

# SYM *plus*<sup>®</sup>

5.2

SCHÜLERVERSION



CNC **KELLER**

# SYMplus<sup>®</sup> Schülerversion

Die SYMplus Schülerversion ist die ideale Software zur Einarbeitung in die CNC-Grundlagen nach DIN66025 zu Hause.

Die Schülerversion ist dabei als Ergänzung zur SYMplus Vollversion zu verstehen, die in der Schule bzw. im Ausbildungsbetrieb eingesetzt wird. Daher hat die Schülerversion auch einige Einschränkungen im Funktionsumfang: Dieser entspricht zum einen der Voreinstellung **Grundbildung** in der Vollversion von SYMplus. Gegenüber der Vollversion fehlt im **Simulator** u. a. der Menüpunkt **Übung/Prüfung** zur Bearbeitung von Lückenaufgaben. Weitere Einschränkungen sind unten im Kapitel „Betriebsart 'DIN-Simulator'“ aufgeführt.

## Start der Software

Die Software startet in einem Fenster mit der Größe 1024x768 Pixel. Wenn die Bildschirmauflösung auf diese Größe eingestellt ist, startet sie im Vollbild.



Nach dem Start der SYMplus Schülerversion kann man zwischen zwei Betriebsarten wählen: **DIN-Multimedia** und **DIN-Simulator**. Hat man sich einmal für eine Betriebsart entschieden, kann man später über den Button (oben rechts in der Kopfzeile) wieder das Startmenü aufrufen, um in die andere Betriebsart wechseln zu können. Zum Verlassen der Software, klickt man daneben auf den Button oder, wenn die Software im Fenster läuft, auf das 'Schließen'-Symbol von Windows ().

## Betriebsart 'DIN-Multimedia'



In 'DIN-Multimedia' können alle geometrischen und technologischen Grundlagen sowie die Grundlagen der CNC-Programmierung interaktiv erlernt werden. Die Inhalte sind in 4 Kapitel gegliedert, die über das links angeordnete Menü aufgerufen werden können.

Im Startbild sind beispielhafte Zeichnungen und Werkstücke zu sehen, die die Lerninhalte der vier Kapitel veranschaulichen.

Auf dieser Startseite 'Kursziele' gibt es auch ein paar [Hinweise zur Bedienung](#).

Die Navigation innerhalb eines Kapitels erfolgt immer über die Pfeiltasten unten rechts im Bild:



**Kursziele**

1. NC-Grundlagen nach DIN 66025
2. Weitere NC-Grundlagen
3. Erweiterte Geometrie
4. Zyklen

Test  
Glossar

Wählen Sie bitte Ihr Thema immer aus diesem Menü.

Menüpunkte, die Sie bereits bearbeitet haben, werden grün markiert.

Mit diesem Button können Sie die Menüanzeige zurücksetzen (alle Punkte erscheinen dann un bearbeitet, also rot).

Menü zurücksetzen

Hilfe schließen

Systeminformationen

Alle Bilder auf diesen Einstiegs-Seiten zeigen Ausschnitte aus dem jeweiligen Kapitel. Die Bilder sind statisch, also nicht anwählbar.

Diese Anzeige bedeutet, Sie befinden sich auf der 2. Seite von 3 Seiten.

Nach zweimaliger falscher Eingabe erscheint dieser Lösungs-Button.

Zeitweise können Informationen als Hilfe aufgerufen werden.

Lösung

Seite vor bzw. zurück

<b>1. NC-Grundlagen nach DIN 66025</b>	Jedes der vier Kapitel ist gegliedert in ...
• Einführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eine Seite 'Einführung', auf der die in diesem Kapitel behandelten Funktionen abgebildet sind</li> <li>• mehrere Unterkapitel mit unterschiedlichen Übungen und Lerninhalten</li> <li>• einer Seite 'Zusammenfassung', anhand derer man noch einmal prüfen kann, ob man alle G-Befehle etc. gelernt hat</li> <li>• einer Übungssequenz 'NC-Programm schreiben', in der man das Gelernte anhand einer Beispielzeichnung anwendet.</li> </ul>
• Geometrische Grundlagen I	
• Technologische Grundlagen	
• Einführung in die Programmierung	
• Zusammenfassung	
• NC-Programm schreiben	

Einige Aufgaben in den Übungskapiteln sind zufallsgesteuert, letztlich jedoch von der Software eindeutig vorgegeben. So kann die Software immer unmittelbar eine Rückmeldung (optisch und z. T. auch akustisch) geben, ob man eine Aufgabe richtig gelöst hat. Wenn man gar nicht weiter weiß, kann man i.d.R. einen Button 'Lösung' klicken.

Außerdem kann man natürlich alle Aufgaben beliebig oft wiederholen, bis man sich „fit“ fühlt für den 'Test', bei dem man unter Zeitdruck Aufgaben zu allen vier Kapiteln lösen muss.

• Auswertung	Während der Durchführung eines Tests kann man immer wieder in die 'Auswertung' schauen, wie viel Prozent der möglichen Punkte man schon erreicht hat.
• Testergebnis	
Schließlich kann man sich sein 'Testergebnis' auch ausdrucken.	

### Betriebsart 'DIN-Simulator'



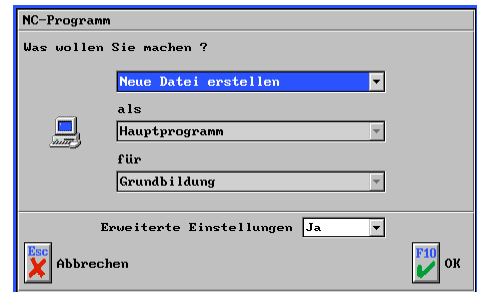
Im Simulator der Schülerversion kann man das in 'DIN-Multimedia' interaktiv Erlernte frei anwenden und nach eigenen Zeichnungen programmieren und simulieren (2D und 3D). Der Funktionsumfang entspricht der Einstellung 'Grundbildung' in der Vollversion von SYMplus. Weitere Einschränkungen im Simulator sind: max. 30 Zeilen, fest vorgegebene Werkzeuge, keine beliebig geformten Rohteile, keine Messfunktion, kein freier Editor.

### Anlegen eines neuen NC-Programms

Beim erstmaligen Aufruf der Betriebsart nach dem Start der Software meldet sich ein „Startassistent“ mit der Frage, ob man a) eine neue Datei erstellen oder b) eine vorhandene Datei öffnen möchte.

(Dieses Fenster erscheint auch, wenn man später im Hauptmenü **F1 Datei > F11 Neu** aufruft.)

Die Auswahl erfolgt entweder durch „Aufklappen“ der Auswahlliste (▼) oder einfach durch Mausklick im blauen Textfeld. Wer gerne mit der Tastatur arbeitet, kann auch mit **[+]** **[−]** durch die Auswahlliste „blättern“.



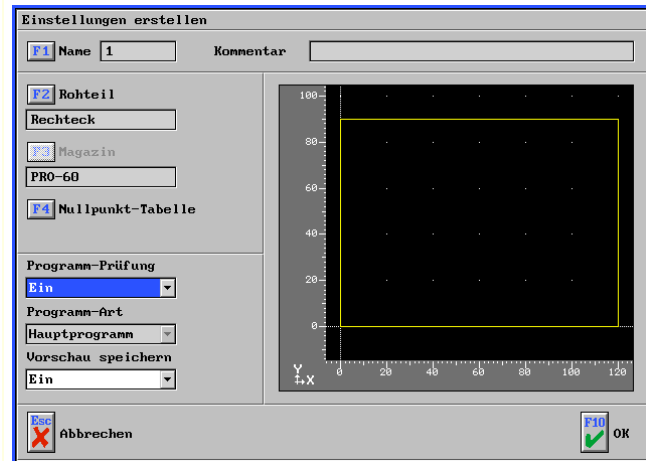
Weil in der Schülerversion keine Unterprogramme geschrieben werden können und der Befehlsumfang 'Grundbildung' fest vorgegeben ist, sind die beiden Auswahlfelder darunter „disabled“ (grau hinterlegt).

Der Schalter 'Erweiterte Einstellungen' steht voreingestellt auf 'Ja'. Der Wechsel auf 'Nein' ist dann sinnvoll, wenn man mit den voreingestellten Werkzeugen und Rohteilen arbeiten möchte (im Fräsen ist das ein Rechteck 120 x 90 x 16, Nullpunkt an der Ecke Links/Vorne/Oben; im Drehen ist es ein Zylinder Ø80, Länge 120 + 1 mm Planaufmaß).

Lässt man den Schalter beim Erstellen eines neuen Programms auf 'Ja' und quittiert den Dialog mit **F10** **OK**, dann erscheint ein Dialog 'Einstellungen erstellen' mit folgenden Optionen:

**F1 Name:** Hier kann man den Dateinamen vergeben und eine Kommentarzeile ergänzen.

**F2 Rohteil:** Hier kann man die (voreingestellten) Rohteilabmaße und die Rohteillage verändern.



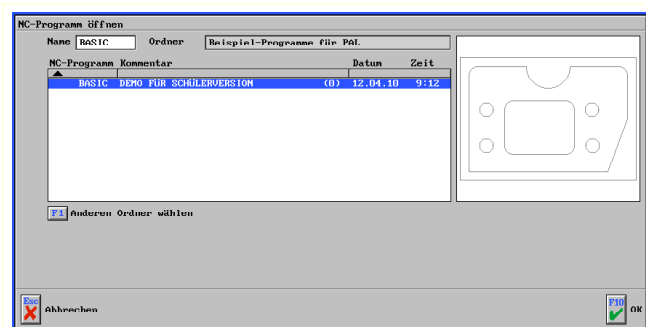
Im Fräsen bezieht sich das Feld 'Tiefe/Höhe dieser Fläche' auf die Oberkante des Rohteils (also i.d.R. 0). In einem weiteren Dialog wird dann der Z-Wert der Unterkante bzw. die Dicke des Werkstücks abgefragt.

**F3 Magazin/Revolver:** Das Standardmagazin der Vollversion PRO-60 im Fräsen bzw. der Standardrevolver PRO-12 im Drehen sind in der Cloudversion fest voreingestellt.

**F4 Nullpunkt-Tabelle:** In der Schülerversion gibt es einen Werkstück-Nullpunkt G54. Die Verschiebewerte sind schon passend vorbelegt.

'Programm-Prüfung' besagt, dass der Simulator Kollisionen, falsche Drehrichtung etc. erkennt und als Fehler meldet. 'Vorschau speichern' ist eine Unterstützung für die Dateiverwaltung\*.

\* Wenn man ein (fehlerfreies) Programm speichert, kann man es später beim Öffnen anhand einer Liniengrafik leicht wiederfinden (siehe Bild)



## NC-Programm schreiben

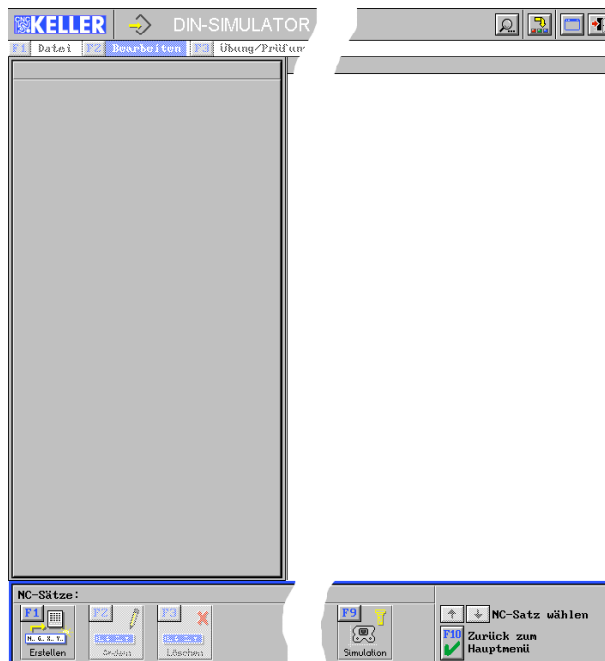
Wenn Sie alles passend eingerichtet haben, übernehmen Sie die Einstellungen mit **F10** **OK**.

Die Software „springt“ dann automatisch in den Editor bzw. in den zweiten Punkt des Hauptmenüs: **F2** **Bearbeiten**.

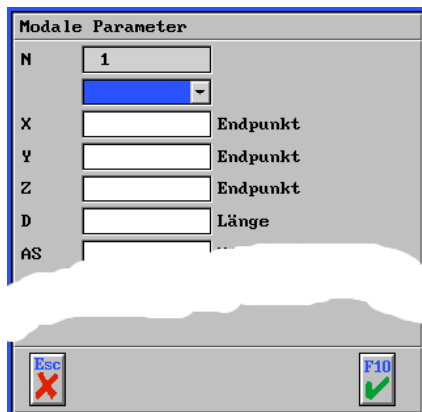
Das Hauptmenü selbst ist dadurch „disabled“, der Fokus liegt unten (blauer Rahmen) auf den Funktionen zum **Erstellen**, **Ändern**, **Löschen** ... von NC-Sätzen.

Wenn Sie (später mal wieder) zurück ins Hauptmenü möchten, etwa um das Programm zu speichern oder nachträglich ‚Einstellungen‘ zum Rohteil etc. zu ändern, geht das über **F10** **Zurück zum Hauptmenü**. > **F1** **Datei**.

Umgekehrt kommen Sie über **F2** **Bearbeiten** wieder in den Modus zum Editieren.



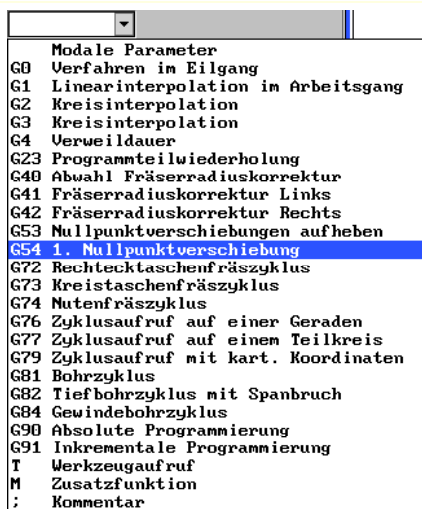
Jetzt geht's aber endlich los mit dem Programmieren ...



Mit **F1** **Erstellen** oder auch einfach mit **↵** legen Sie einen neuen NC-Satz an. Der Fokus (blauer Rahmen) wechselt dann in den Eingabedialog links.

Voreingestellt ist der Dialog 'Modale Parameter', den man verwendet, wenn man z. B. mehrere Linearsätze hintereinander schreiben und nicht immer wieder G1 tippen möchte. G1 bleibt dann „modal“, d. h. selbsthaltend, wirksam.

Im ersten NC-Satz soll aber die Nullpunktverschiebung G54 programmiert werden.



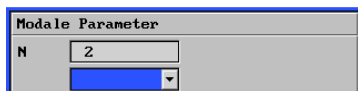
Wie schon oben beim „Startassistenten“ erklärt, kann die Auswahl entweder durch „Aufklappen“ der Auswahlliste (▼), durch wiederholtes Klicken ins blaue Feld oder auch mit **+** **+** **+** ... erfolgen.

Wenn man die benötigte Funktion schon „im Kopf“ hat, kann man auch **G** **5** **4** tippen. Die Software springt dann auch ohne „Aufklappen“ zu dem gewünschten Befehl.

Mit **F12** oder Klick auf **i** kann man eine Hilfeseite aufrufen.

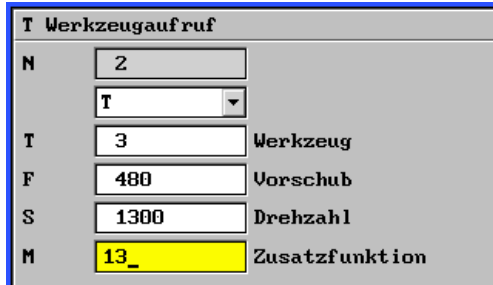
Im Falle von „G54“ sind keine weiteren Werte einzutragen. Schließen Sie den Dialog mit **F10** **OK**. Der erste Satz „N1 G54“ ist damit geschrieben:

```
Grundbildung
N1 G54
```



Grundbildung  
N1 G54

Mit **F1** oder alternativ auch mit **↵** wird ein zweiter Satz angelegt (bzw. allgemein ein Satz *hinter* dem markierten). Mit **Shift** + **F1** kann man einen Satz *vor* dem markierten einfügen.



Suchen Sie aus der Auswahlliste (▼) den Befehl für den 'Werkzeugaufruf' oder tippen Sie einfach **T** (wie „Tool“).

Suchen Sie – passend zur Aufgabenstellung – das richtige Werkzeug über **F1 Magazin** oder tippen Sie die Werkzeugnummer direkt ein. Ergänzen Sie Schnittdaten (F und S) und M-Funktion (z. B. M3 oder M13).

Schließen Sie die Eingabe von Werten (Darstellung schwarz auf gelb) immer mit **↵** ab!

Der Cursor springt dann ins nächste Feld. Dieses Vorgehen ist zwar in der Windows-Welt unüblich (dort verwendet man eher **Tab** oder greift ständig zur Maus), an Steuerungen ist es aber die Regel.



Grundbildung  
N1 G54  
N2 T3 F480 S1300 M13

Wenn Sie in einem Dialog alle Eingaben gemacht haben, übernehmen Sie den ganzen Satz mit **F10**!


(Im Drehen steht im Programmkopf noch der Befehle G92 S3000 (Drehzahlbegrenzung). Der Werkzeugaufruf erfolgt i.d.R. in Verbindung mit G96 (konst. Schnittgeschwindigkeit, bei Drehmeißeln) bzw. G97 (konstante Drehzahl, beim Bohren oder Gewindedrehen.)

Nach diesem Schema können Sie nun das ganze Programm „runterschreiben“. Aber natürlich macht man mal Eingabefehler, und natürlich möchte man sein Programm zwischendurch und am Schluss auch simulieren. Darum hier alle Funktionen des Editors im Überblick:



<b>F1 Erstellen</b>	Schon behandelt, öffnet den Eingabedialog für einen neuen NC-Satz. Die Alternative <b>↵</b> ist aber vielleicht „intuitiver“ anzuwenden.
<b>F2 Ändern</b>	Öffnet den Eingabedialog des markierten NC-Satzes, um diesen zu ändern. Alternativ kann man aber auch per Maus direkt in den Eingabedialog klicken.
<b>F3 Löschen</b>	Löscht den markierten NC-Satz. (Weil es keine „Rückgängig“-Funktion gibt, quittiert man vor dem Löschen noch eine Abfrage 'Wollen Sie wirklich ... ?' mit <b>F10</b> .)
<b>F4 Öffnen</b>	Ermöglicht das Öffnen eines Unterprogramms direkt aus dem Hauptprogramm heraus (im 'DIN-Simulator' nicht enthalten). Vgl. auch <b>F7 Editor!</b>
<b>F5 Kommentar</b>	Ermöglicht das Einfügen eines Kommentars am Ende des markierten NC-Satzes (Kommentare als eigenständige Programmzeile lassen sich über den "normalen" Eingabedialog anlegen).

**F7 Editor**

Umschalten zwischen dem „dialoggeführten“ Editor und einem „freien“ Texteditor (ähnlich dem  von Windows). Im „freien“ Editor stehen auch solche Funktionen wie Suchen/Ersetzen und Kopieren/Einfügen zur Verfügung.

Über **F4 Öffnen** kann man eine weitere Datei öffnen, um von diesem Programmzeilen zu kopieren. Auch aus der Windows-Zwischenablage kann man Zeilen übernehmen.

Beachten Sie aber, dass in der Schülerversion ein Programm max. 30 Zeilen lang sein darf! Außerdem kann ein Programm nur im dialoggeführten Modus simuliert werden!

**F9 Simulation**

Es stehen eine 2D-Simulation (mit Lupe, Einzelsatzvorschau, 3D-Standbild, ...) und eine 3D-Simulation (wahlweise mit oder ohne Maschinendarstellung) zur Verfügung. Siehe das nachfolgende Kapitel.

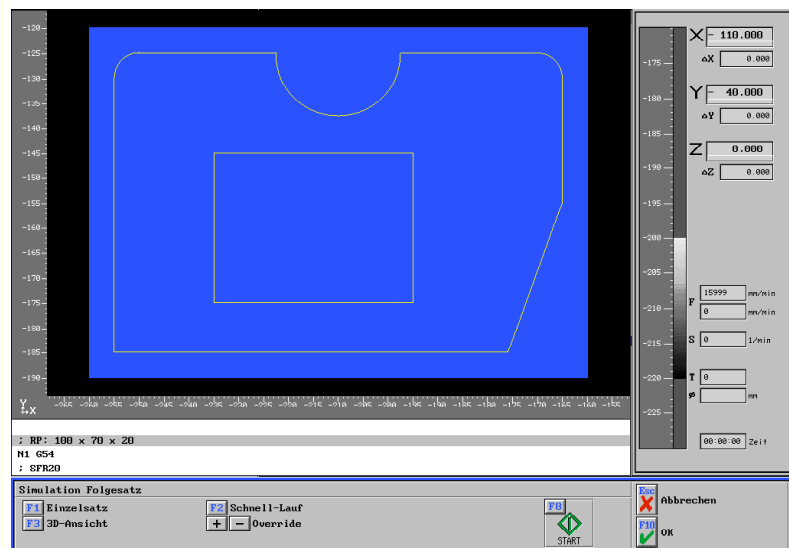
## Simulation

```

Grundbildung
; RP: 100 x 70 x 20
N1 G54
; SFR20
N2 T3 F480 S1300 M13
N3 G0 X-5 Y-10 Z1
N4 G0 Z-5
N5 G41
N6 X5 Y5
N7 G1 Y65 RNS
N8 G1 X37.5
N9 G3 X62.5 Y65 R12.5
N10 G1 X95 RNS
N11 G1 Y35
N12 G1 Y5 AS-110
N13 G1 X5
N14 G40
N15 G1 X-5 Y-10
N16 G0 Z100 M9
; LFR10
N17 T8 F200 S2000 M13
N18 G72 Z1-10 LP40 BP30 D3.4 U1
N19 G79 X45 Y30 Z0
N20 G0 Z100 M9
; SPB08
N21 T10 F200 S1200 M13
N22 G82 ZA-23 D7 U1
N23 G76 X15 Y20 Z0 AS90 D20 O2
N24 G76 X75 Y20 Z0 AS90 D20 O2
N25 G0 Z100 M9
N26 M30
  
```


Sie haben Ihr Programm (oder einen Programmabschnitt) fertig geschrieben und möchten es nun simulieren.

Schauen Sie sich zunächst die 2D-Simulation an:

**F9 Simulation > F1 2D-Simulation**

Das Werkstück ist in der Draufsicht zu sehen. Rechts gibt es eine symbolische Tiefen-Darstellung. Konturen, die mit Radiuskorrektur programmiert wurden und Ränder von Taschen- bzw. Nutzyklen sind als gelbe Linien dargestellt. Mit **F8 START** starten Sie die Simulation (und mit **F8 STOP** lässt sich dann die laufende Simulation anhalten). Man kann mit **F1** zwischen Folgesatz und Einzelsatz umschalten und mit **+ -** die Simulationsgeschwindigkeit beeinflussen.

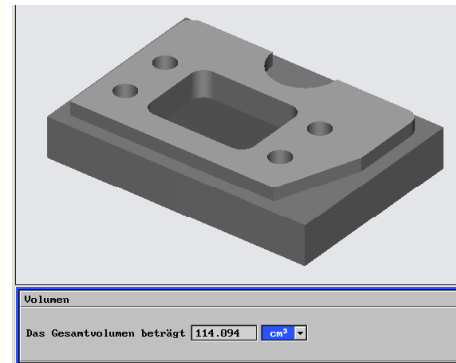


Mit **F11** oder Klick auf  in der Kopfzeile oder Rechtsklick in der Grafik („Viele Wege führen nach Rom!“) rufen Sie die 'Zusatzfunktionen' mit den drei Lupenfunktionen **F1 Lupe**, **F2 Gesamt** und **F3 Arbeitsraum** auf.

Die Messfunktionen **F5** bis **F7** stehen in der Schülerversion nicht zur Verfügung.

Bei angehaltener Simulation kann man mit **F3 3D-Ansicht** ein Standbild des aktuellen Fertigungszustandes aufrufen. In dieser 3D-Ansicht kann man sich auch das **F5 Volumen** und die **F6 Masse** des Werkstücks anzeigen lassen.

Die Darstellung des Werkstücks lässt sich bei gedrückter *linken* Maustaste in der *Perspektive verändern*, bei gedrückter *rechter* Maustaste (und mit dem Scrollrad) kann man *zoomen*. Drückt man *beide* Maustasten gleichzeitig, lässt sich die *Position* des Werkstücks verändern.



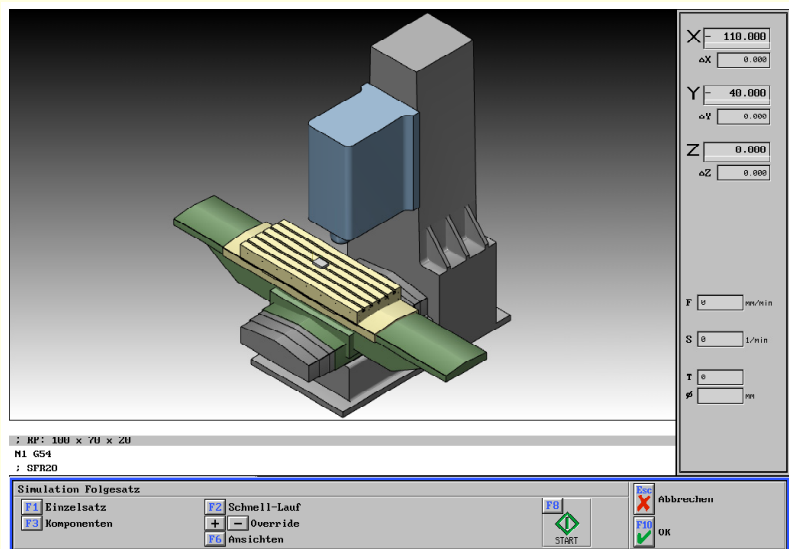
Mit **Esc X Abbrechen** verlassen Sie die 3D-Ansicht, mit **Esc X** oder **F10 OK** die Simulation.

Wählen Sie alternativ die 3D-Simulation: **F9 Simulation** > **F2 3D-Simulation**

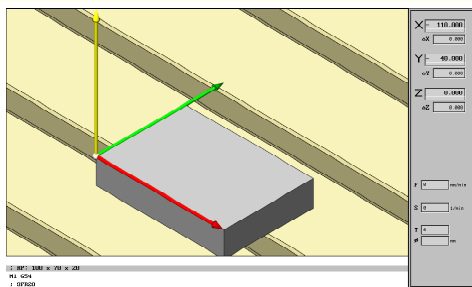
Die Handhabung mit **START / STOP**, **Einzelsatz / Folgesatz** etc. funktioniert genauso wie bei der 2D-Simulation.

Und wie in der 3D-Ansicht kann man sich mit den Maustasten „ran-zoomen“ und die Perspektive ändern.

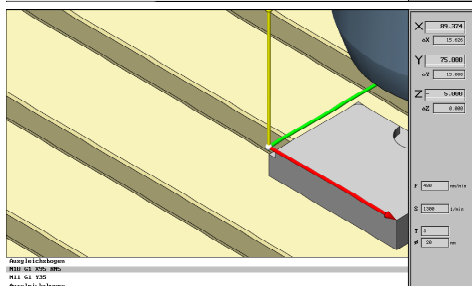
Über **F6 Ansicht** > **F6 Speichern** > ... lassen sich sechs Perspektiven speichern (und später leicht wieder aufrufen).



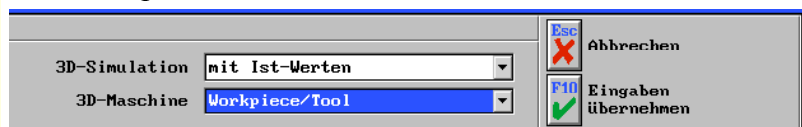
Eine Sonderstellung hat dabei die Ansicht 'Maschine'. Dies ist die Standardansicht, die automatisch beim Start der 3D-Simulation aktiv ist!



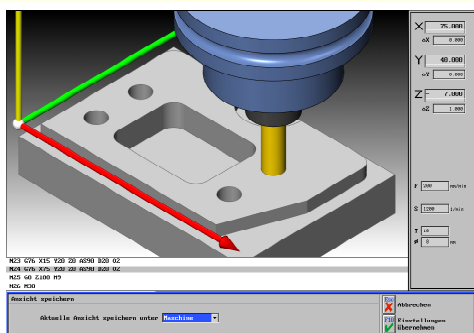
Wenn man allerdings das Werkstück vor dem Start der Simulation in eine „schöne“ Lage rückt (Bild links oben), wird man, sobald die Simulation startet, feststellen, dass das Werkstück seitlich aus dem Blickfeld verschwindet (Bild links unten). Das liegt eben an der Kreuztisch-Bauweise der Maschine!



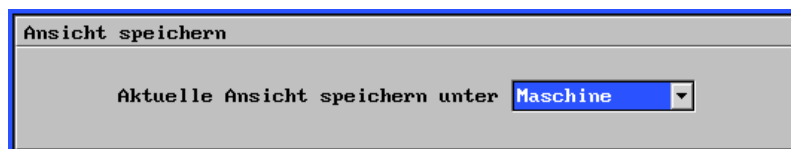
Deshalb dürfte es in der Frässoftware praktischer sein, vor dem (nächsten) Start der 3D-Simulation die **F3 Voreinstellungen** aufzurufen und dort im Feld '3D-Maschine' auf 'Workpiece/Tool' umzuschalten:







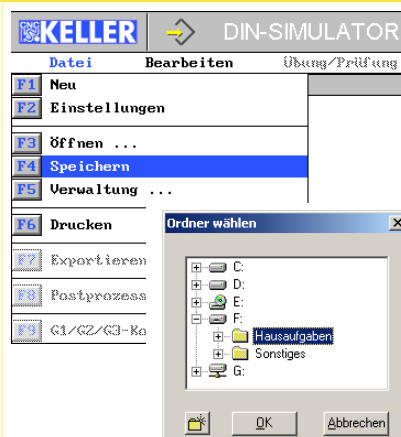
Anschließend kann man sich das Werkstück noch einmal bildschirmfüllend „ranzoomen“ und dann erneut die Ansicht als Standardansicht ‚Maschine‘ speichern.



## Programm speichern, drucken, ...

Wenn Sie die Simulation verlassen haben, kommen Sie mit **F10 Zurück zum Hauptmenü**. Der Cursor steht dann oben auf **F2 Bearbeiten**. Weiter geht's mit **F1 Datei** > **F4 Speichern**.

In der Schülerversion sind ein paar Ordner zum Speichern von NC-Programmen vorgegeben. Da die Betriebsart 'Einrichten' fehlt, kann man in der Software keine zusätzlichen Ordner anlegen. Allerdings besteht die Möglichkeit, über **F1 Anderen Ordner wählen** > **F1 Durchsuchen ...** auch auf alle übrigen Ordner zuzugreifen und ein Programm (Hausaufgabe!?) z. B. auf USB-Stick zu speichern.



Wenn Sie einen Ausdruck des Programms haben möchten: **F6 Drucken ! ...**

(Wenn Sie dagegen die Simulationsgrafik oder die 3D-Ansicht drucken möchten, dann geht das über die 'Zusatzfunktionen' (🖨️) in dem Moment, wo Sie die Grafik auf dem Bildschirm haben.)

**F5 Verwaltung ...** bietet Möglichkeiten zum Verschieben, Kopieren, Löschen von Programmen.

Das Exportieren von Programmen (z.B. via Postprozessor in das Datenformat einer Steuerung) ist in der Schülerversion nicht freigeschaltet. Gleiches gilt für das Importieren einer G1/G2/G3-Kontur (vgl. die gleichnamige Betriebsart in der Vollversion).

Unter **F2 Einstellungen** können Sie nachträglich die Rohteilmaße ändern und ein anderes Magazin wählen (vgl. den Abschnitt „Anlegen eines neuen NC-Programms“).

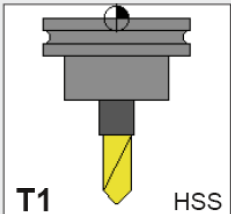
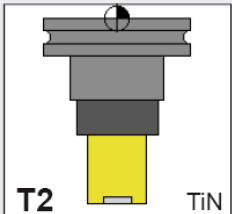
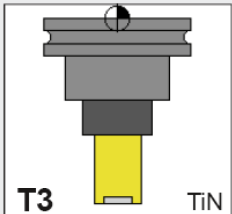
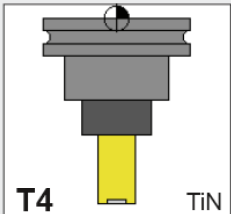
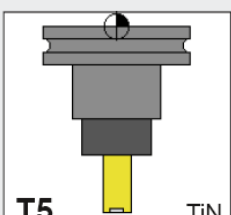
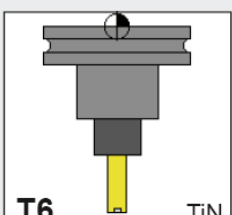
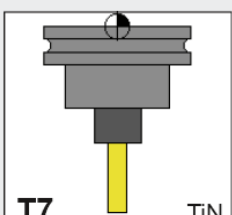
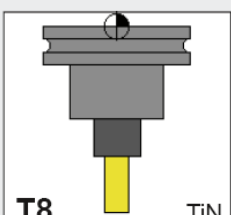
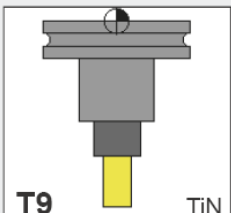
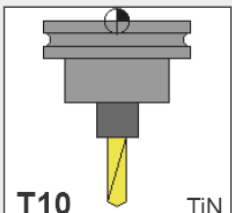
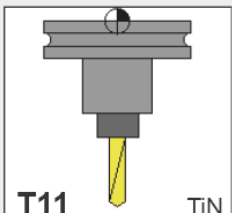
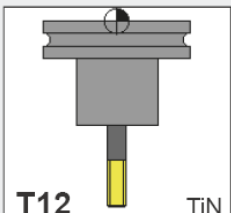
Als Anhang finden Sie eine Liste mit den Standardwerkzeugen von SYMplus, die auch in den Beispielen der beiden Arbeitshefte (Fräsen bzw. Drehen) verwendet werden. Außerdem finden Sie dort eine Übersicht der Befehle sowie je drei Übungsaufgaben fürs Fräsen und fürs Drehen.

Weitere Aufgaben sind den SYMplus-Arbeitsheften zu entnehmen, die bei KELLER zum Einzelpreis von 20 Euro und zum Klassensatz-Preis (ab 20 Stk.) von 10 Euro zu beziehen sind (Nettopreise zzgl. Mehrwertsteuer und Versand).


05.04.2011 R. & S. KELLER GmbH

## Beispielwerkzeuge und Schnittdaten - Fräsen

In allen Übungen im SYMplus-Arbeitsheft wird mit den ersten 12 Werkzeugen aus dem Magazin PRO-60 gearbeitet. Die angegebenen Schnittdaten sind Beispielwerte (ohne Gewähr!), sie beziehen sich auf den Werkstoff S235JRG2C+C.

 <p><b>T1</b> HSS</p> <p>Werkzeug-Nr. T1 Werkzeug-Name <b>NCA12</b> Werkzeug-Ø 12 mm Querschneiden-Ø 1 mm Spitzenwinkel 90° Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.08 mm Schnittgeschw. 30 m/min Vorschubgeschw. 120 mm/min</p>	 <p><b>T2</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T2 Werkzeug-Name <b>SFR25</b> Werkzeug-Ø 25 mm Anzahl der Schneiden 6 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.08 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 480 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 10 mm</p>	 <p><b>T3</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T3 Werkzeug-Name <b>SFR20</b> Werkzeug-Ø 20 mm Anzahl der Schneiden 5 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.08 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 480 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 5 mm</p>	 <p><b>T4</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T4 Werkzeug-Name <b>SFR16</b> Werkzeug-Ø 16 mm Anzahl der Schneiden 5 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.06 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 480 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 5 mm</p>
 <p><b>T5</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T5 Werkzeug-Name <b>SFR12</b> Werkzeug-Ø 12 mm Anzahl der Schneiden 4 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.04 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 340 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 5 mm</p>	 <p><b>T6</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T6 Werkzeug-Name <b>SFR08</b> Werkzeug-Ø 8 mm Anzahl der Schneiden 4 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.04 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 380 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 5 mm</p>	 <p><b>T7</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T7 Werkzeug-Name <b>LFR08</b> Werkzeug-Ø 8 mm Anzahl der Schneiden 2 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.03 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 200 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 5 mm</p>	 <p><b>T8</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T8 Werkzeug-Name <b>LFR10</b> Werkzeug-Ø 10 mm Anzahl der Schneiden 2 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.04 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 200 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 5 mm</p>
 <p><b>T9</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T9 Werkzeug-Name <b>LFR12</b> Werkzeug-Ø 12 mm Anzahl der Schneiden 2 Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.06 mm Schnittgeschw. 80 m/min Vorschubgeschw. 250 mm/min</p> <p>Schnitttiefe <math>a_p</math>=max. 2 mm</p>	 <p><b>T10</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T10 Werkzeug-Name <b>SPB08</b> Werkzeug-Ø 8 mm Spitzenwinkel 118° Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.08 mm Schnittgeschw. 30 m/min Vorschubgeschw. 200 mm/min</p>	 <p><b>T11</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T11 Werkzeug-Name <b>SPB6.8</b> Werkzeug-Ø 6.8 mm Spitzenwinkel 118° Vorschub/Zahn <math>f_z</math> 0.08 mm Schnittgeschw. 30 m/min Vorschubgeschw. 200 mm/min</p>	 <p><b>T12</b> TiN</p> <p>Werkzeug-Nr. T12 Werkzeug-Name <b>GBO_M8</b> Werkzeug-Ø M8 Schnittgeschw. 10 m/min Steigung 1,25 mm</p>

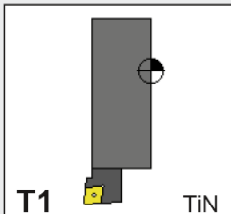
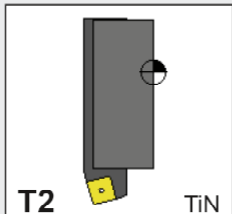
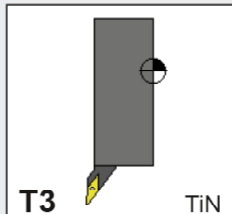
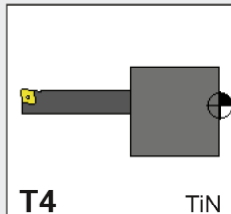
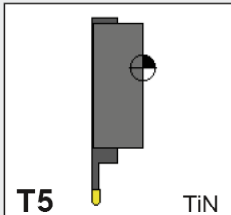
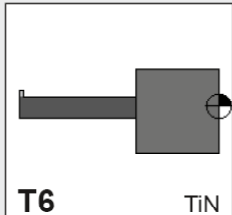
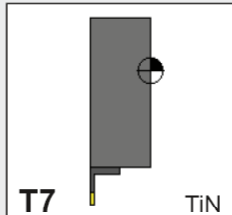
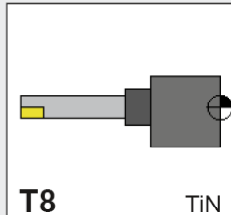
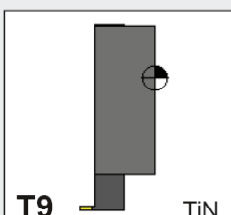
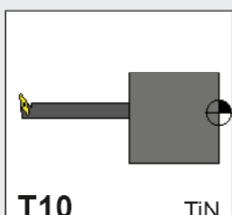
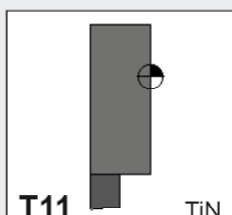
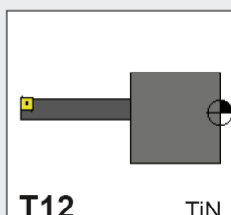
## Befehlsliste „CNC-Grundlagen Fräsen“

Diese Befehle bzw. Dialoge stehen in der Frässoftware zur Verfügung. Die blau gefärbten Adressen sind Pflichtadressen. Sie müssen programmiert werden. In der Software werden diese Felder durch eine blaue Ecke im Eingabefeld gekennzeichnet ().

Dialog	Bedeutung	Adressen/Eingabewerte
	Modale Parameter	X Y Z D AS I J R RN F S M
G0	Verfahren im Eilgang	X Y Z F S M
G1	Linearinterpolation im Arbeitsgang	X Y Z D AS RN F S M
G2	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn	X Y Z I J R RN F S M
G3	Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn	X Y Z I J R RN F S M
G4	Verweildauer	U
G23	Programmteilwiederholung	N N H
G40	Abwahl Fräserradiuskorrektur	–
G41	Fräserradiuskorrektur Links	–
G42	Fräserradiuskorrektur Rechts	–
G53	Nullpunktverschiebungen aufheben	–
G54	1. Nullpunktverschiebung	–
G72	Rechtecktaschenfräszyklus	ZI/ZA LP BP D U RN E F S M
G73	Kreistaschenfräszyklus	ZI/ZA R D U E F S M
G74	Nutenfräszyklus	ZI/ZA LP BP D U E F S M
G76	Zyklusaufruf auf einer Geraden	X Y Z AS D O
G77	Zyklusaufruf auf einem Teilkreis	IA JA Z R AN AI O
G79	Zyklusaufruf mit kart. Koordinaten	X Y Z AR
G81	Bohrzyklus	ZI/ZA U F S M
G82	Tiefbohrzyklus mit Spanbruch	ZI/ZA D U F S M
G84	Gewindebohrzyklus	ZI/ZA F M U S M
G90	Absolute Programmierung	–
G91	Inkrementale Programmierung	–
T	Werkzeugaufruf	T F S M
M	Zusatzfunktionen	M
;	Kommentar	<i>Text</i>

## Beispielwerkzeuge und Schnittdaten - Drehen

In allen Übungen im SYMplus-Arbeitsheft wird mit den Werkzeugen aus dem Magazin PRO-12 gearbeitet. Die angegebenen Schnittdaten sind Beispielwerte (ohne Gewähr!), sie beziehen sich auf den Werkstoff 11SMn30+C. (Der Werkzeugaufruf erfolgt zusammen mit G96 oder G97.)

 <p><b>T1</b> TiN</p>	 <p><b>T2</b> TiN</p>	 <p><b>T3</b> TiN</p>	 <p><b>T4</b> TiN</p>
Werkzeug-Nr. T1 Werkzeug-Name <b>DAL80</b> Plattenwinkel 80° Schneidenradius 0,8 mm  Schnittgeschw. 200 m/min Vorschub 0,3 mm Schnitttiefe $a_p$ =max. 2,5 mm	Werkzeug-Nr. T2 Werkzeug-Name <b>DVA75</b> Plattenwinkel 90° Schneidenradius 1,2 mm  Schnittgeschw. 200 m/min Vorschub 0,4 mm Schnitttiefe $a_p$ =max. 5 mm	Werkzeug-Nr. T3 Werkzeug-Name <b>DAL35</b> Plattenwinkel 35° Schneidenradius 0,4 mm Schnittgeschw. 180 m/min Vorschub 0,15 mm Eintauchvorschub 0,1 mm Schnitttiefe $a_p$ =max. 1,5 mm  Schlicht-Schnittg. 240 m/min Schlichtvorschub 0,1 mm	Werkzeug-Nr. T4 Werkzeug-Name <b>DIL80</b> Plattenwinkel 80° Schneidenradius 0,8 mm  Schnittgeschw. 180 m/min Vorschub 0,2 mm Schnitttiefe $a_p$ =max. 1,5 mm
 <p><b>T5</b> TiN</p>	 <p><b>T6</b> TiN</p>	 <p><b>T7</b> TiN</p>	 <p><b>T8</b> TiN</p>
Werkzeug-Nr. T5 Werkzeug-Name <b>SAL3R</b> Schneidenbreite 6 mm Schneidenradius 3 mm  Schnittgeschw. 180 m/min Vorschub 0,12 mm	Werkzeug-Nr. T6 Werkzeug-Name <b>SIR3</b> Schneidenbreite 3 mm Schneidenradius 0,1 mm  Schnittgeschw. 100 m/min Vorschub 0,1 mm	Werkzeug-Nr. T7 Werkzeug-Name <b>SIL3</b> Schneidenbreite 3 mm Schneidenradius 0,1 mm  Schnittgeschw. 100 m/min Vorschub 0,1 mm	Werkzeug-Nr. T8 Werkzeug-Name <b>VBO20</b> Werkzeug-Ø 20 mm Max. Bohrtiefe 60 mm  Drehzahl 1500 1/min Vorschub 0,1 mm
 <p><b>T9</b> TiN</p>	 <p><b>T10</b> TiN</p>	 <p><b>T11</b> TiN</p>	 <p><b>T12</b> TiN</p>
Werkzeug-Nr. T9 Werkzeug-Name <b>SAR3_P</b> Schneidenbreite 3 mm Schneidenradius 0,1 mm  Schnittgeschw. 100 m/min Vorschub 0,1 mm	Werkzeug-Nr. T10 Werkzeug-Name <b>DIL35</b> Plattenwinkel 35° Schneidenradius 0,4 mm Schnittgeschw. 180 m/min Vorschub 0,1 mm Eintauchvorschub 0,1 mm Schnitttiefe $a_p$ =max. 1,5 mm  Schlicht-Schnittg. 240 m/min Schlichtvorschub 0,1 mm	Werkzeug-Nr. T11 Werkzeug-Name <b>GAR_1.5</b> Flankenwinkel 60° Gewindetiefe 0,92 mm  Schnittgeschw. 120 m/min Steigung 1,5 mm Anzahl Schruppschnitte 8	Werkzeug-Nr. T12 Werkzeug-Name <b>GIL_1.5</b> Flankenwinkel 60° Gewindetiefe 0,92 mm  Schnittgeschw. 120 m/min Steigung 1,5 mm Anzahl Schruppschnitte 8

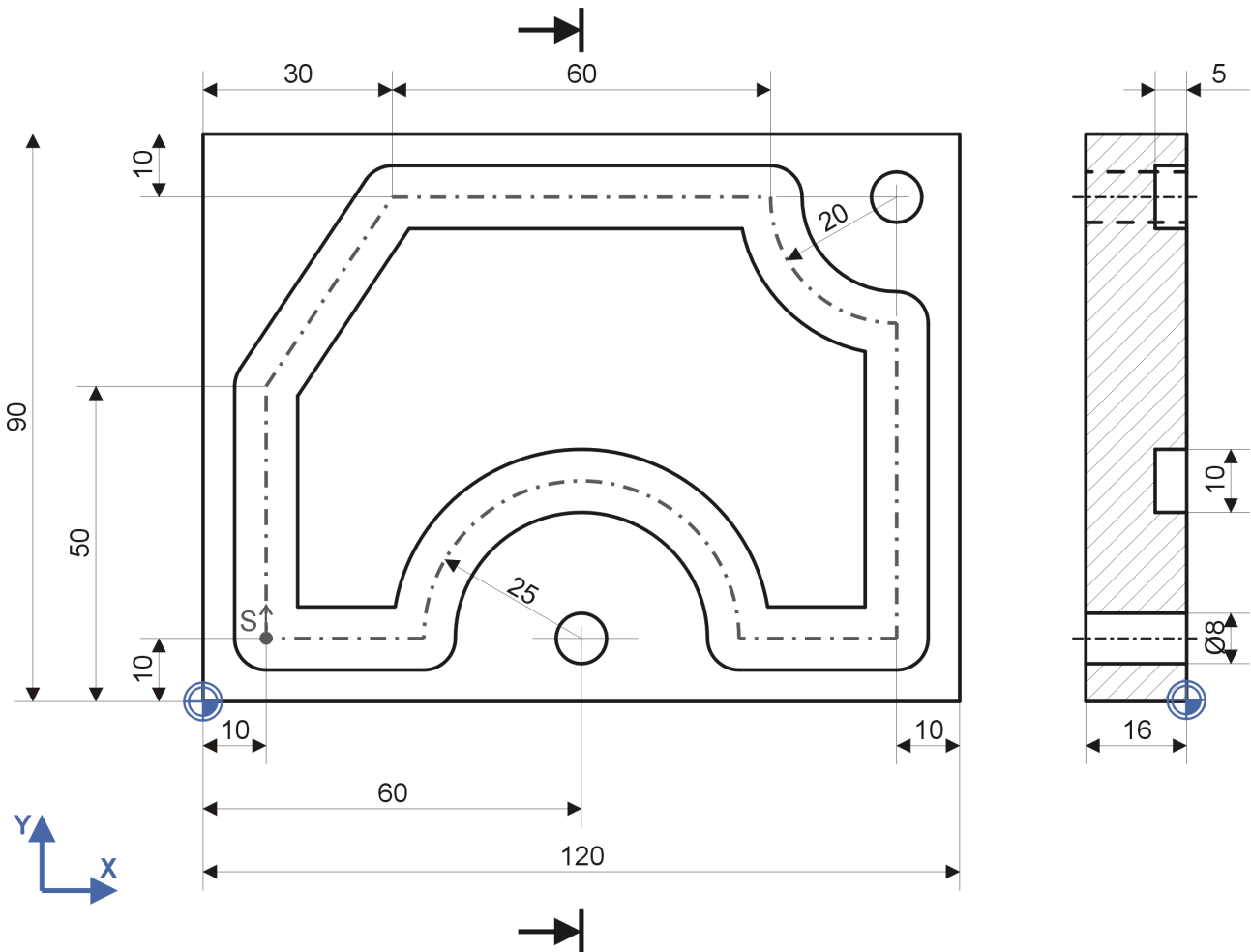
## Befehlsliste „CNC-Grundlagen Drehen“

Diese Befehle bzw. Dialoge stehen in der Drehsoftware zur Verfügung. Die blau gefärbten Adressen sind Pflichtadressen. Sie müssen programmiert werden. In der Software werden diese Felder durch eine blaue Ecke im Eingabefeld gekennzeichnet ()

Dialog	Bedeutung	Adressen/Eingabewerte
	Modale Parameter	X Z D AS I K R RN F S M
G0	Verfahren im Eilgang	X Z F S M
G1	Linearinterpolation im Arbeitsgang	X Z D AS RN F S M
G2	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn	X Z I K R RN F S M
G3	Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn	X Z I K R RN F S M
G4	Verweildauer	U
G23	Programmteilwiederholung	N N H
G31	Gewindezyklus	X Z F D Q S M
G32	Gewindebohrzyklus	Z F S M
G33	Gewindestrehlgang	X Z F S M
G40	Abwahl Schneidenradiuskorrektur	-
G41	Schneidenradiuskorrektur Links	-
G42	Schneidenradiuskorrektur Rechts	-
G53	Nullpunktverschiebungen aufheben	-
G54	1. Nullpunktverschiebung	-
G80	Ende Konturbeschreibung	XA ZA
G81	Längsschruppsyklus	D AX AZ E F S M
G84	Bohrzyklus	ZI D R F S M
G85	Freistichzyklus	X Z I K E F S M
G86	Radialer Stechzyklus	X Z ET EB RO RU F S M
G90	Absolute Programmierung	-
G91	Inkrementale Programmierung	-
G92	Drehzahlbegrenzung	S
G96	Konstante Schnittgeschw. und Werkzeugaufruf	S F T M
G97	Konstante Drehzahl und Werkzeugaufruf	S F T M
M	Zusatzfunktionen	M
;	Kommentar	<i>Text</i>

## Übung 1 - Fräsen

Schreiben Sie das NC-Programm zu dieser Zeichnung. Verwenden Sie die Werkzeuge und Schnitt-  
daten des Beispielmagazins von Seite 10 und die Befehlsliste von Seite 11.



### ARBEITSPLAN

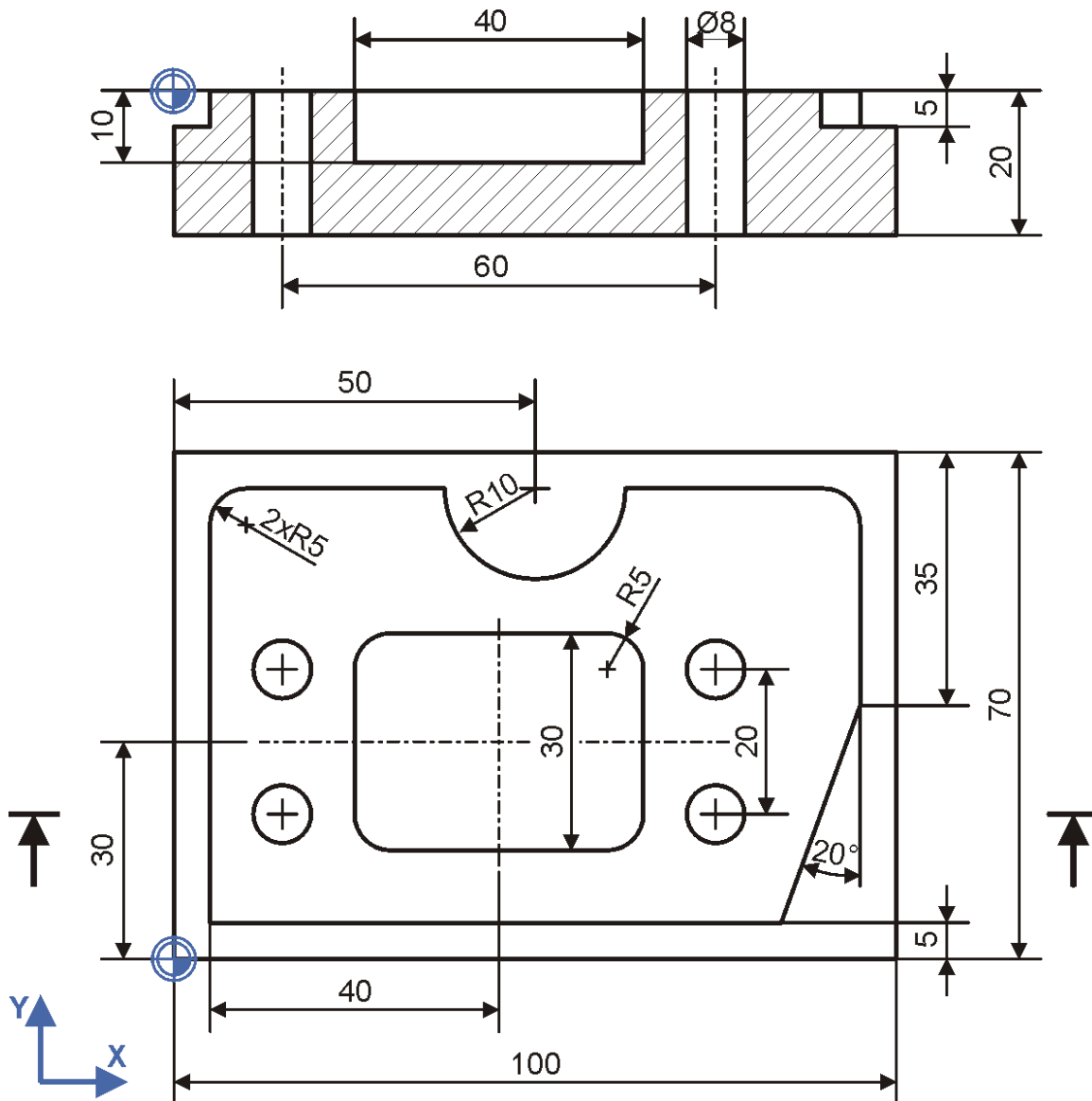
Bearbeitung	Werkzeug		T-Nr.
Fräsen der Nut	Langlochfräser Ø10	LFR10	T8
Bohrungen zentrieren	NC-Anbohrer 90°	NCA12	T1
Bohrungen durchbohren	Spiralbohrer Ø8	SPB08	T10

### NC-Programm zur Übung 1 - Fräsen

; RP: 120 x 90 x 16		Kommentarzeile mit Rohteilmaßen
N1		Nullpunktverschiebung
; SFR20		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
N2		Werkzeugaufruf und Schnittdaten
N3		Startpunkt S auf Sicherheitsabstand anfahren
N4		Auf Fräsebene zustellen
N5		Senkrechte Strecke (Y-Richtung)
N6		Schräge Strecke
N7		Waagerechte Strecke (X-Richtung)
N8		Viertelkreis gegen den Uhrzeigersinn
N9		Senkrechte Strecke
N10		Waagerechte Strecke
N11		Halbkreis gegen den Uhrzeigersinn
N12		Waagerechte Strecke
N13		Im Eilgang auf Z100 und Kühlmittel aus
; NCA12		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
N14		Werkzeugaufruf und Schnittdaten
N15		Bohrzyklus
N16		Zyklusaufruf an Position 1
N17		Zyklusaufruf an Position 2
N18		Im Eilgang auf Z100 und Kühlmittel aus
; SPB08		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
N19		Werkzeugaufruf und Schnittdaten
N20		Tiefbohrzyklus mit Spanbruch
N21		Programmteilwiederholung der Bohrpositionen
N22		Im Eilgang auf Y150 Z100 und Kühlmittel aus
N23		Programm-Ende

## Übung 2 - Fräsen

Schreiben Sie das NC-Programm zu dieser Zeichnung. Verwenden Sie die Werkzeuge und Schnittdaten des Beispielmagazins von Seite 10 und die Befehlsliste von Seite 11.



### ARBEITSPLAN

Bearbeitung	Werkzeug		T-Nr.
Fräsen der Außenkontur	Schaftfräser Ø20	SFR20	T3
Rechtecktaschenfräszyklus	Langlochfräser Ø10	LFR10	T8
2 Bohrstrecken	Spiralbohrer Ø8	SPB08	T10

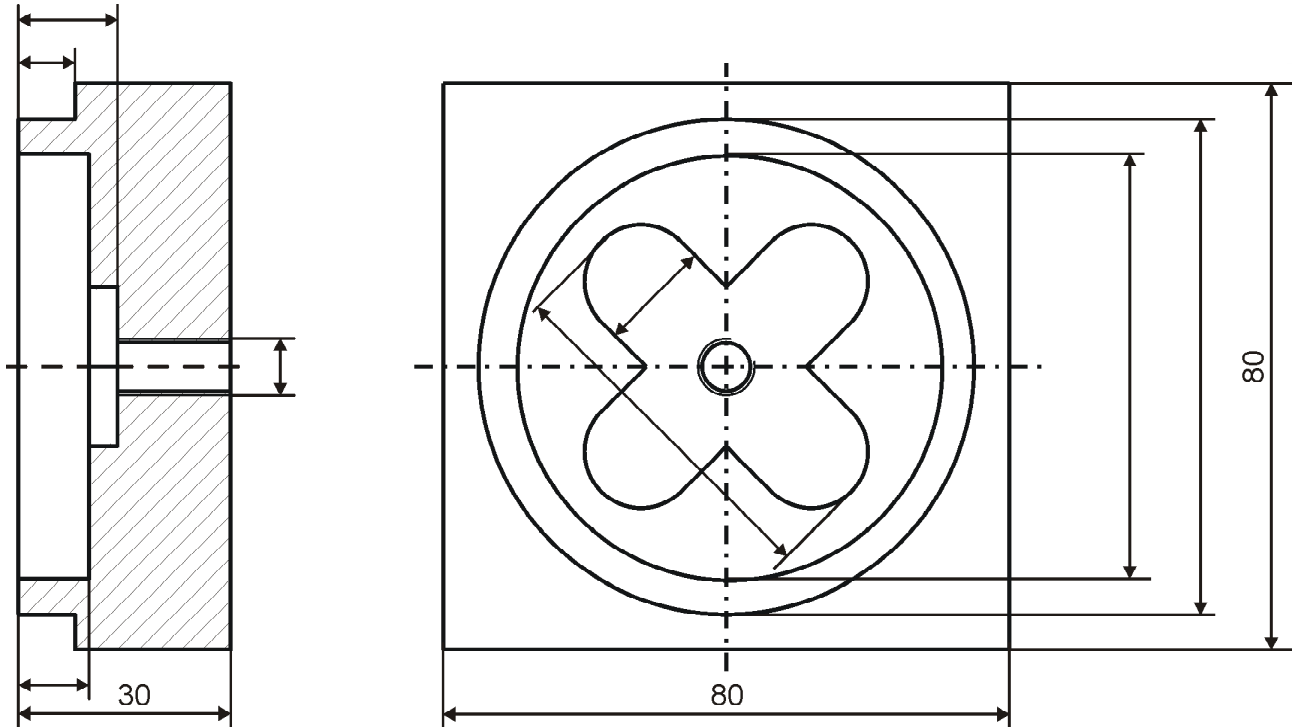


### NC-Programm zur Übung 2 - Fräsen

<code>; RP: 100 x 70 x 20</code>	Kommentarzeile mit Rohteilmaßen
<code>N1</code>	Nullpunktverschiebung
<code>; SFR20</code>	Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<code>N2</code>	Werkzeugaufruf und Schnittdaten
<code>N3</code>	Startpunkt außerhalb des Werkstücks anfahren
<code>N4</code>	Auf Fräsebene zustellen
<code>N5</code>	Fräserradiuskorrektur Links einschalten
<code>N6</code>	Startpunkt der Kontur anfahren
<code>N7</code>	Senkrechte Strecke mit Verrundung
<code>N8</code>	Waagerechte Strecke
<code>N9</code>	Halbkreis gegen den Uhrzeigersinn
<code>N10</code>	Waagerechte Strecke mit Verrundung
<code>N11</code>	Senkrechte Strecke
<code>N12</code>	Schräge Strecke
<code>N13</code>	Waagerechte Strecke zurück zum Startpunkt
<code>N14</code>	Fräserradiuskorrektur ausschalten
<code>N15</code>	Werkzeug freifahren
<code>N16</code>	Im Eilgang auf Z100 und Kühlmittel aus
<code>; LFR10</code>	Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<code>N17</code>	Werkzeugaufruf und Schnittdaten
<code>N18</code>	Rechtecktaschenfräszyklus
<code>N19</code>	Zyklusaufruf
<code>N20</code>	Im Eilgang auf Z100 und Kühlmittel aus
<code>; SPB08</code>	Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<code>N21</code>	Werkzeugaufruf und Schnittdaten
<code>N22</code>	Tiefbohrzyklus mit Spanbruch
<code>N23</code>	Zyklusaufruf auf einer Geraden
<code>N24</code>	Zyklusaufruf auf einer Geraden
<code>N25</code>	Im Eilgang auf Z100 und Kühlmittel aus
<code>N26</code>	Programm-Ende

### Übung 3 - Fräsen

Jetzt einmal umgekehrt: Unten sehen Sie das NC-Programm zur Zeichnung. Studieren Sie das NC-Programm und bemaßen Sie die Zeichnung entsprechend!





#### NC-Programm zur Übung 3 - Fräsen

N1	G54	N14	G79 X0 Y0 Z0
	; SFR25 (Schافتfräser Ø25)	N15	G74 ZI-4 LP50 BP16 D2 V2 E125
N2	T2 F480 S1020 M13	N16	G79 X-12.021 Y-12.021 Z-10 AR45
N3	G0 X0 Y-55 Z2	N17	G79 X-12.021 Y12.021 Z-10 AR-45
N4	G0 Z-8	N18	G0 Z100 M9
N5	G41		; SPB6.8 (Spiralbohrer Ø6.8)
N6	G1 X20	N19	T11 F200 S1400 M13
N7	G3 X0 Y-35 R20	N20	G82 ZA-33 D7 V2
N8	G2 I0 J35	N21	G79 X0 Y0 Z-10
N9	G3 X-20 Y-55 R20	N22	G0 Z100 M9
N10	G40		; GB0_M8 (Gewindebohrer M8)
N11	G0 Z100 M9	N23	T12 S400
	; LFR12 (Langlochfräser Ø12)	N24	G84 ZA-33 F1.25 M3 V2.5 M8
N12	T9 F250 S2120 M13	N25	G79 X0 Y0 Z-10
N13	G73 ZI-10 R30.008 D2 V2 E125	N26	G0 Z100 M30

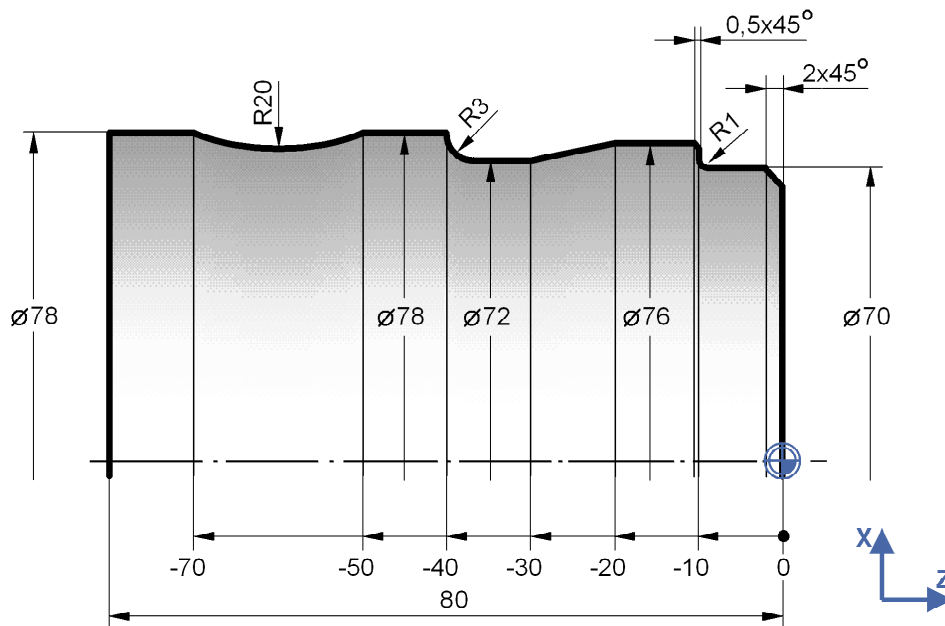
Decken Sie anschließend das NC-Programm ab und schreiben es dann nach der Zeichnung nochmal selbst! – Würde bei der Verwendung eines Schaftfräasers mit Ø20 Restmaterial an den Ecken stehen bleiben? Testen Sie es anhand der Simulation und/oder berechnen Sie's!

## Übung 1 - Drehen

Ergänzen Sie das NC-Programm zu dieser Zeichnung (Rohteilmaße  $\varnothing 80$ , Länge  $100 + 1$ ).

Programmieren Sie zunächst die Fase  $0,5 \times 45^\circ$  mit G1 und die Verrundung R1 mit G2. Ändern Sie das Programm nachträglich unter Verwendung der Adresse RN (Verrundung/Fase, siehe Hilfe ,  Bild 4/4 im G1-Satz). Das Programm wird dadurch um 2 Sätze kürzer. Programmieren Sie die beiden Bögen R3 und R20 einmal mit I/K und einmal mit R.

Verlassen Sie die Kontur bei X78/Z-80 mit einem G1-Satz auf X82. Programmieren Sie dann einen Eilgangsatz zum Werkzeugwechsellpunkt bei X150/Z150.

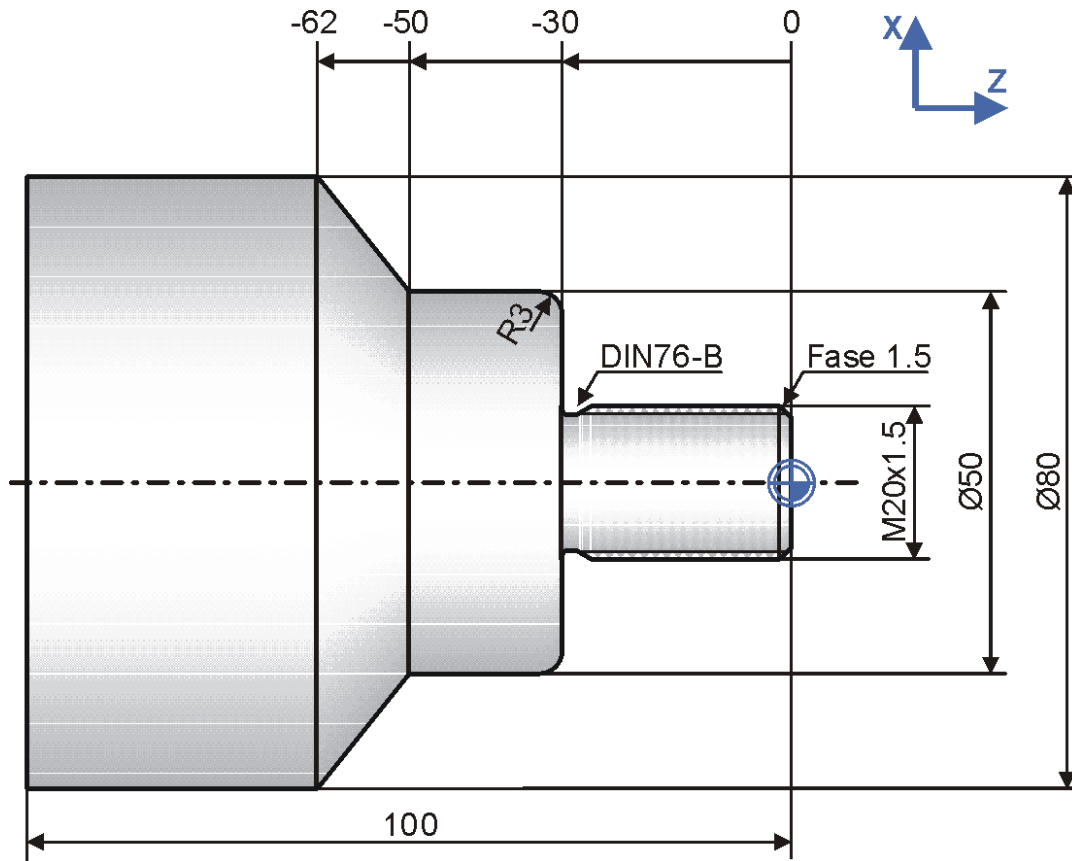


### NC-Programm zur Übung 1 - Drehen

<code>; RP: D80 L100 +1</code>	Kommentarzeile mit Rohteilmaßen
<code>N1 G54</code>	Nullpunktverschiebung
<code>N2 G92 S3000</code>	Drehzahlbegrenzung auf $3000 \text{ min}^{-1}$
<code>; DAL35 (Drehmeißel Außen Links 35°)</code>	Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<code>N3 G96 S180 F0.15 T3 M4</code>	Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<code>N4 G0 X82 Z0</code>	Startpunkt für das Plandrehen anfahren
<code>N5 G1 X-1.6</code>	Plandrehen (Schneidenradius bedenken!)
<code>N6 G0 Z1</code>	Wegfahren von der Planfläche
<code>N7 G0 X64</code>	Im Eilgang auf Startpunkt vor der Fase $2 \times 45^\circ$
<code>N8 G42</code>	Schneidenradiuskorrektur einschalten
<code>N9 G1 X66 Z0</code>	Im Vorschub Startpunkt der Fase anfahren
<code>N10 G1 X70 Z-2</code>	Fase $2 \times 45^\circ$
<code>N11 ...</code>	...

## Übung 2 - Drehen



Schreiben Sie das NC-Programm zu dieser Zeichnung. Verwenden Sie die Werkzeuge und Schnitt-daten des Beispielmagazins von Seite 12 und die Befehlsliste von Seite 13.



### ARBEITSPLAN

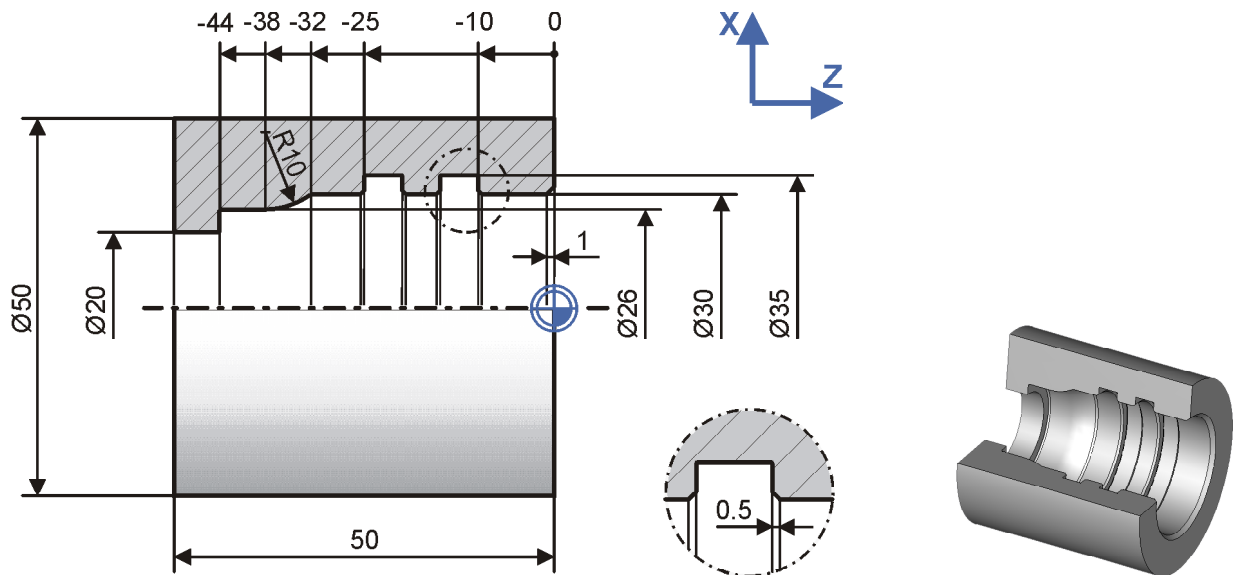
Bearbeitung	Werkzeug		T-Nr.
Plandrehen	Außen-Drehmeißel 80°	DAL80	T1
Kontur längsdrehen			
Schlichten	Außen-Drehmeißel 35°	DAL35	T3
Gewindedrehen M20x1.5	Gewindemeißel (rechts)	GAR_1.5	T11

### NC-Programm zur Übung 2 - Drehen

<b>; RP: D80 L100 +1</b>		Kommentarzeile mit Rohteilmaßen
<b>N1</b>		Nullpunktverschiebung
<b>N2</b>		Drehzahlbegrenzung auf 3000 min <sup>-1</sup>
<b>; DAL80</b>		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<b>N3</b>		Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<b>N4</b>		Startpunkt für das Plandrehen anfahren
<b>N5</b>		Plandrehen (Schneidenradius bedenken!)
<b>N6</b>		Schräg auf Startpunkt für das Längsschruppen
<b>N7</b>		Längsschruppzyklus mit Aufmaß (s. Hilfe  )
<b>N8</b>		Startpunkt der Kontur (mit G1)
<b>N9</b>		Senkrechte Strecke (X-Richtung) mit Fase
<b>N10</b>		Gewindefreistichzyklus (s. Hilfe  )
<b>N11</b>		Senkrechte Strecke mit Verrundung
<b>N12</b>		Waagerechte Strecke
<b>N13</b>		Schräge Strecke
<b>N14</b>		Ende der Konturbeschreibung (mit XA16!)
<b>N15</b>		Im Eilgang auf X150/Z150, Kühlmittel aus
<b>; DAL35</b>		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<b>N16</b>		Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<b>N17</b>		Nahe dem Kontur-Startpunkt positionieren
<b>N18</b>		Schneidenradiuskorrektur Rechts
<b>N19</b>		Programmteilwiederholung der Kontur
<b>N20</b>		Schneidenradiuskorrektur aus
<b>N21</b>		Im Eilgang auf X150/Z150, Kühlmittel aus
<b>; GAR_1.5</b>		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<b>N22</b>		Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<b>N23</b>		Ca. 3xSteigung vorm Gewindestart pos.
<b>N24</b>		Gewindezyklus
<b>N25</b>		Im Eilgang auf X150/Z150, Kühlmittel aus
<b>N26</b>		Programm-Ende

### Übung 3 - Drehen


Schreiben Sie das NC-Programm zu dieser Zeichnung. Verwenden Sie die Werkzeuge und Schnitt-  
daten des Beispielmagazins von Seite 12 und die Befehlsliste von Seite 13.



#### ARBEITSPLAN

Bearbeitung	Werkzeug		T-Nr.
Bohren	Vollbohrer $\varnothing 20$	VBO20	T8
Innen schrappen (ohne Aufm.)	Innendrehmeißel $35^\circ$	DIL35	T10
Einstiche stechen	Innenstechmeißel 3mm	SAR3	6

### NC-Programm zur Übung 3 - Drehen

<b>; RP: D50 L50</b>		Kommentarzeile mit Rohteilmaßen
<b>N1</b>		Nullpunktverschiebung
<b>N2</b>		Drehzahlbegrenzung auf 3000 min <sup>-1</sup>
<b>; B020</b>		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<b>N3</b>		Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<b>N4</b>		Startpunkt für das Bohren, Kühlmittel ein
<b>N5</b>		Durchbohren im Vorschub
<b>N6</b>		Rückzug im Eilgang
<b>N7</b>		Im Eilgang auf X150/Z150, Kühlmittel aus
<b>; DIL35</b>		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<b>N8</b>		Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<b>N9</b>		Startpunkt für das Abspannen (innen) anfahren
<b>N10</b>		Längsschruppzyklus *
<b>N11</b>		Startpunkt an Planfläche (Fase beachten)
<b>N12</b>		Strecke entlang der Planfläche mit Fase
<b>N13</b>		Waagerechte Strecke bis Z-32
<b>N14</b>		Bogen im Uhrzeigersinn
<b>N15</b>		Waagerechte bis Z-44
<b>N16</b>		Senkrechte bis zum Bohrdurchmesser
<b>N17</b>		Ende der Konturbeschreibung
<b>N18</b>		Im Eilgang auf X150/Z150, Kühlmittel aus
<b>; SIR3</b>		Kommentarzeile mit Werkzeugnamen
<b>N19</b>		Werkzeugaufruf, Schnittdaten, Drehrichtung
<b>N20</b>		Vorpositionieren (z.B. bei X28, Z2)
<b>N21</b>		Stechzyklus für den 1. Einstich (s. Hilfe  )
<b>N22</b>		Radialer Stechzyklus für den 2. Einstich
<b>N23</b>		Im Eilgang wieder aus dem Werkstück raus
<b>N24</b>		Im Eilgang auf X150/Z150, Kühlmittel aus
<b>N25</b>		Programm-Ende

\* Auf das Plandrehen und Schlichten wird in dieser Übung verzichtet, weil die Schülerversion nur 30 Programmzeilen erlaubt.