität bei 40 °C | 74,8 mm²/s | 242 mm²/s | 1100 mm²/s |
| Pourpoint | −12 °C | −9 °C | −3 °C |
| Flammpunkt | 180 °C | 200 °C | 200 °C |
| Anwendungsbeispiele | Getriebe | Gleitbahnen | Bei Schneckengetrieben mit sehr hoher Umdrehungsfrequenz |

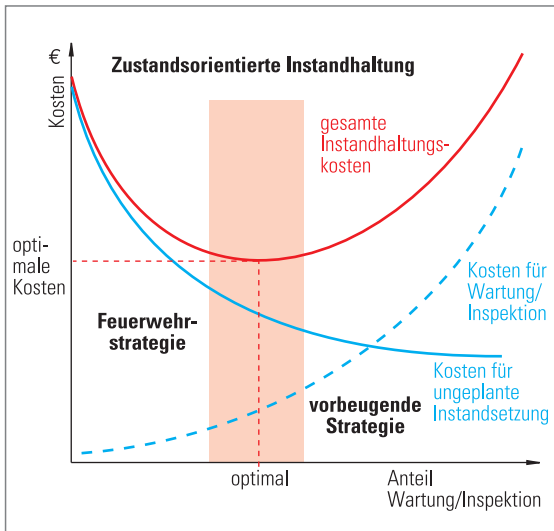
1 Kennwerte von Schmierölen

| Konsistenzklasse nach DIN 51818 | Walkpenetration nach DIN ISO 2137 in 1/10 mm | Konsistenz | Anwendung |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 000 | 445 ... 475 | ähnlich sehr dickem Öl (fließend) | Getriebe |
| 00 | 400 ... 430 | fast fließend | Getriebe |
| 0 | 355 ... 385 | extrem weich | Getriebe |
| 1 | 310 ... 340 | sehr weich | Wälz- und Gleitlager |
| 2 | 265 ... 295 | weich | Wälz- und Gleitlager |
| 3 | 220 ... 250 | mittel | Wälz- und Gleitlager |
| 4 | 175 ... 205 | fest | Dichtfette für Armaturen, Labyrinth |
| 5 | 130 ... 160 | sehr fest | Dichtfette für Armaturen, Labyrinth |
| 6 | 85 ... 115 | extrem fest | Dichtfette für Armaturen, Labyrinth |

3 Konsistenzklassen und Walkpenetrationen von Schmierfetten

von der Lagerstelle wegfließen. Zusätzlich haften Schmierfette an der Schmierstelle und verhindern so das Eindringen von Wasser oder Verunreinigungen. Schmierfette werden in 9 **Konsistenzklassen** (*consistency classes*) eingeteilt (Bild 3). Kennwert für die Konsistenz (*consistency*) und damit wichtigster Kennwert für Schmierfette ist die **Walkpenetration** (*worked penetration*).

Bei der Walkpenetration wird das Schmierfett vor der Messung „gewalkt“, d. h., vorher kräftig durchgeknetet. Dadurch werden



1 Instandhaltungskosten

Überlegen Sie!

1. Informieren Sie sich, welche Online-Diagnosesysteme Ihr Betrieb einsetzt bzw. einsetzen könnte.
2. Benennen Sie ggf., welche Zustände welcher Maschinenelemente überwacht werden.

7 Inbetriebnahme von Werkzeugmaschinen

Beim Kauf einer Werkzeugmaschine muss diese transportiert, aufgestellt und in Betrieb genommen werden.

Wichtige Hinweise erhält der Maschinenbetreiber aus der jeweiligen Bedienungsanleitung des Maschinenherstellers.

Wesentliche Transportaspekte sind z. B.:

- Befestigung von allen beweglichen Teilen
- Einweisung des Personals
- Überprüfung der Transportwege hinsichtlich Breite und Höhe
- Verfügbarkeit geeigneter Transportmittel (z. B. Gabelstapler, Brückenkran, Hebezeuge)

Bild 1 auf Seite 216 zeigt beispielhaft Transporthinweise für eine Drehmaschine.

MERKE

Für den Transport werden blanke Maschinenteile mit Rostschutzmittel geschützt.

Vor der Inbetriebnahme (*starting up*) muss das Rostschutzmittel mit geeignetem Lösemittel oder Putzöl entfernt werden.

Verwenden Sie keine aggressiven Lösemittel wie z. B. Chlorkohlenwasserstoffe, Aceton oder Ähnliches.

Um eine Werkzeugmaschine fachgerecht bedienen und warten zu können, besteht in Abhängigkeit von der Größe der Anlage ein bestimmter Platzbedarf. Er kann üblicherweise den Maschinenprospekten entnommen werden.

Überlegen Sie!

Ermitteln Sie mithilfe des Internets den Platzbedarf für eine 5-Achs-Fräsmaschine mit einem größten linearen Verfahrweg von 800 mm.

Darüber hinaus muss die Verfügbarkeit notwendiger elektrischer, pneumatischer und hydraulischer Anschlüsse gesichert sein sowie die Tragkraft und Schwingungsstabilität des Fundaments berücksichtigt werden.

Ebenfalls sind bei der Wahl des Werkzeugmaschinenstandorts (*machine tool location*) mögliche Umwelteinflüsse wie beispielsweise Temperaturschwankungen in der Umgebung zu berücksichtigen.

MERKE

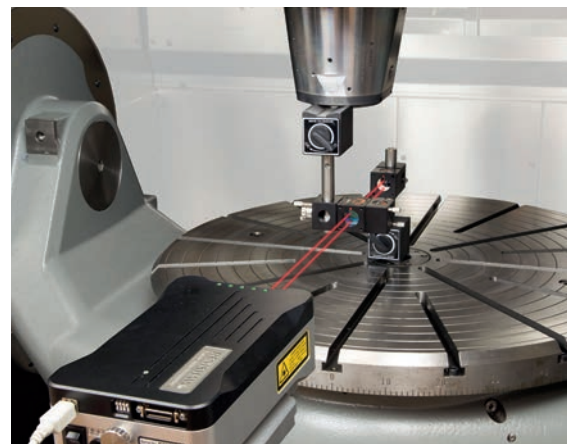
Die elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Komponenten dürfen nur von autorisiertem Personal angeschlossen werden.

Nach dem Aufstellen sind Werkzeugmaschinen auszurichten. Hochpräzise Werkzeugmaschinen werden oft mithilfe von Lasertechnik (*laser technology*) ausgerichtet (geometrische Vermessung) (Bild 2).

Nach erfolgreicher Aufstellung (*mounting arrangement*) (auch von Peripherieeinrichtungen wie z. B. Späneförderer, Kühlmittelpumpen), fachgerechter Verlegung der notwendigen Anschlüsse und Ausrichtung ist die Bearbeitungsgenauigkeit der Werkzeugmaschine zu prüfen (vgl. Kap. 7.1).

Wenn die Bearbeitungsgenauigkeit den Anforderungen entspricht, kann die Werkzeugmaschine in Betrieb genommen werden, d. h., für die Produktion eingesetzt werden.

Ob die Werkzeugmaschine für die Produktion bestimmter Werkstücke geeignet ist, wird gesondert überprüft. Kennwerte sind dabei die Maschinen- und Prozessfähigkeit (vgl. Lernfeld 13).



2 Ausrichten einer Werkzeugmaschine mit Lasertechnik

8 Maintenance Overview of a CNC Milling Centre



A machining centre, also called a manufacturing centre, is a machine tool which is equipped for automatic operation, therefore, it is provided with a CNC control system.

It is a numerically controlled machine with a high degree of automation for the complete machining of components. Often, machining centres can be equipped to extend the functionality of rotating and swivelling machine tables, so that there are one or two additional axes available. Also machining centres are characterized by an automatic tool and workpiece changer.

The **vertical machining centre** shown in the figure are intended for the machining, through down-cut and up-cut milling as well as drilling, of metals and plastics that have the necessary strength for being clamped. Due to an optimum division of the machining cycles high production flexibility and, therefore, high productivity is attained.

As a cutting machine operator you may meet a situation, due to the worldwide industrial use of the machines, in which maintenance and service works are required. The maintenance overview shown on page 220 is taken from an original instruction manual and is used to accomplish maintenance and repair work.

Assignments on the text:

1. Match the English and German terms and write the result in your exercise book.

component
operation
machining centre
control system
maintenance overview
machine tool
down-cut and up-cut
milling
complete machining
machining cycle
instruction manual
tool and workpiece
changer
manufacturing centre
degree
production flexibility
maintenance and service works
machine table
figure

Maschinentisch
Betriebsanleitung
Grad
Werkzeug und Werkstückwechsler
Steuerung
Zerspanungsablauf
Fertigungsflexibilität
Betrieb
Fertigungszentrum
Bearbeitungszentrum
Komplettbearbeitung
Werkzeugmaschine
Bauteil
Abbildung
Wartungs- und Serviceleistungen
Wartungsübersicht
Gleich- und Gegenlauf-
fräsen

2. Translate the text by using your English-German vocabulary list and your dictionary as well as the words in the box above.
3. Ask your classmate whether he or she had to maintain a CNC machine. If yes, he or she should explain what was necessary to do. On page 221 you may find some helpful terms.

Assignments on the maintenance overview (p.220):

4. Look at the 6 small figures below the maintenance overview and find the correct order for the translations:
 - a) Austausch
 - b) Kontrolle, bei Bedarf ergänzen
 - c) ölen, Öl wechseln
 - d) Reinigung, bei Bedarf austauschen
 - e) fetten (über Schmiernippel)
 - f) Generalüberholung
5. Which parts require exchange?
6. Which parts have to be checked if necessary?
7. How many components have got a grease nipple for applying lubricant?
8. Which parts require an oil change?
9. Which elements have to be cleaned?
10. The square contains 10 different terms you can find in the text above. One word already has been marked. Find the other nine and write them into your exercise book.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M | A | S | S | A | M | O | N | N | R |
| C | O | M | P | L | E | T | E | M | O |
| A | S | A | X | E | S | G | H | M | T |
| D | F | C | K | C | A | E | G | E | A |
| E | R | H | L | O | S | L | F | I | T |
| T | Z | I | I | M | D | I | I | L | I |
| U | I | N | G | P | E | L | G | L | N |
| G | J | I | T | O | O | L | U | O | G |
| K | L | N | N | N | S | S | R | R | L |
| N | M | G | D | E | G | R | E | E | I |
| P | H | I | K | N | D | J | O | X | K |
| D | K | W | P | T | H | N | L | T | I |
| C | H | E | U | R | F | F | R | E | L |
| C | O | N | T | R | O | L | Z | N | G |
| L | F | A | M | M | H | F | U | D | O |

5.2 Hydraulische Aktoren

Hydraulische Aktoren (*hydraulic actuators*) werden bei Werkzeugmaschinen u. a. in folgenden Bereichen bzw. für folgende Aufgaben eingesetzt:

- Spannen der Werkstücke
- Zu- und Rückstellung des Reitstocks und der Lünette
- Spindelklemmung
- Betätigung des Werkzeugträgers
- zur Betätigung der Bremsen an Linearachsen

5.2.1 Aufbau einer Hydraulikanlage

In Bild 1 ist der Aufbau einer Hydraulikanlage dargestellt. Dieser Aufbau soll im Folgenden näher betrachtet und mit dem Aufbau einer Pneumatikanlage verglichen werden.

Beide Anlagen können in die Bereiche Energieversorgung, Energiesteuerung und Energieumsetzung eingeteilt werden.

Energieversorgung:

Bei Werkzeugmaschinen ist meistens eine eigene Energieversorgung für die hydraulischen Einrichtungen in Form eines Hydraulikaggregats vorhanden. Wichtige Bestandteile dieses Aggregats sind:

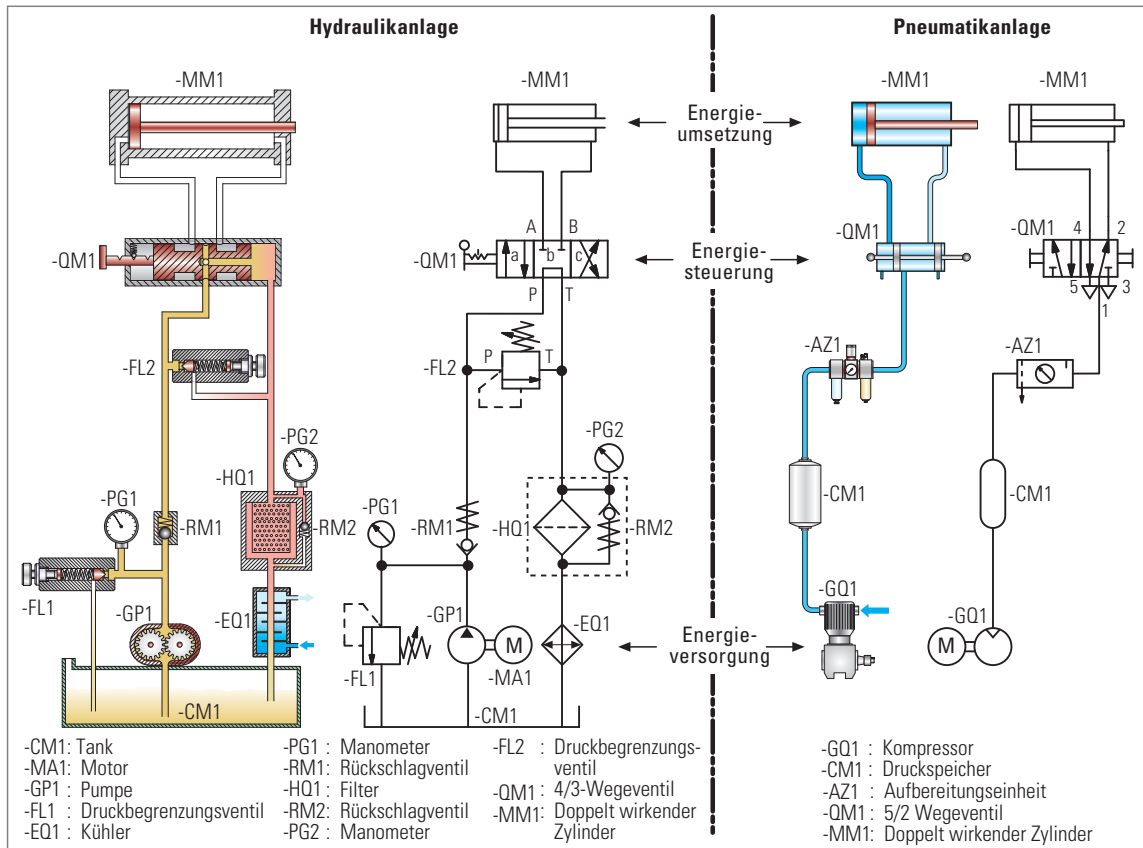
- Antriebseinheit, bestehend aus Motor, Kupplung und Pumpe (-MA1, -GP1)
- Behälter (Tank, -CM1)
- Druckbegrenzungsventile (-FL1, -FL2)
- Filter (-FL1, -FL2)
- Manometer (-PG1, -PG2)
- Kühler (-EQ1)

Das **Druckbegrenzungsventil** (*pressure control valve*) (OV1) soll im Aggregat die Pumpe vor Überlastung schützen. Deshalb ist es auf den maximalen Pumpendruck von z. B. 180 bar eingestellt. Für die Funktion und für die Lebensdauer der Anlage ist es sehr wichtig, Schmutzteile durch einen Filter (OZ2) zu entfernen. Das **Manometer** (*manometer*) (OZ1) zeigt den Druck im Aggregat an und ermöglicht damit eine Aussage über die Funktionsfähigkeit der Anlage.

Die Öltemperatur sollte nicht höher sein als ca. 60 °C. Steigt sie über diesen Wert, schaltet sich der **Kühler** (*cooler unit*) (-EQ1) ein. Die Energieversorgung für die pneumatischen Anlagen ist dagegen zentral organisiert. Von einer Anlage (Kompressor und Druckbehälter) wird die Druckluft an viele Verbraucher im Betrieb geleitet, auch an Werkzeugmaschinen.

Energiesteuerung:

Durch **Wegeventile** (*control valves*) wird der Ölstrom in die gewünschten Kanäle geleitet, um z. B. Zylinder aus- und einzufahren.



1 Vergleich einer Hydraulik- und einer Pneumatikanlage

Geometrische Informationen (Wegbedingungen) teilen der Steuerung mit, wie sie die Relativbewegung von Werkzeug und Werkstück (z. B. Verfahrweg als Gerade oder Kreisbogen) auszuführen hat. Die Koordinaten geben jeweils den Zielpunkt des Bearbeitungsschrittes an.

MERKE

Die Wegbedingungen (*preparatory functions*) bzw. G-Wörter (*geometric function*) legen – zusammen mit den Wörtern für die Koordinaten – den geometrischen Teil des Programms fest (Seite 270 Bild 1 und Bild 1).

2.1.1 Absolute und inkrementale Maßangabe

Bevor die Beschreibung der Werkzeugwege erfolgt, muss im Programm definiert sein, worauf sich die im Programm stehenden Koordinaten (z. B. X30 Y30) beziehen.

Es gibt prinzipiell zwei Möglichkeiten der Maßangabe:

- Absolute Maßangabe (*absolute measurement*) (G90)
- Inkrementale Maßangabe (*incremental measurement*) (G91)

MERKE

Durch die Eingabe von G90 wird festgelegt, dass es sich bei den folgenden Koordinatenwerten um absolute Maßangaben handelt, die sich auf den Werkstücknullpunkt beziehen.

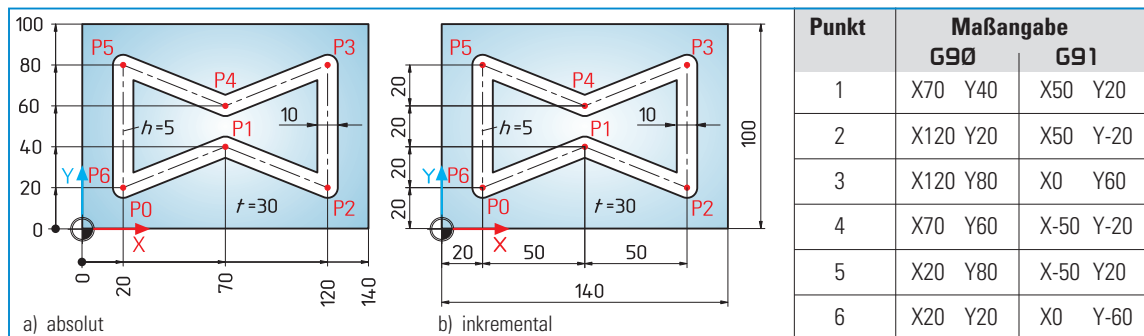
| Wegbedingung | Bedeutung |
|--------------|--------------------------------------|
| G4 | Verweilzeit, zeitlich vorbestimmt |
| G17 | Ebenenauswahl (X-Y-Ebene) |
| G18 | Ebenenauswahl (Z-X-Ebene) |
| G19 | Ebenenauswahl (Y-Z-Ebene) |
| G33 | Gewindeschneiden, Steigung konst. |
| G40 | Aufheben der Werkzeugkorrektur |
| G41 | Werkzeugbahnkorrektur, links |
| G42 | Werkzeugbahnkorrektur, rechts |
| G43 | Werkzeugkorrektur, positiv |
| G44 | Werkzeugkorrektur, negativ |
| G53 | Aufheben der (Nullpunkt)verschiebung |
| G54 ... G59 | (Nullpunkt)verschiebung 1 ... 6 |
| G80 | Aufheben des Arbeitszyklus |
| G81 ... G89 | Arbeitszyklus 1 ... 9 |
| G94 | Vorschubgeschwindigkeit in mm/min |
| G95 | Vorschub in mm pro Umdrehung |
| G96 | konstante Schnittgeschwindigkeit |
| G97 | Umdrehungsfrequenz in 1/min |

1 Weitere G-Funktionen bzw. Wegbedingungen

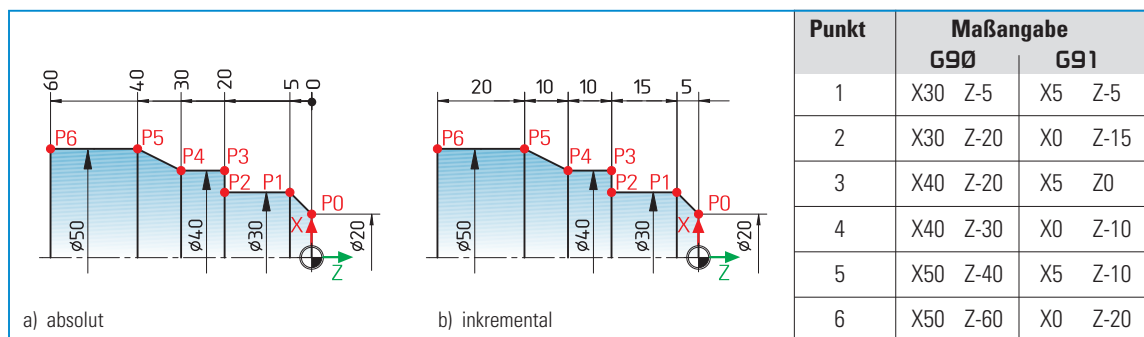
MERKE

Durch die Eingabe von G91 wird bestimmt, dass es sich bei den folgenden Koordinatenwerten um inkrementale Maßangaben handelt, die sich jeweils auf die derzeitige Werkzeugposition (*position of tool*) beziehen.

Bei der **absoluten Maßangabe** werden die Zielkoordinaten eingegeben, auf die sich das Werkzeug in Bezug auf den Werkstücknullpunkt bewegt (Bilder 2a und 3a). Bislang wurden alle Konturpunkte in dieser Art bestimmt (Seite 270 Bild 1 und Kapitel 1.3.1)



2 Absolute Programmierung (G90) und inkrementale Programmierung (G91) eines Frästeils



3 Absolute Programmierung (G90) und inkrementale Programmierung (G91) eines Drehteils

rekturspeicher 96,786 mm. Dadurch steht die Stirnfläche des Fräasers 0,3 mm über der Fertigtiefe, sodass ein Aufmaß von 0,3 mm zum Schlichten verbleibt. Die Steuerung berechnet dann die Äquidistante und die Zustelltiefe auf Grund von Werkzeugradius und -länge, die im Korrekturspeicher stehen (Seite 310 Bild 4).

Übergangsradien und -fasen

(transition radii/transition chamfers)

Bei vielen Steuerungen ist es möglich, Übergangsradien und -fasen (Bild 1) einfach zu programmieren. Es wird der theoretische Schnittpunkt (P1 bzw. P2) der beiden Geraden programmiert. Durch ein zusätzliches Wort wird im gleichen Programmsatz der Radius (z. B. RN20) oder die Fase (z. B. RN-15) bestimmt. Die Steuerung errechnet sich die fehlenden Geometrien und fräst sie.

4.2.6 An- und Abfahren beim Schlichten der Kontur

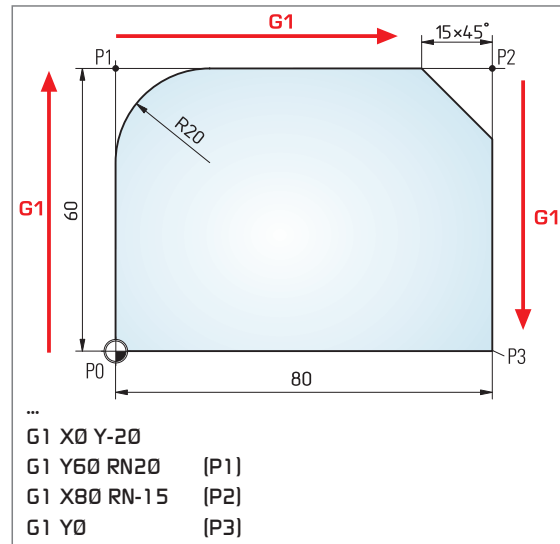
Beim rechtwinkligen Anfahren der Kontur (Bild 2) steht eine CNC-Achse beim Erreichen des Zielpunktes für einen kurzen Moment still, bevor die Konturbearbeitung erfolgt. Das führt dazu, dass der Fräser freischneidet und die Kontur beschädigt wird.

MERKE

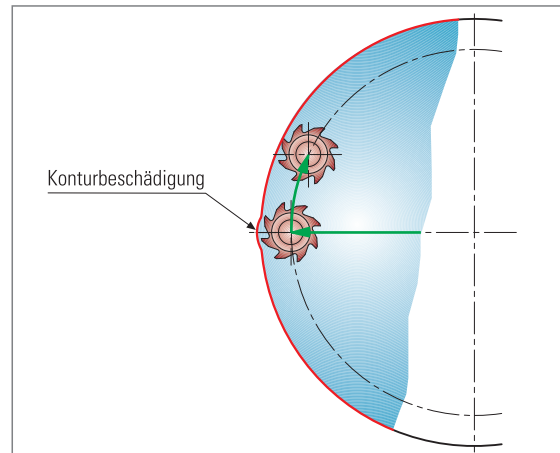
Beim Schlichten (*smoothing*) müssen die Konturen (*contours*) so angefahren werden, dass keine Konturbeschädigungen entstehen.

Bei Außenkonturen besteht oft die Möglichkeit, die Kontur geradlinig anzufahren (Bild 3) und auch abzufahren. Bei Innenkonturen ist das meist nicht der Fall.

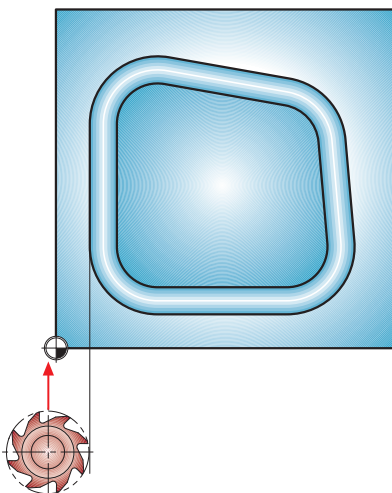
Durch tangentiales An- und Abfahren (Bild 4) werden Konturbeschädigungen vermieden. Bei einigen Steuerungen gibt es besondere G-Funktionen für unterschiedliche An- und Abfahrbewegungen.



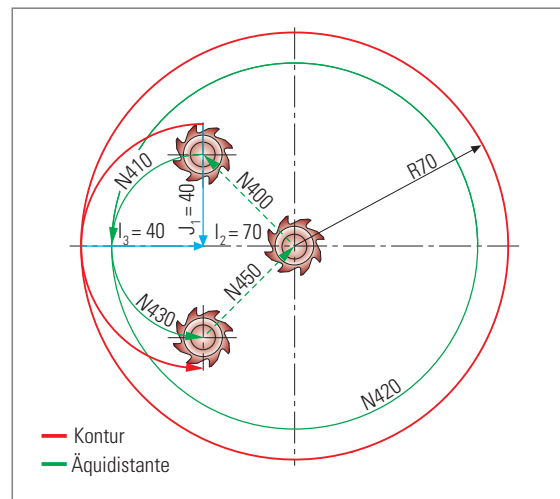
1 Übergangsradius und -fase



2 Konturbeschädigung durch rechtwinkliges Anfahren



3 Geradliniges Anfahren der Kontur



4 Tangentiales An- und Abfahren der Kontur im Viertelkreis