



Neue Rechenfunktionen für ergraute CNC-Oldies

Alte Steuerungen zu mehr Leistung führen

Zahlreiche Unternehmen besitzen noch Maschinen, an denen zwar CNC-Bahnsteuerungen angebaut sind, die jedoch keine Möglichkeit bieten, Winkelfunktionen im CNC-Programm zu verwenden. Vielfach können diese Oldies, wie eben die Philips 432, für anspruchsvolle Aufgaben herangezogen werden, da ein Geometriechner eingebaut ist. Dieser ist jedoch nur schwer handhabbar. Mit etwas Investition in Zeit sind diese Steuerungen schnell in der Lage, mit trigonometrischen Funktionen umzugehen, um so auf einfache Weise anspruchsvolle Werkstücke zu bearbeiten.

Trigonometrische Funktionen, auch Winkelfunktionen genannt, können aus den vier Grundrechenarten leicht selbst programmiert werden. Dazu ist lediglich ein Blick in eine Formelsammlung nötig, um zu ergründen, wie diese Funktionen aufgebaut sind. In einer solchen Formelsammlung wird ersichtlich, dass trigonometrische Funktionen durch sogenannte „Trigonometrische Reihen“ gebildet werden.

Wenn CNC-Steuerungen die trigonometrischen Funktionen beherrschen, können beispielsweise bestimmte Größen am rechtwinkligen Dreieck, wie etwa der Winkel Alpha oder die Länge von An- und Gegen-

kathete, problemlos berechnet werden, was das Programmieren komplizierter Konturen sehr erleichtert und die CNC-Programme stark verkürzt.

Natürlich stellt sich die Frage, welchen Sinn es macht, derartige Überlegungen anzustellen, da Steuerungen im Bedarfsfall von CAM-Systemen gefüttert werden. Wer jedoch als CNC-Programmierer alle Tricks kennt, wird sehr oft darauf verzichten können und kommt dennoch schnell ans Ziel.

Sinnvollerweise werde die Erweiterungsprogramme für Steuerungen ohne Winkelfunktionen als Makros im Unterprogramm Speicher abgelegt. Danach können sie von einem beliebigen

Hauptprogramm angesprochen und verwendet werden.

Mit Makros zum Ziel

Die Handhabung von selbstprogrammierten Funktionen ist immer ähnlich: Die zu berechnenden Werte werden im Parameterspeicher abgelegt und danach die gewünschte Rechenfunktion durch das entsprechende Makro aufgerufen. Auch das Makro verwendet den Parameterspeicher, um Zwischenergebnisse festzuhalten. Nachdem das Makro abgearbeitet

$$\sin X = X - \frac{X^3}{3!} + \frac{X^5}{5!} - \frac{X^7}{7!}$$

Formel zur Sinusberechnung

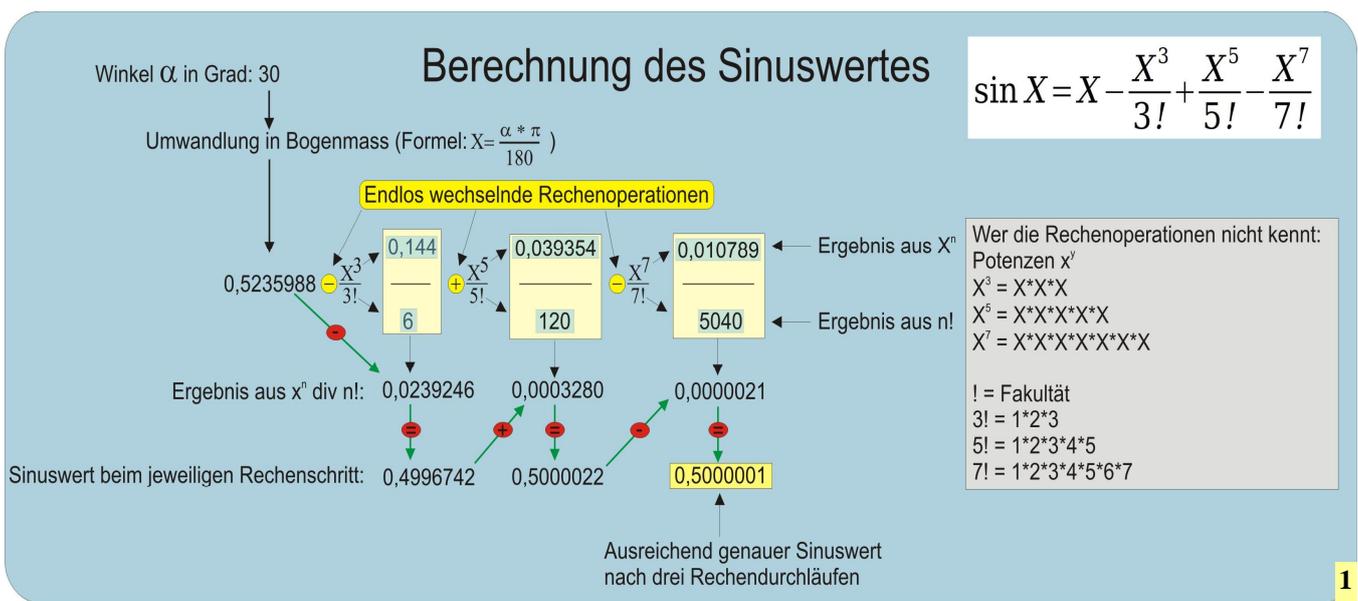
wurde, können wiederum aus dem Parameterspeicher die Ergebniswerte ausgelesen werden.

Der Sinus

Allen Reihen ist gemeinsam, dass die Ergebnisse umso genauer werden, je länger die Reihe ist. Zum Verständnis soll hier das Prinzip vorgestellt wer-

$$X = \frac{\alpha * \Pi}{180}$$

Umrechnung von Grad in Bogenmass



1 Die Berechnung des Sinus eines Winkels kann nach lediglich drei Durchläufen abgebrochen werden, da dann das Ergebnis hinreichend genau ist.

den, damit jeder, der eine höhere Rechengenauigkeit benötigt, ganz einfach das jeweilige Makro ergänzen und ausbauen kann.

Wie an der Formel zur Berechnung des Sinuswertes sichtbar wird, sind die Fakultät und die Potenzfunktion nötig, um den Sinus zu berechnen. Wichtig ist, dass der Winkel des Dreiecks von Grad in Bogenmaß umgerechnet wird, da sonst der Sinus falsch berechnet wird. In der Umwandlungsformel von Grad nach Bogenmaß steht das griechische Zeichen Alpha (α) für den Winkel zwischen Ankathete und Hypotenuse und das Zeichen Pi (π) ist die Abkürzung für den Zahlenwert 3,141592654. Wenn beispielsweise ein Winkel von 30 Grad gegeben ist, dann ist durch Umrechnen in das Bogenmaß der Wert 0.5233333 das Ergebnis.

Dieser Wert ist schon recht nahe am korrekten Sinus, der für einen Winkel von 30 Grad exakt 0.5 beträgt. Durch abwechselndes Subtrahieren und Addieren der Ergebnisse aus der Division von Potenzwert und Fakultät wird das Ergebnis in Sinusform schrittweise verfeinert, bis nach einer endlichen Anzahl von Rechenschritten das Ergebnis für den Zweck hinreichend genau erscheint. In der Regel reichen dafür drei Wiederholungen, wie das Schema in Abbildung 1 zeigt.

Wem die Genauigkeit durch drei Iterationen nicht ausreicht, der kann auf ganz einfache Weise selbst die Formel für den Sinus erweitern. Es



2

Warum Trigonometrie?

Bahnsteuerungen älterer Bauart besitzen, wie etwa die nicht mehr gebaute Philips 432-Steuerung, die Möglichkeit mittels G-Funktionen, komplizierte Konturen zu programmieren. Man dachte, dass etwa ein G64-Befehl dem Facharbeiter mehr entgegenkommt, als trigonometrische Funktionen. Leider wird dadurch die Möglichkeit der Steuerung stark eingeschränkt, da die Winkelfunktionen dort überhaupt nicht vorkommen und daher auch nicht für Berechnungen während der Fertigung verwendet werden können. Zudem sind G64-Befehle alles andere als einfach in der Handhabung. Aus diesem Grund ist es oft sinnvoll, die trigonometrischen Funktionen nachzurüsten, um Programme auch bei komplizierten Konturen kurz und übersichtlich zu halten. Dies haben mittlerweile auch die Steuerungshersteller erkannt und bieten in ihren Steuerungen die Winkelfunktionen nunmehr an.



3

2 Formen, die sich über trigonometrische Funktionen beschreiben lassen, sind ein idealer Anwendungsfall, um mit Sin & Co. programmiert zu werden. Aber auch @-Funktionen sind einsetzbar.

3 CNC-Oldies, wie etwa der nicht mehr gebaute Philips 432-Bahnsteuerung, kann per Makro-Programmen zu neuen Funktions-Höhenflügen verholfen werden. Es ist jedoch auch so schon interessant, sich lediglich damit zu beschäftigen, wie trigonometrische Funktionen programmiert werden.



sind lediglich folgende Merkmale zu beachten, um die Formel fehlerfrei und funktionsfähig zu erweitern:

- Potenz und Faktor müssen für jeden neuen Rechenschritt um die Zahl 2 erhöht werden.

- Die Formel beginnt mit MINUS (X-) und wechselt sich nach jedem Rechenschritt mit PLUS ab.

In Abbildung 3 ist ersichtlich, wie die Erweiterung der Sinusformel zu Erhöhung der Rechengenauigkeit auszusehen hat. Es ist leicht erkennbar, dass der Wechsel von MINUS und PLUS einer Sinusform entspricht und dazu führt, dass das Rechenergebnis schrittweise verfeinert und angenähert wird.

Wer das genannte Prinzip beachtet, kann die Formel endlos verlängern und natürlich die Rechenzeit entsprechend in die Höhe treiben. Es ist sinnvoll, den Rechenaufwand zu begrenzen, da sehr rasch kleinste Werte erreicht werden, die nicht mehr entscheidend zu einer wesentlich höheren Rechengenauigkeit beitragen.

Darüber hinaus kann es sogar passieren, dass man sich vom korrekten Rechenergebnis entfernt, was durch Rundungsfehler sehr schnell passiert. Zudem kann es passieren, dass der Speicher überläuft und SIM_WORK abstürzt. In der Regel sollten jedoch etwa 24 Iterationen kein Problem darstellen. Mehr als 14 Iterationen wer-

den jedoch selten nötig sein, um eine ausreichend hohe Rechengenauigkeit zu erzielen.

Wenn das Ergebnis vorliegt, dann muss dieses natürlich wieder vom Bogenmaß in Grad umgerechnet werden. Man benutze dazu die Formel nach Abbildung 6.

Frisch ans Werk

Damit wäre das Rüstzeug vorhanden,

Wichtige Regeln

Wer mit Unterprogrammen und Parametern arbeitet, sollte sich eine Liste erstellen, in die er einträgt, welche Parameter für was für Funktionen verwendet werden. So kann man beispielsweise festlegen, dass die Parameter E80 bis E95 ausschließlich für die laufenden Berechnungen verwendet werden, der Parameter E70 stets für den Winkel reserviert ist und der

$$\sin X = X - \frac{X^3}{3!} + \frac{X^5}{5!} - \frac{X^7}{7!} + \frac{X^9}{9!} - \frac{X^{11}}{11!} + \frac{X^{13}}{13!}$$

$$\cos X = 1 - \frac{X^2}{2!} + \frac{X^4}{4!} - \frac{X^6}{6!}$$

$$X = \frac{\alpha * 180}{\pi}$$

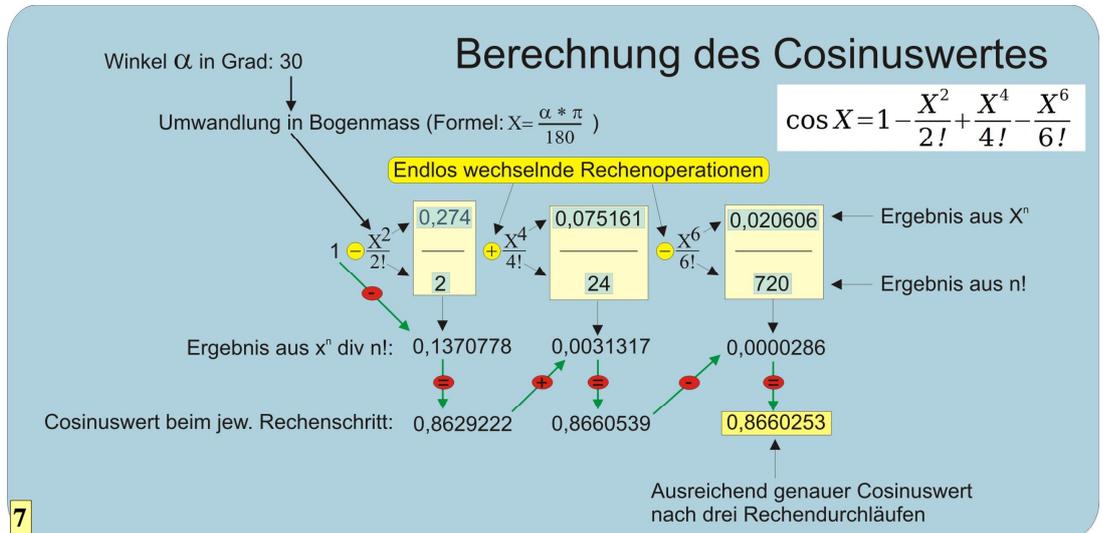
$$\cos X = 1 - \frac{X^2}{2!} + \frac{X^4}{4!} - \frac{X^6}{6!} + \frac{X^8}{8!} - \frac{X^{10}}{10!} + \frac{X^{12}}{12!}$$

um daran zu gehen, das Wissen in CNC-Code zu gießen. Es werden vier Unterprogramme benötigt, die Potenz, Fakultät, Bogenmaß und Grad berechnen. Diese Unterprogramme werden von einem Hauptprogramm aufgerufen. Diese sinnvolle Aufteilung hat den Vorteil, dass auch andere Hauptprogramme auf die jeweiligen Unterprogramme zugreifen können.

- E70 = Winkel (in Grad sowie in Bogenmass)
- E85 = Potenz
- E86 = Fakultät
- E87 = Ergebnis Potenz div Fakultät
- E88 = Angenäherter Sinuswert nach Rechenschritt n
- E93 = Ergebnis Sinus
- E94 = Ergebnis Cosinus
- E95 = Ergebnis Tangens
- E99 = Rechenergebnis allgemein

Beispiel für die Vergabe der E-Parameter

- 3 Erweiterte Sinusfunktion
- 4 Kurze Cosinusfunktion
- 5 Erweiterte Cosinusfunktion
- 6 Umrechnung Bogenmass in Grad
- 7 Auch der Cosinus läßt sich mit drei Rechenschritten hinreichend genau berechnen.





Parameter E99 immer für die Ergebnisausgabe verwendet wird. Dies sind jedoch unverbindliche Vorschläge, die problemlos abzuwandeln sind.

Die Philips-432-CNC-Steuerung verwendet für Parameter den Buchstaben "E". Natürlich ist klar, dass die Steuerungen anderer Hersteller andere Buchstaben als "E" für Parameter verwenden. Diesbezüglich also unbedingt die jeweiligen CNC-Befehlshandbücher der eigenen Steuerung beachten.

Es bietet sich an, Parameter, die nur lokal in einem Unterprogramm verwendet werden, explizit dort mit einem erklärenden Kommentar zu benennen, um selbst noch nach Jahren die Funktion des Unterprogramms nachvollziehen zu können. Dadurch wird es selbst für einen Kollegen, der nicht in diese Arbeiten involviert war, ein Leichtes, Erweiterungen vorzunehmen.

Cosinus

Wie an der Sinusfunktion sichtbar wurde, ist es nicht besonders schwer, trigonometrische Funktionen zu verstehen und mittels CNC-Befehlen

nachzubauen. Ebenso wie die Sinusfunktion, ist die Cosinusfunktion leicht zu durchschauen. Auch beim Cosinus wird mit Potenzen und der Fakultät gearbeitet, um zum korrekten Ergebnis zu kommen.

Selbstverständlich muss auch hier, wie generell beim Rechnen mit Winkelfunktionen, der Winkel zunächst von Grad in Bogenmaß umgerechnet werden, um die Formel verwenden zu

können. Auch diese Formel kann natürlich erweitert werden, wenn eine größere Rechengenauigkeit gewünscht wird. Die Formeln in den Abbildungen 4 und 5 zeigen, wie es gemacht wird.

Das CNC-Programm zum Berechnen des Cosinus eines Winkels ist sinnvollerweise wieder als Unterprogramm zu schreiben, damit es von allen Hauptprogrammen aus aufgerufen

8 Vier Makros bilden das Rückgrat der trigonometrischen Berechnungen: Bogenmass/Grad-Umrechnung, Potenz und Fakultät.

9 Die Berechnung des Sinuswertes besteht hauptsächlich aus drei sich wiederholenden Rechenschritten.

```
%MM
N222222 (Grad in Bogenmass)
N10 E70=E70*3.141592654
N20 E70=E70/180

N333333 (Bogenmass in Grad)
N10 E70=E70*180
N20 E70=E70/3.141592654

N444444 (Potenz)
N10 (E70=Winkel in Bogenmass bzw. Sinuswert)
N20 (E81=Potenzwert)
N30 (E82=Rechenvariable)
N40 (E99=Ergebnis)
N45 E81=E81-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N50 E82=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N60 E82=E82*E70 (Potenzberechnung)
N70 G14 N1=60 N2=60 J=E81 (Schleife)
N80 E99=E82 (Ergebnis)

N555555 (Fakultaet)
N10 (E81=Fakultaetswert)
N20 (E99=Ergebnis)
N30 E81=E81-1 (Schleifendurchlauf um 1 reduzieren)
N50 E82=1 (Multiplikator)
N60 E83=1 (Startwert)
N70 E83=E83*E82 (Fakultaet berechnen)
N80 E82=E82+1 (Multiplikator um 1 erhoehen)
N90 G14 N1=70 N2=80 J=E81
N100 E99=E83 (Ergebnis)
```

8

```
%MM
N666666 (Sinus)
N10 (70=Winkel in Grad)
N12 (E40=Potenzwert)
N20 (E41=Ergebnis Potenzberechnung 3)
N21 (E42=Ergebnis Potenzberechnung 5)
N22 (E43=Ergebnis Potenzberechnung 7)
N25 (E51=Ergebnis Fakultae 3!)
N30 (E52=Ergebnis Fakultae 5!)
N32 (E53=Ergebnis Fakultae 7!)
N40 (E87=Ergebnis Potenz div Fakultae)
N50 (E88=Angenaeheter Sinuswert nach Rechenschritt n)
N55 (E93= Ergebnis Sinus fest gespeichert)
N60 (E99=Ergebnise)
N62 (** Winkel von Grad in Bogenmass umrechnen **)
N63 E70=E70*3.141592654
N64 E70=E70/180
N70 (** Potenz berechnen **)
N71 E40=3
N71 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N72 E41=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N73 E41=E41*E70 (Potenzberechnung)
N74 G14 N1=73 N2=73 J=E40 (Schleife)
N75 E40=5
N76 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N77 E42=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N78 E42=E42*E70 (Potenzberechnung)
N79 G14 N1=78 N2=78 J=E40 (Schleife)
N80 E40=7
N81 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N82 E43=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N83 E43=E43*E70 (Potenzberechnung)
N84 G14 N1=83 N2=83 J=E40 (Schleife)
N85 (** Ende Potenz berechnen **)
N90 (** Fakultae zuweisen **)
N91 E51=6 (Fakultaet 3!)
N92 E52=120 (Fakultaet 5!)
N93 E53=5040 (Fakultaet 7!)
N95 (** Ende Fakultae **)
N97 (** Erster Rechenschritt **)
N100 E87=E41/E51 (Ergebnis 1)
N110 E88=E70-E87 (MINUS)
N120 (** Zweiter Rechenschritt **)
N130 E87=E42/E52 (Ergebnis 2)
N140 E88=E88+E87 (PLUS)
N150 (** Dritter Rechenschritt **)
N160 E87=E43/E53 (Ergebnis 3)
N170 E88=E88-E87 (MINUS)
N175 E93=E88 (Sinus fest speichern)
N180 E99=E88 (Ergebnis Sinus)
```

9

```

%MM
N777777 (Cosinus)
N10 (70=Winkel in Grad)
N12 (E40=Potenzwert)
N20 (E41=Ergebnis Potenzberechnung 2)
N21 (E42=Ergebnis Potenzberechnung 4)
N22 (E43=Ergebnis Potenzberechnung 6)
N25 (E51=Ergebnis Fakultae 2!)
N30 (E52=Ergebnis Fakultae 4!)
N32 (E53=Ergebnis Fakultae 6!)
N34 (E60 bis E66=Berechnungszwischenspeicher)
N44 (E87=Ergebnis Potenz div Fakultae)
N55 (E94= Ergebnis Cosinus fest gespeichert)
N60 (E99=Ergebnis des Cosinuswertes)
N62 (** Winkel von Grad in Bogenmass umrechnen **)
N63 E70=E70*3.141592654
N64 E70=E70/180
N70 (** Potenz berechnen **)
N71 E40=2
N71 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N72 E41=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N73 E41=E41*E70 (Potenzberechnung)
N74 G14 N1=73 N2=73 J=E40 (Schleife)
N75 E40=4
N76 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N77 E42=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N78 E42=E42*E70 (Potenzberechnung)
N79 G14 N1=78 N2=78 J=E40 (Schleife)
N80 E40=6
N81 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N82 E43=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N83 E43=E43*E70 (Potenzberechnung)
N84 G14 N1=83 N2=83 J=E40 (Schleife)
N85 (** Ende Potenz berechnen **)
N90 (** Fakultae zuweisen **)
N91 E51=2 (Fakultae 2!)
N92 E52=24 (Fakultae 4!)
N93 E53=720 (Fakultae 6!)
N95 (** Ende Fakultae **)
N97 (** Erster Rechenschritt **)
N100 E60=E41/E51 (Ergebnis 1)
N105 E66=1
N110 E61=E66-E60 (MINUS)
N120 (** Zweiter Rechenschritt **)
N130 E62=E42/E52 (Ergebnis 2)
N140 E63=E61+E62 (PLUS)
N150 (** Dritter Rechenschritt **)
N160 E64=E43/E53 (Ergebnis 3)
N170 E65=E63-E64 (MINUS)
N172 E94=E65 (Cosinus fest gespeichert)
N180 E99=E65 (Ergebnis Cosinus)

```

10

```

%MM
N888888 (Tangens Variante 1)
N10 (70=Winkel in Grad)
N12 (E40=Potenzwert)
N20 (E41=Ergebnis Potenzberechnung 3)
N21 (E42=Ergebnis Potenzberechnung 5)
N22 (E43=Ergebnis Potenzberechnung 7)
N20 (E85=Ergebnis Potenzberechnung)
N50 (E88=Angenaeheter Tangenswert nach Rechenschritt n)
N55 (E93= Ergebnis Sinus fest gespeichert)
N56 (E94= Ergebnis Cosinus fest gespeichert)
N60 (E99=Ergebnis des Tangenswertes)
N62 (** Winkel von Grad in Bogenmass umrechnen **)
N63 E70=E70*3.141592654
N64 E70=E70/180
N70 (** Potenz berechnen **)
N71 E40=3
N71 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N72 E41=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N73 E41=E41*E70 (Potenzberechnung)
N74 G14 N1=73 N2=73 J=E40 (Schleife)
N75 E40=5
N76 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N77 E42=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N78 E42=E42*E70 (Potenzberechnung)
N79 G14 N1=78 N2=78 J=E40 (Schleife)
N80 E40=7
N81 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
N82 E43=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N83 E43=E43*E70 (Potenzberechnung)
N84 G14 N1=83 N2=83 J=E40 (Schleife)
N85 (** Ende Potenz berechnen **)
N87 (** Erster Rechenschritt **)
N90 E60=1/3
N150 E88=E60*E41 (Tangens nach Schritt 1)
N155 (** Zweiter Rechenschritt **)
N180 E61=2/15
N182 E62=E61*E42
N230 E88=E88+E62 (Tangens nach Schritt 2)
N260 E63=17/315
N262 E64=E63*E43
N270 E88=E88+E64 (Tangens nach Schritt 3)
N280 E99=E88 (Ergebnis Tangens)

```

11

```

N999999 (Tangens Variante 2)
N10 E99=E93/E94 (Sinus div Cosinus = Tangens)
N20 E95=E99 (Tangens fest gespeichert)

```

12

$$\tan X = X + \frac{1}{3} X^3 + \frac{2}{15} X^5 + \frac{17}{315} X^7$$

13

10 Wie im Fall des Sinuswertes, wird der Cosinus durch drei sich wiederholende Rechenschritte ermittelt.

11 Der Tangens kann entweder mit der bekannten Reihe errechnet werden, die die Formel in Abbildung 13 vorgibt...

12 ... oder mit Variante 2 ermittelt werden, in der nur der Sinus durch den Cosinus geteilt wird. Die Formel dazu findet sich in Abbildung 14. Das Ergebnis ist identisch.

13 Formelvariante 1 zur Berechnung des Tangens

14 Formelvariante 2 zur Berechnung des Tangens.

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

14

Der Tangens lässt sich einfacher über die Division von Sinus durch Cosinus berechnen. Dadurch ist das Ergebnis genauer, da Rundungsfehler entfallen.

Berechnung des Tangenswertes

Winkel α in Grad: 30

Umwandlung in Bogenmass (Formel: $X = \frac{\alpha * \pi}{180}$)

$$\tan X = X + \frac{1}{3} X^3 + \frac{2}{15} X^5 + \frac{17}{315} X^7$$

Stets gleiche Rechenoperationen

$$0,5235988 + \frac{1}{3} X^3 = 0,571448 + \frac{2}{15} X^5 = 0,576695 + \frac{17}{315} X^7 = 0,577277$$

Ausreichend genauer Tangenswert nach drei Rechendurchläufen

15

15 Für alle, die es gerne optisch ansprechend mögen, ist hier die Berechnung des Tangenswertes noch einmal ansprechend aufbereitet.

%MM

N616161 (Arcussinus)
 N10 (E70=Sinus des Winkels)
 N12 (E40=Potenzwert)
 N13 (E41=Ergebnis Potenzberechnung 3)
 N14 (E42=Ergebnis Potenzberechnung 5)
 N15 (E43=Ergebnis Potenzberechnung 7)
 N17 (E60 bis E66=Berechnungszwischenspeicher)
 N50 (E88=Angenaeherter Arcussinuswert nach Rechenschritt n)
 N60 (E99=Ergebnis des Arcussinuswertes)
 N70 (***) Potenz berechnen (***)
 N71 E40=3
 N71 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
 N72 E41=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
 N73 E41=E41*E70 (Potenzberechnung)
 N74 G14 N1=73 N2=73 J=E40 (Schleife)
 N75 E40=5
 N76 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
 N77 E42=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
 N78 E42=E42*E70 (Potenzberechnung)
 N79 G14 N1=78 N2=78 J=E40 (Schleife)
 N80 E40=7
 N81 E40=E40-2 (Schleifendurchlauf reduzieren)
 N82 E43=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
 N83 E43=E43*E70 (Potenzberechnung)
 N84 G14 N1=83 N2=83 J=E40 (Schleife)
 N85 (***) Ende Potenz berechnen (***)
 N90 (***) Erster Rechenschritt (***)
 N100 E60=E41/3
 N102 E61=E60*0.5
 N104 E88=E70+E61 (Ergebnis 1)
 N150 (***) Zweiter Rechenschritt (***)
 N190 E60=3/8
 N192 E61=E42/5
 N194 E62=E60*E61
 N220 E88=E88+E62 (Ergebnis 2)
 N235 (***) Dritter Rechenschritt (***)
 N270 E63=15/48
 N272 E64=E43/7
 N274 E65=E63*E64
 N280 E88=E88+E65 (Ergebnis 3)
 N290 (***) Ergebnis in Grad umwandeln (***)
 N300 E70=E88
 N310 E70=E70*180
 N320 E70=E70/3.141592654
 N330 E99=E70 (Ergebnis in Grad)

16

$$\arcsin X = X + \frac{1}{2} \frac{X^3}{3} + \frac{(1*3)}{(2*4)} \frac{X^5}{5} + \frac{(1*3*5)}{(2*4*6)} \frac{X^7}{7}$$

17

$$\arccos X = \frac{\pi}{2} - X - \frac{1}{2} \frac{X^3}{3} - \frac{(1*3)}{(2*4)} \frac{X^5}{5} - \frac{(1*3*5)}{(2*4*6)} \frac{X^7}{7}$$

18

$$\arctan X = X - \frac{X^3}{3} + \frac{X^5}{5} - \frac{X^7}{7}$$

19

16 Anhand dieses CNC-Makros können Sinuswerte wieder in ihren Winkel zurückgerechnet werden.

17 bis 19 Die Umkehrfunktionen von Sinus, Cosinus und Tangens heißen Arcussinus, Arcustangens und Arcuscotangens. Mit ihnen kann aus dem jeweiligen trigonometrischen Wert wieder der zugehörige Winkel berechnet werden. Natürlich liegt das Ergebnis in Bogenmass vor und muss manuell nach der Formel in Kasten 6 in Grad umgerechnet werden. Bei einem Taschenrechner kann dies entfallen, da dieser Grad und Bogenmass standardmäßig hin und her umwandelt. Dadurch kann die manuelle Umrechnung entfallen.

werden kann und so universell einsetzbar ist. Generell sollte man sich angewöhnen, alle CNC-Programme, die öfters benötigt werden, als Unterprogramme auszuführen, damit das Hauptprogramm kompakt und übersichtlich bleibt und darüber hinaus geprüfter CNC-Code zum Einsatz kommt.

Tangens

Die Berechnung des Tangens ist ebenfalls nicht besonders schwierig. Auch in diesem Fall findet sich die Formel dafür in einer gut sortierten Formelsammlung. Abbildung 13 zeigt die Reihe für die Berechnung des Tangens. Wie bei den anderen trigonometrischen Formeln kann auch diese Reihe endlos fortgeschrieben werden.

Der Tangens ist praktischerweise noch auf ganz andere Weise zu berechnen. Die Regel, dass mehrere Wege ans Ziel respektive nach Rom führen, gilt auch in der Mathematik. Besonders schön ist es, wenn der alternative Weg auch noch kürzer und genauer ist. Dazu benötigt man den Sinus des Winkels und teilt diesen durch den Cosi-

```

%MM
N717171 (Arcuscosinus)
N10 (E70=Cosinus des Winkels)
N12 (E40=Potenzwert)
N13 (E41=Ergebnis Potenzberechnung 3)
N14 (E42=Ergebnis Potenzberechnung 5)
N15 (E43=Ergebnis Potenzberechnung 7)
N17 (E60 bis E69=Berechnungszwischenspeicher)
N20 (E85=Ergebnis Potenzberechnung)
N40 (E87=Ergebnis Potenz div Nenner)
N50 (E88=Angenaeheter Arcuscosinuswert nach Rechenschr. n)
N60 (E99=Ergebnis des Arcuscosinuswertes)
N70 (***) Potenz berechnen (***)
N71 E40=1 (Potenz 3)
N72 E41=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N73 E41=E41*E70 (Potenzberechnung 1)
N74 G14 N1=73 N2=73 J=E40 (Schleife)
N75 E40=3 (Potenz 5)
N77 E42=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N78 E42=E42*E70 (Potenzberechnung 2)
N79 G14 N1=78 N2=78 J=E40 (Schleife)
N80 E40=5 (Potenz 7)
N82 E43=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N83 E43=E43*E70 (Potenzberechnung 3)
N84 G14 N1=83 N2=83 J=E40 (Schleife)
N85 (***) Ende Potenz berechnen (***)
N90 (***) Erster Rechenschritt (***)
N92 E60=3.141592654
N110 E61=E60/2
N112 E61=E61-E70
N114 E62=E41/3
N116 E63=E62*0.5
N118 E55=E61-E63 (Ergebnis 1 minus)
N150 (***) Zweiter Rechenschritt (***)
N155 E10=3 (zaehler)
N156 E9=4 (Nenner)
N157 E12=5 (Potenz)
N158 E11=E9*2 (Nenner)
N190 E64=E10/E11
N192 E65=E42/E12
N194 E66=E64*E65
N196 E55=E55-E66 (Ergebnis 2 minus)
N200 (***) Dritter Rechenschritt Iteration (***)
N210 E39=20 (Rechentiefe)
N211 E13=E10 (Zaehleruebergabe)
N214 E12=E12+2 (Potenzwert erhoehen)
N215 E13=E13+2 (Zaehler erhoehen)
N216 E9=E9+2 (Nenner erhoehen)
N220 E10=E10*E13 (1*3*5*7*9*n)
N222 E11=E11*E9 (2*4*6*8*10*n)
N242 E67=E10/E11 (1*3*n div 2*4*n)
N243 E68=E43/E12 (X^Potenz div Potenz)
N244 E69=E67*E68
N280 E55=E55-E69 (Ergebnis 3 minus)
N285 E43=E43*E70 (Potenzberechnung 1)
N286 E43=E43*E70 (Potenzberechnung 2)
N287 G14 N1=214 N2=286 J=E39 (Schleife Rechentiefe)
N290 (***) Ergebnis in Grad umwandeln (***)
N300 E71=E55
N310 E71=E71*180
N320 E71=E71/3.141592654
N320 E99=E71 (Ergebnis in Grad)

```

```

%MM
N818181 (Arcustangens)
N10 (70=Tangens des Winkels)
N12 (E40=Potenzwert)
N13 (E41=Ergebnis Potenzberechnung 3)
N14 (E42=Ergebnis Potenzberechnung 5)
N15 (E43=Ergebnis Potenzberechnung 7)
N17 (E60 bis E66=Berechnungszwischenspeicher)
N20 (E85=Ergebnis Potenzberechnung)
N40 (E87=Ergebnis Potenz div Nenner)
N50 (E88=Angenaeheter Arcustangenswert nach Rechenschritt n)
N60 (E99=Ergebnis des Arcustangenswertes)
N70 (***) Potenz berechnen (***)
N71 E40=1 (Potenz 3)
N72 E41=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N73 E41=E41*E70 (Potenzberechnung 1)
N74 G14 N1=73 N2=73 J=E40 (Schleife)
N75 E40=3 (Potenz 5)
N77 E42=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N78 E42=E42*E70 (Potenzberechnung 2)
N79 G14 N1=78 N2=78 J=E40 (Schleife)
N80 E40=5 (Potenz 7)
N82 E43=E70 (Nennwert in Rechenvariable uebergeben)
N83 E43=E43*E70 (Potenzberechnung 3)
N84 G14 N1=83 N2=83 J=E40 (Schleife)
N85 (***) Ende Potenz berechnen (***)
N86 (***) Erster Rechenschritt (***)
N112 E60=E41/3
N140 E88=E70-E60 (Ergebnis 1 minus)
N155 (***) Zweiter Rechenschritt (***)
N192 E61=E42/5
N220 E88=E88+E61 (Ergebnis 2 plus)
N235 (***) Dritter Rechenschritt (***)
N272 E62=E43/7
N280 E88=E88-E62 (Ergebnis 3 minus)
N300 (***) Ergebnis in Grad umwandeln (***)
N310 E71=E88
N320 E71=E71*180
N330 E71=E71/3.141592654
N340 E99=E71 (Ergebnis in Grad)

```

20 Die Arcuscosinusfunktion ist etwas umfangreicher, da es hier notwendig ist, eine Schleife einzubauen, um eine ausreichende Rechengenauigkeit zu erreichen. Die Rechentiefe soll 24 Iterationen nicht übersteigen, da sonst ein Speicherüberlauf mit Programmabsturz droht.

21 Beim Arcustangens reichen drei Durchgänge, um zu einem ausreichend genauen Ergebnis zu kommen.

nus des Winkels. Die Formel dazu findet sich in Abbildung 14. Die Anwendung dieser Formel hat den Vorteil, dass das CNC-Programm zur Tangensberechnung wesentlich kürzer ausfällt, was der Lesbarkeit besonders zugutekommt und zudem Programmierfehler stark vermindert werden.

Umkehrfunktionen

Die Behandlung der trigonometrischen Funktionen wäre unvollständig, wenn nicht auch die jeweiligen Umkehrfunktionen erläutert werden, mit denen aus den berechneten Werten wieder ein Winkel bestimmt werden könnte. Daher folgen nun zur Abrundung dieses CNC-Kursabschnitts die jeweiligen Umkehrfunktionen von sin, cos und tan. Die Formeln dazu finden sich

Berechnung des Arcussinuswertes

$$\arcsin x = x - \frac{1}{2} \frac{x^3}{3} + \frac{(1+3)}{2 \cdot 4} \frac{x^5}{5} - \frac{(1+3+5)}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{x^7}{7}$$

Sinuswert X

Ergebnis Teilrechnung: 0,5208333 → 0,52317708 → 0,52335258

Umwandlung von Bogenmass in Grad: $\alpha \cdot \frac{180}{\pi} = 29,96426$

Ausreichend genauer Arcussinuswert nach drei Rechendurchläufen

Ergebnis in Grad

22

Berechnung des Arcuscosinuswertes

$$\arccos x = \frac{\pi}{2} - x - \frac{1}{2} \frac{x^3}{3} + \frac{(1+3)}{2 \cdot 4} \frac{x^5}{5} - \frac{(1+3+5)}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{x^7}{7}$$

Cosinuswert X

Ergebnis Teilrechnung: 0,5965177 → 0,599822 → 0,5438717

Umwandlung von Bogenmaß in Grad: $\alpha \cdot \frac{180}{\pi} = 30,0004$

Nicht ausreichend genaues Ergebnis nach drei Rechendurchläufen

Angenähertes Winkelwert nach 20 Rechendurchläufen

Ergebnis in Grad

23

Berechnung des Arcustangenswertes

$$\arctan x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7}$$

Tangenswert X

Ergebnis Teilrechnung: 0,5132 → 0,52603 → 0,522975

Umwandlung von Bogenmass in Grad: $\alpha \cdot \frac{180}{\pi} = 29,96426$

Ausreichend genauer Arcussinuswert nach drei Rechendurchläufen

Ergebnis in Grad

24

PARAMETERWERTESPEICHER

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

SPEICHERINHALT: 30,000

25

22 bis 24 Anhand der Umkehrfunktionen der trigonometrischen Funktionen können wieder die jeweiligen Winkelwerte errechnet werden. Trotz der langen Rechenzeit durch die notwendige Schleife ist die selbsterstellte Arcos-Funktion für viel Zwecke eine wertvolle Arbeitshilfe.

25 Im Parameterspeicher von SIM_WORK läßt sich nachprüfen, welche Werte die Variablen beim letzten Rechenschritt angenommen haben.

26 Auch mit dem leistungsfähigen Windows-Rechner können die Formeln geprüft werden.

in den Abbildungen 17 bis 19. Auch hier gilt: Je genauer der zu errechnende Wert bestimmt werden soll, desto größer muss die Rechentiefe sein, was durch eine Verlängerung der jeweiligen Formel erreicht wird.

SIM_WORK ist ein reines Schulungssystem und daher nur mit begrenzten Fähigkeiten ausgestattet. Daher ist es leider nicht möglich, alle

Makros komplett in den Speicher zu laden, da der Makrospeicher, ebenso wie der Hauptprogrammspeicher, maximal 99 Zeilen aufnehmen kann. Daher wird in diesen vorgestellten Beispielen lediglich per Programmlauf die Berechnung von Winkeln durchgeführt, ohne ein praktisches Werkstück zu programmieren. Dieser Schritt sollte auf einer realen Steuerung erfolgen, wenn man

einen ausführlichen Probelauf auf dieser Steuerung vorgenommen hat. Probelläufe sind eine wichtige Vorsichtsmaßnahme, um teure Maschinenschäden zu vermeiden, sollte das CNC-Programm sich anders verhalten, als erwartet.

Zum Testen der Makros wird im Hauptprogramm zunächst ein Zahlenwert in den Parameterspeicher geschrieben und danach das gewünschte Makro aufgerufen, um den Rechenvorgang auszuführen. Soll beispielsweise der Sinus eines Winkels berechnet werden, wird zunächst der Parameter E70 mit dem Winkelwert in Grad geladen. Innerhalb der Makros erfolgt die Umwandlung in Bogenmaß, sowie die Ausgabe des Ergebnisses, das in den Parameterspeicher E99 geschrieben wird. Da CNC-Steuerungen keine direkte Ausgabe von Ergebnissen am Bildschirm kennen, muss das Ergebnis durch Anwahl von E99 manuell ausgelesen werden. Die Berechnung von Cosinus oder Tangens erfolgt auf identische Weise. Es muss lediglich der korrekte Aufruf des jeweiligen Makros beachtet werden, um Fehlberechnungen zu vermeiden.

Soll nun der errechnete Wert wieder in den Ausgangswinkel zurückgerechnet werden, so sind die Arcus-Funktionen einzusetzen. In diesem Fall wird der ermittelte Wert in den Parameter E70 geschrieben und das jeweilige Makro aufgerufen. Im Parameter E99 befindet sich danach der Winkel, der Bereits vom Bogenmaß in Grad umgerechnet wurde.

www.weltdorfertigung.de

Rechner

Ansicht Bearbeiten ?

tand(θ)

tand(30) - (tand(30) ^ 3 / 3) + (tand(30) ^ 5 / 5) - (tand(30) ^ 7 / 7)

0,52297548193261339092045646149172

26

Anhang

Der Befehlsumfang

Wegebefehle G0 und G1

Mit dem Befehl G0 werden alle nachfolgenden Koordinatenwerte im EILGANG angefahren. Mit dem Befehl G1 werden alle nachfolgenden Koordinatenwerte im Vorschub angefahren. Der Befehl G0 steht in einer engen Wechselbeziehung zu dem Befehl G1. Der zuletzt aktive Befehl bestimmt die Geschwindigkeit, mit der sich die Achsen bewegen. Mit dem Befehl G1 werden somit alle weiteren Achsenbewegungen im vorher festgelegten Vorschub verfahren, und zwar solange, bis mit dem Befehl G0 wieder auf Eilgang geschaltet wird.

Kreisinterpolation G2 und G3

Mit dem Befehl G2 werden Radien im Uhrzeigersinn und mit dem Befehl G3 im Gegenuhrzeigersinn gefräst. Zu beachten ist, dass Radien, deren Winkel kleiner oder gleich als 180 Grad ist, durch einfaches bestimmen von Startpunkt und Radius gefräst werden können. Radien deren Winkel größer als 180 Grad ist, müssen dagegen durch Angabe von Endpunkt und Radienmittelpunkt bestimmt werden.

Verweilzeit G4

Beim Fräsen mit einschneidigen Fräsworkzeugen kann es vorkommen, dass Konturen ungleich lang werden, da das einschneidige Werkzeug zum Zeitpunkt des Zurückfahrens noch keine ganze Umdrehung ausgeführt hat. Somit bleibt Material, das normalerweise weggefräst werden soll, am Werkstück zurück. Man programmiert daher vor dem zurückfahren eine Verweilzeit. Während dieser Zeit kann sich das Werkzeug mehrmals um die Achse drehen. Somit wird die Kontur aller Teilstücke gleichmäßig lang.

Sprung- und Wiederholfunktion G14

Mit der Sprung- und Wiederholfunktion G14 können Programmzeilen ge-

zielt angesprungen beziehungsweise verlassen werden. Es lassen sich etwa gleiche Konturen an verschiedenen Stellen des Werkstückes herstellen. Die Kontur wird dabei nur einmal programmiert und durch Aufruf mit G14 an verschiedenen Stellen wiederholt.

Arbeitsebene (G17 G18 G19)

Durch die Wahl der Arbeitsebene kann festgelegt werden, in welcher Position zum Werkstück sich das Werkzeug befindet. Dies bedeutet, dass man mit diesem Befehl der Steuerung mitteilt, wie sie Verfahrbewegungen und Zyklen zu verrechnen hat, da beispielsweise beim Bohrzyklus einmal der Tisch, ein andermal der Waagrechtschlitten die Vorschubbewegung ausführt, je nachdem, in welcher Raumlage sich der Bohrer befindet.

Unterprogrammaufruf G22

Ein immer wiederkehrender Arbeitsgang kann als Unterprogramm abgelegt werden. Mit dem Befehl G22 und der nachfolgenden Nummer des Unterprogramms kann das Unterprogramm an verschiedenen Stellen des Hauptprogramms aufgerufen werden. Bei konsequenter Anwendung von G22 spart man sich viel Programmierarbeit und verringert die Fehlermöglichkeit beim wiederholten Programmieren einer Kontur ganz entscheidend.

Vorschuboverride G25-G26

Wenn verhindert werden soll, dass vom Bedienungspult aus der Vorschub durch verändern des Vorschuboverrides beeinflusst wird, so kann mit dem Befehl G26 der Vorschub auf 100 Prozent gesetzt werden. Oder mit anderen Worten, der Vorschuboverrideschalter am Bedienpult der Steuerung wird außer Betrieb gesetzt. Durch den Befehl G25 wird der CNC-Maschine mitgeteilt, dass Sie von nun an wieder manuelle Vorschubbeeinflussung vom Bedienungspult zulassen darf. Der Vorschub kann nun wieder manuell vergrößert oder verkleinert werden.

Vorschubbewegung mit Verschleifen G27

Während des Zerspanungsvorgangs entstehen Kräfte, die auf den Fräser wirken und diesen leicht von der herzustellenden Idealkontur wegdrücken. Der Fräser federt wieder zurück, wenn diese Kräfte nachlassen, was bei Erreichen einer Endposition der Fall ist. Dabei stehen die Achsen einen kurzen Moment still. Das Fräsworkzeug schneidet dadurch frei. Dabei entstehen sichtbare Marken. Dieses Freischneiden kann man verhindern, indem man den Befehl G27 setzt. G27 bewirkt, dass bereits nach Erreichen des Sollwertes der nächste Satz in den Speicher geladen und abgearbeitet wird. Dadurch entsteht kein Geschwindigkeitsabfall, der an der Werkstückoberfläche sichtbar wäre. G27 ist nicht geeignet, wenn scharfe Kanten benötigt werden. Zu diesem Zweck muss der Befehl G28 aktiviert werden. Da der Befehl G27 auf der Philips 432-Steuerung bereits beim Einschalten aktiv ist, muss er nicht extra programmiert werden.

Hinweis: in SIM_WORK werden G27 und G28 zwar verarbeitet, haben aber keine praktische Bedeutung.

Vorschubbewegung mit Genauhalt G28

Der Befehl G28 ist das Gegenstück zu G27. Wenn G28 aktiv ist, wird der nächste Satz erst abgearbeitet, wenn die programmierte Position innerhalb einer bestimmten Toleranzgrenze genau erreicht ist. Man verwendet diesen Befehl, wenn beispielsweise eine scharfe Ecke gewünscht ist.

Bedingter Sprungbefehl G29

Mit dem Befehl G29 ist es möglich, abhängig von einem Ergebnis einen Sprung zu einer bestimmten Programmzeile auszuführen. Der bedingte Sprungbefehl ist nur in einem Makro anwendbar! G29 kann in SIM_WORK nicht verwendet werden.



Radiuskorrektur G40 G41, G42, G43, G44

Die Radiuskorrekturbefehle G41-G44 teilen der Steuerung mit, auf welcher Seite der Werkstückkontur sich das Fräswerkzeug befindet. Dies ist unbedingt notwendig, damit die Steuerung die richtigen Berechnungen zur Abarbeitung der Kontur anwendet.

Es bedeuten:

G43 Radiuskorrektur BIS zur Kontur.
G44 Radiuskorrektur ÜBER die Kontur.
G41 Radiuskorrektur LINKS von der Kontur.
G42 Radiuskorrektur RECHTS von der Kontur.

Mit dem Befehl G40 wird der Steuerung mitgeteilt, dass keine Äquidistanzenbahn mehr berechnet werden soll. Das Fräswerkzeug bewegt sich nun genau auf der programmierten Kontur.

Nullpunktverschiebung G54 bis G59, G53

Die gespeicherte Nullpunktverschiebung G54 bis G59 ermöglicht es, mehrere Werkstücke in einer Aufspannung oder Werkstücke mit mehreren Bezugspunkten auf einfache Weise ohne wiederholtes Ausmessen der Lage von Bezugsflächen zu bearbeiten. Die Lage der einzelnen Bezugsflächen wird einmalig mit geeigneten Einstellwerkzeugen ermittelt und in der CNC Steuerung gespeichert. Jeder Aufruf von einer Nullpunktverschiebung bewirkt, dass der Nullpunkt, der sich noch an einer anderen Stelle befand, an die neue Stelle "verschoben" wird.

Maßsystem G70, G71

Mit den Befehlen G70 und G71 kann festgelegt werden, mit welcher Maßeinheit gearbeitet wird. G70 = Zoll-System; G71 = Metrisches System.

Hinweis: SIM_WORK kann nur Metrische Werte verarbeiten.

Spiegelbildbearbeitung G72, G73

Mit dem Befehl G73 kann eine Ausgangskontur in allen vier Achsen gespiegelt werden. Mit dem Befehl G72 wird der Spiegelbefehl in allen Achsen wieder aufgehoben.

X-1 Spiegeln in der X-Achse

Y-1 Spiegeln in der Y-Achse

Z-1 Spiegeln in der Z-Achse

X+1 Spiegeln X-Achse aufheben.

Y+1 Spiegeln Y-Achse aufheben.

Z+1 Spiegeln Z-Achse aufheben.

Lochkreisdefinition G77

Mit dieser Funktion ist es möglich, mehrere Bohrungen auf einem Lochkreis zu bohren. Man kann mit dieser Funktion aber auch mehrere Rechtwinklige Taschen, Nuten- oder Kreistaschen auf einem Lochkreis fräsen. Bevor diese Funktion aufgerufen werden kann, muss ein Zyklus (Bohr-, Kreistaschen-, Nutenfräszyklus etc.) definiert werden. Durch den Befehl G77 wird dieser Zyklus dann auf einem Lochkreis n-Mal wiederholt. Bei G77 muss besonders auf die Parameter X, Y und Z geachtet werden, da diese für verschiedene Bearbeitungsebenen, verschiedene Bedeutungen haben! Auch muss bei G77 die Lage des ersten Loches beachtet werden! Es liegt immer in mathematisch positivem Sinn in Gegenurzeigerichtung.

Punktdefinition G78

Mit dem Befehl G78 ist es möglich, bis zu 99 Punkte zu bestimmen. Das heißt, es werden die Koordinaten der entsprechenden Punkte gespeichert. Diese Koordinaten können dann sehr schnell durch einen einzigen Befehl wieder aufgerufen werden.

Zyklusaufruf G79

Mit dem Zyklusaufruf G79 kann ein vorher definierter Zyklus an einer bestimmten Stelle gestartet werden. Der Befehl G79 akzeptiert Koordinatenangaben oder Punktdefinitionen als nachfolgende Eingabewerte.

Bohrzyklus G81

Mit dem Befehl G81 können Bohrungen gefertigt werden, die ohne Spanbrechen ausgeführt werden können. Der Bohrer fährt im angegebenen Vorschub sofort auf Tiefe. Dieser Zyklus ist vor allem für nicht zu tiefe Bohrungen sowie zum Zentrieren geeignet.

Tieflochbohrzyklus G83

Mit dem Befehl G83 können Bohrungen hergestellt werden, die wegen ihrer

großen Tiefe mit Spanbrechen gefertigt werden müssen, um einen Bohrerbruch durch Festklemmen zu vermeiden.

Gewindebohrzyklus G84

Der Zyklus G84 ermöglicht rasches und einfaches Gewindeschneiden. Zu beachten ist nur, dass die sogenannte "EINFARRAMPE" auf die Drehzahl und die Steigung des zu schneidenden Gewindes abgestimmt ist. Die Einfahrrampe ist die Anzahl der Umdrehungen vor Erreichen der Gewindetiefe. Wenn diese erreicht wird, so regelt die Steuerung den Vorschub und die Drehzahl gleichmäßig herunter, bis sie bei Erreichen der Gewindetiefe beide auf null stehen. Danach erfolgt eine Richtungsumkehr und eine stetige Steigerung von Vorschub und Drehzahl. Dies bedeutet: Je höher die Drehzahl desto mehr Umdrehungen vor Gewindetiefe muss die Einfahrrampe beginnen.

Regel: Die Einfahrrampe sollte circa ein Prozent vom Drehzahlwert betragen.

Reibzyklus G85

Der Reibzyklus wird zum Reiben maßhaltiger Bohrungen verwendet. Das Werkzeug taucht im Vorschub auf die programmierte Tiefe in die Bohrung ein. Wenn programmiert, verweilt das Werkzeug in dieser Position. Danach erfolgt ein Rückzug im Vorschub aus der Bohrung. Nach Erreichen des Sicherheitsabstandes erfolgt ein weiterer Rückzug im Eilgang, wenn programmiert. Während der gesamten Reibbearbeitung der Bohrung wird die Drehrichtung nicht gewechselt. Dies ist verständlich, da sonst die Reibahle stumpf würde.

Ausdrehzyklus G86

Mit dem Ausdrehzyklus können große Bohrungen mit einem geeigneten Werkzeug genau maßhaltig bearbeitet werden. Das Werkzeug taucht im Vorschub auf die programmierte Tiefe in die Bohrung ein. Wenn programmiert, verweilt das Werkzeug in dieser Position. Jetzt erfolgt ein Spindelstopp. Danach erfolgt ein Rückzug im Eil-



gang. aus der Bohrung. Nach Erreichen des Sicherheitsabstandes erfolgt ein weiterer Rückzug im Eilgang, wenn programmiert.

Taschenfräszyklus G87

Der Taschenfräszyklus G87 ermöglicht es rechtwinklige Taschen in einem beliebigen Winkel zu den Achsen herzustellen.

Nutenfräszyklus G88

Mit dem Befehl G88 wird der Nutenfräszyklus definiert. Der Zyklus wird ebenso wie alle anderen Zyklen auch, mit dem Befehl G79 aufgerufen und an der, unter G79 festgelegten Koordinate abgearbeitet. Es ist möglich eine Nut in einer beliebigen Winkellage zu fräsen. Dabei ist zu beachten, dass alle Maße sich nach wie vor an den Achsen der Werkzeugmaschine orientieren.

Kreistaschenfräszyklus G89

Der Befehl G89 ermöglicht das Fräsen von Kreistaschen. Der Aufruf erfolgt wie bei allen anderen Zyklen auch, mit G79. Der Aufruf mit G77 ermöglicht das Kreistaschenfräsen auf einem Lochkreis.

Bezugsmaßprogrammierung G90

Wenn die Bezugsmaßprogrammierung aktiv ist, dann werden alle Verfahrbewegungen auf den Werkstücknullpunkt beziehungsweise auf den unter den entsprechenden Nullpunktspeicher abgelegten Wert bezogen.

Kettenmaßprogrammierung G91

Wenn auf Kettenmaßprogrammierung geschaltet wurde, so werden alle Verfahrbewegungen von der momentan eingenommenen Position aus gerechnet und NICHT vom Werkstücknullpunkt.

Inkrementelle Nullpunktverschiebung G92

Zusätzlich zur Nullpunktverschiebung mit G54 bis G59 kann der Nullpunkt mittels G92 und G93 beliebig häufig verschoben werden. Dies bietet sich etwa bei Serienarbeiten an, wo viele gleiche Teile auf einer Spannvorrichtung gespannt sind. Der Befehl G92

verschiebt den Nullpunkt inkrementell von der letzten Position des alten Nullpunktes zur neuen Nullpunktposition.

Absolute Nullpunktverschiebung G93

Der Befehl G93 verschiebt den Nullpunkt absolut vom Werkstücknullpunkt zur neuen Nullpunktposition.

Vorschub in mm/min. G94

Wenn der Befehl G94 aktiv ist, dann wird der Vorschub, der unter dem Buchstaben F eingegeben wird, in mm/min ausgeführt. Das bedeutet: Wenn zum Beispiel F60 programmiert ist, dann braucht die entsprechende Achse eine Minute um 60 Millimeter zurückzulegen. Die Drehzahl muss daher entsprechend angepasst werden, um die Spandicke nicht zu groß werden zu lassen und einen Schneidenbruch zu riskieren.

Vorschub in mm/U G95

Wenn der Befehl G95 aktiv ist, dann wird der Vorschub, der unter dem Buchstaben F eingegeben wird, in mm/U ausgeführt. Das bedeutet: Wenn zum Beispiel F0.1 programmiert ist, dann legt die entsprechende Achse bei jeder Umdrehung des Fräasers 0.1mm zurück. Die Drehzahl des Fräasers entscheidet daher, in welcher Zeit eine bestimmte Strecke zurückgelegt wird.

Grafikbereich G98

Mit dem Befehl G98 kann auf Philips 432-Steuerungen der Grafikbereich eingestellt werden. Unter Grafikbereich versteht man den Bereich, der während der Simulation betrachtet werden kann. Im Grunde ist es nichts anderes wie eine Zoom-Funktion in CAD- oder anderer Zeichensoftware. Die Angabe des ersten Fenstereckpunktes erfolgt stets vom Werkstücknullpunkt aus (absolut). Die Angabe des zweiten Eckpunktes des Fensters erfolgt relativ zum ersten Fenstereckpunkt. G98 ist in SIM_WORK bedeutungslos, wird aber ohne Fehlermeldung akzeptiert.

Rohteilkontur G99

Mit Hilfe des Befehls G99 wird eine Rohteilkontur erzeugt. Diese wird am

Bildschirm grün dargestellt. In diesem Rohteilbereich erfolgt in der Regel die Simulation des Bearbeitungsvorgangs. Die Anzeige einer Rohteilkontur dient nur der groben Kontrolle des Zerspangungsvorgangs. Die Simulation würde auch ohne diese Befehl ohne Fehlermeldung ablaufen. Die Definition einer Rohteilkontur hat bei der Philips-Steuerung keinen Einfluss auf den Darstellungsbereich. Die Angabe des ersten Rohteileckpunktes erfolgt stets vom Werkstücknullpunkt aus (absolut). Die Angabe des zweiten Eckpunktes des Fensters erfolgt immer relativ zum ersten Rohteileckpunkt.

Programmstopp M0

Der Programmstopp-Befehl M0 bewirkt, dass das Programm an dieser Stelle unterbrochen (nicht abgebrochen!) wird. Spindeldrehzahl und Vorschub werden auf null gesetzt. Nach Drücken der Starttaste (in SIM_WORK der Return-Taste) wird das Programm wieder fortgesetzt. Dieser Befehl kann verwendet werden, um etwa auf einer Spannvorrichtung nach erfolgter Bearbeitung einer Teilkontur das Werkstück umzuspinnen und es an anderer Stelle weiterzubearbeiten.

Arbeitsspindel-Drehrichtung M3, M4, M5

Der Befehl M4 bewirkt eine Linksdrehung der Arbeitsspindel. Eine Rechtsdrehung wird mit dem Befehl M3 ausgelöst. Um die Arbeitsspindel stillzusetzen muss der Befehl M5 in die Steuerung eingegeben werden.

Werkzeugwechsel mit automatischem Rückzug M6

Der Befehl M6 ist einer der möglichen einsetzbaren Befehle, wenn Werkzeuge gewechselt werden sollen. Im Gegensatz zu den anderen möglichen Befehlen fährt der Tisch dabei in eine sogenannte Werkzeugwechselposition. Diese wurde so gewählt, dass ein möglichst freier Zugang zur Spindel gewährleistet ist, sowie bei Maschinen mit automatischem Werkzeugwechsler der Werkzeuggreifer während des Wechselvorgangs nicht behindert



wird. Ein Nachteil von diesem Befehl ist, dass die Ausführzeit für einen Wechselvorgang länger ist. Außerdem werden die Schlittenführungen durch das ständige Hin- und Herfahren einem stärkeren Verschleiß unterworfen.

Kühlmittelpumpe Ein/Aus; Spindel Rechts/Links M7, M8, M9, M13, M14

Um die Kühlmittelpumpe einzuschalten, können verschiedene Befehle verwendet werden. Bei Maschinen mit mehreren Kühlmittelpumpen, schaltet der Befehl M8 die Kühlmittelpumpe Nr.1 und der Befehl M7 die Kühlmittelpumpe Nr.2 ein. Um die Pumpen wieder abzuschalten, verwendet man den Befehl M9. In Maschinen mit nur einer Kühlmittelpumpe wird diese mit dem Befehl M8 eingeschaltet. Wenn nun die Arbeitsspindel im Rechtslauf drehen soll und anschließend die Kühlmittelpumpe eingeschaltet werden soll, müssen normalerweise zwei Befehle zur Steuerung geschickt werden, nämlich die Befehle M3 und nachfolgend M8. Diese beiden Befehle können auch durch den Befehl M13 ersetzt werden. Dieser bewirkt genau den gleichen Vorgang. Wünscht man hingegen einen Linkslauf mit nachfolgendem Kühlmittelleinsatz, so wird der Befehl M14 verwendet. SIM_WORK unterstützt nur den Befehl M8.

Spänespülung M17, Werkstückreinigung M18, Löschen von M17 und M18, M16

Diese Funktionen sind in der Regel nur bei großen Maschinen wie etwa Bearbeitungszentren anzutreffen. Mit M17 wird die Spänespülung aktiviert. Mit M18 wird das ganze Werkstück mit Kühlmittel gereinigt. Der Befehl M16 beendet diese Prozedur.

Orientierter Spindelstopp M19

Den orientierten Spindelstopp benötigt man, wenn man einen automatischen Werkzeugwechsel mittels eines externen Greifers (z. B. Roboter, Werkzeugwechsler) vornehmen möchte. Nachdem dieser Befehl verarbeitet wurde, stoppt die Spindel immer in einer gleich definierten Winkellage, um dem

Wechselwerkzeug des Roboters eine Stelle zu bieten, an der es einrasten kann.

Zweite Wechselgeschwindigkeit bei M6, M21

Der Befehl M21 ist nur bei Maschinen mit automatischem Werkzeugwechsler von Bedeutung. Wenn der Befehl M21 gegeben wird, werden die Werkzeugwechsler langsamer bewegt. Dies ist bei schwerem Fräswerkzeug wichtig. In SIM_WORK hat M21 keine Funktion.

Programmende M30

M30 ist normalerweise der letzte Befehl in einem Programm. Nach M30 werden verschiedene noch nicht beendete Befehle zwangsbeendet: Maschinenbewegungen nach Abarbeitung des letzten Satzes werden beendet. Die Spindeldrehung wird gestoppt. Die Kühlmittelpumpe wird ausgeschaltet und das Programm springt zum Programmstart zurück.

Spindelgetriebestufen M41, M42, M43, M44

Normalerweise werden die geeigneten Getriebestufen abhängig von der Drehzahl von der Steuerung automatisch gewählt. Manchmal ist es jedoch wünschenswert, eine bestimmte Getriebestufe beizubehalten, etwa wenn man mit Stufenwerkzeugen arbeitet. Wenn man die zweite Getriebestufe beibehalten möchte, setzt man nur zum S-Wort den Befehl M42 dazu. Man muss dabei jedoch unbedingt den dadurch auftretenden Drehmomentverlust beachten!

Werkzeugwechsel von Hand M66

Auf kleineren Maschinen ist der Werkzeugwechsel von Hand der wohl am häufigsten eingesetzte Werkzeugwechselbefehl. Wenn dieser Befehl verwendet wird, muss man sich selbst darum kümmern, dass genügend Raum zwischen Spindel und Tisch beziehungsweise Werkstück bleibt, um das alte Werkzeug aus- und das neue Werkzeug einzuwechseln, da kein automatisches Anfahren einer Werkzeugwechselposition erfolgt. In der Regel wird man vor dem Befehl M66 einen Verfahrbefehl für den Maschinentisch einfügen, damit

der Tisch vom Fräser weg nach unten fährt.

Werkzeugkorrekturwechsel M67

Der Werkzeugkorrekturwechsel ist eigentlich gar kein richtiger Werkzeugwechsel. Das bereits in der Arbeitsspindel befindliche Werkzeug wird nicht entfernt. Vielmehr werden dem aktuellen Werkzeug neue Maße zugeordnet. Einen Werkzeugkorrekturwechselbefehl wendet man vorteilhaft bei Stufenwerkzeugen an.

Vorschubwahl F

Mit dem Wort F lässt sich die Größe des Vorschubs während der Bearbeitung festlegen. Er kann in mm/min oder mm/U programmiert werden. In der Einschaltstellung wird der Vorschub in mm/min programmiert. Mit dem Befehl G95 kann der Vorschub in mm/U programmiert werden. Der Befehl G94 ermöglicht wieder Vorschübe in mm/min. Der Vorschubbefehl ist modal wirksam. Das bedeutet, der Vorschub bleibt so lange mit den programmierten Werten wirksam, bis ein neuer Vorschub mit geänderten Werten programmiert wird.

Drehzahlwahl S

Das Wort S mit einem nachfolgenden Wert legt die Drehzahl der Hauptspindel während der Bearbeitung fest. Durch Eingabe von zum Beispiel: S1000 wird die Drehzahl auf 1000 U/min. festgelegt. Diese bleibt so lange wirksam, bis eine neue Drehzahl festgelegt wird.

Aufruf der Werkzeugdaten T

Mit dem Befehl T und einer nachfolgenden Zahl werden die Daten, die unter der angegebenen Zahl gespeichert sind, abgerufen. Diese Daten werden nun dem Werkzeug, welches nachfolgend aufgerufen wird zugeordnet. Die Maschine weiß nun, wie lang das Werkzeug ist, und welchen Durchmesser es hat. Selbstverständlich muss dabei der Bediener Sorge dafür tragen, dass kein falsches Werkzeug aufgerufen wird, auf das die Daten nicht zutreffen. Der Werkzeugspeicher ist ein separater Speicher, in welchen vor ab-



arbeiten eines Programms die Daten aller benötigten Werkzeuge abgespeichert werden und bei Bedarf abgerufen werden. Der große Vorteil dieser Methode besteht darin, dass von groben Unverträglichkeiten abgesehen ein und dasselbe Werkstück mit unterschiedlichen Werkzeugen gefertigt werden kann. Die Steuerung berechnet die Fräswege in Abhängigkeit des Durchmessers und der Länge des Werkzeuges.

Parameter E

Parameter sind nichts anderes als Variablen, die mit Werten belegt werden. Parameter lassen sich fast überall einsetzen. Weginformationen können mit ihnen pauschal beschrieben werden. Die Wertezuordnung kann dann im Programm während seiner Ausführung berechnet und zugewiesen werden oder mittels Makro direkt eingefügt werden. Für Berechnungen mit Parametern stehen die vier Grundrechenarten zur Verfügung.

Kreismittelpunktkoordinaten I, J, K

Die Kreismittelpunktkoordinaten werden benötigt, um Kreismittelpunkte exakt festzulegen. Die Koordinaten werden im Absolutmaß ausgehend vom Nullpunkt angegeben. Die Zuordnung ist wie folgt festgelegt:

X-Achse I-Koordinate
Y-Achse J-Koordinate
Z-Achse K-Koordinate

Teileprogramm-, Unterprogramm- und Satznummer N

Mit dem Großbuchstaben N werden Teileprogramm-, Unterprogramm-, sowie Satznummer eingeleitet. Zwischen diesen gibt es wichtige Unterscheidungsmerkmale. Teile- und Unterprogrammnummern dürfen vier bis siebenstellig (N9001-N9999999) eingegeben werden. Satznummern können maximal vierstellig (1-8999) eingegeben werden.

Ausblendsätze \N

Manchmal ist es erwünscht, dass bestimmte Programmteile nicht ausgeführt werden sollen. Dies kann zum Beispiel während der Programmtestphase der Fall sein. Oder man hat eine

Teilefamilie zu fertigen und ein Teil hat etwa im Gegensatz zu den anderen Teilen keine Bohrung, ist aber ansonsten identisch, so kann durch einfaches Hinzufügen eines Backslash-Zeichens vor dem Großbuchstaben N der Satz als Ausblendsatz gekennzeichnet werden. Dieser Satz wird ganz normal gelesen und abgearbeitet. Erst wenn am Bedienpult der Steuerung eine bestimmte Taste betätigt ist, wird dieser Satz zukünftig überlesen. SIM_WORK kann Ausblendsätze nicht verarbeiten.

Punktdefinition P

Bei der Anfertigung von vielen Bohrungen ist es mit sehr viel Programmierarbeit verbunden, wenn diese Bohrungen jedes Mal mit den Koordinaten angefahren werden. Durch Tippfehler sind außerdem Fehlpositionierungen möglich. Um dies zu vermeiden, gibt es die Möglichkeit, mit Hilfe der Punktdefinition vorher alle Koordinaten zu erfassen und durch einfaches Aufrufen der entsprechenden Punktnummer diese Koordinate anzufahren.

Kreisradius, Werkzeugradius R

Kreisradius und Werkzeugradius werden mit dem Großbuchstaben R gekennzeichnet. Es können allerdings nur Kreise, deren Winkel nicht größer als 180 Grad ist, mit dieser vereinfachten Angabe programmiert werden. Kreise mit einem größeren Winkel müssen mittels Kreismittelpunktkoordinaten I, J, K genauer definiert werden.

Programmanfang %

Um der Steuerung mitzuteilen, an welcher Stelle das Programm beginnt, benötigt man das Prozentzeichen %. Alle Zeichen, die vor diesem Zeichen eingelesen werden, werden überlesen und haben keine Bedeutung. Man kann dies beispielsweise für Kommentare zum Programm ausnutzen.

Speicherarten MM, PM, TM

Das %-Zeichen öffnet die Steuerung zur Aufnahme der Programminformation. Die Steuerung weiß jedoch noch nicht, in welchen Speicher sie die verschiedenen Informationen ablegen soll. Dazu dienen Buchstaben, die unmittel-

bar an das Zeichen % angehängt werden. So werden bei %PM (Part-Memory) alle nachfolgenden Zeichen in den Hauptprogrammspeicher eingelesen. %MM gilt sinngemäß für den Unterprogrammspeicher. Alle Informationen, die nach %TM folgen, werden in den Werkzeugspeicher eingelesen. Selbstverständlich erfolgt stets eine Kontrolle der eingelesenen Zeichen auf Syntaxfehler.

Fehlermeldungen

Datei nicht vorhanden

SIM_WORK kann die zu ladende Datei auf dem angegebenen Datenträger nicht finden. Korrigieren Sie den Namen.

Drucker nicht bereit: Bitte Drucker an PC anschließen

SIM_WORK hat festgestellt, dass keine Verbindung zwischen Drucker und PC besteht. Eventl. besteht auch ein Wackelkontakt im Kabel. Verbinden Sie die beiden Geräte mit einem fehlerfreien Kabel.

Drucker nicht bereit: Bitte Online-Taste drücken.

Der Drucker, auf dem ausgedruckt werden soll, ist offline geschaltet. Dadurch kann dieser keine Daten empfangen. Online-Taste am Drucker betätigen.

Drucker nicht bereit: Bitte Drucker einschalten.

Der Drucker ist überhaupt nicht eingeschaltet. Drucker einschalten.

Drucker nicht bereit: Kein Papier vorhanden.

Im Drucker ist kein Papier eingespannt. Neues Papier einlegen.

Eingegebener Wert außerhalb des erlaubten Bereichs.

Es wurden bestimmte Wertegrenzen nicht eingehalten. Die Zeilennummern müssen sich im Bereich von 0..8999 befinden. Hauptprogramm- und Makronummer sind nur gültig im Bereich von 9001..9999999. Die fehlerhafte Nummer entsprechend abändern.



Eingegebene Werkzeugnummer ungültig.

Die Werkzeugnummer muss sich im Bereich von 1 bis 99 befinden. Die Werkzeugnummer entsprechend abändern.

Einzulesende Hauptprogramm-Datei zu groß - BTR-Betrieb wählen.

Es wurde versucht, von einem Datenträger ein Hauptprogramm einzulesen, das mehr als 100 Programmzeilen enthält. Abhilfe: vor dem Einlesen den BTR-Betrieb wählen. Das Programm wird dann stückweise vom Datenträger eingelesen. Auf diese Weise kann es simuliert werden.

Einzulesende Makro-Datei zu groß - Speicherüberlauf.

Es wurde versucht, von einem Datenträger ein Makro einzulesen, das mehr als 100 Programmzeilen enthält. In diesem Fall muss das Makro gekürzt werden. Es besteht keine andere Möglichkeit ein überlanges Makro einzulesen.

Fehler: Kühlmittel nicht aktiv:Arbeitspindel steht: M3/M4 einfügen.

Wenn der Befehl Kühlmittel eingegeben wurde, aber die Arbeitsspindel noch steht, wird diese Fehlermeldung ausgegeben. Es muss vor dem Befehl M8 ein Befehl für die Arbeitsspindeldrehrichtung eingefügt werden (M3 oder M4).

Fehler: Satzaufbau falsch: Buchstabe im nächsten Satz doppelt vorhanden.

Es wurde ein Befehl mit doppelt vorhandenen Buchstaben entdeckt. Zum Beispiel: GG1. Den doppelten Buchstaben löschen.

Grenztaster überfahren. Achse im Manuell-Modus zurückfahren.

Ein Verfahrbefehl mit einem zu großen Endwert bewirkte, dass eine Achse auf den Grenztaster fuhr. Zum Freifahren in den Manuell-Modus schalten. Entsprechende Achse durch Drücken der Tasten X, Y oder Z aktivieren und diese durch Drücken der Tasten + beziehungsweise - vom Grenztaster wieder wegfahren.

Kein gültiger Dateiname eingegeben.

Diese Fehlermeldung erscheint, wenn der Dateiname aus ungültigen Zeichen besteht oder nur die Return-Taste ohne Namenseingabe betätigt wurde.

Letztes Element vor G40 muss eine Gerade sein.

SIM_WORK ist nicht in der Lage, eine Kontur mit einem Kreis zu beenden. Das letzte Element vor G40 muss stets eine Gerade sein.

Makro mit dieser Nummer nicht vorhanden.

Wenn aus einem Hauptprogramm ein Makro aufgerufen wird, erfolgt diese Fehlermeldung, wenn das Makro nicht existiert. Eventl. fehlerhafte Makro-nummer im Hauptprogramm korrigieren.

Max. 100 Programmzeilen möglich. Makrospeicher erschöpft.

SIM_WORK ist nicht in der Lage, Makros mit mehr als 100 Programmzeilen zu verarbeiten.

Max. 100 Programmzeilen möglich: Hauptprogrammspeicher erschöpft.

SIM_WORK ist nicht in der Lage, Programme mit mehr als 100 Programmzeilen zu verarbeiten. Längere Programme mit einem separaten Editor erstellen und dieses dann im BTR-Betrieb simulieren.

M0-Programmstop; weiterfräsen mit [ESC].

Der Befehl M0 bewirkt eine Programmunterbrechung. Nach Drücken der Taste [ESC] wird die Simulation fortgesetzt.

Mit diesen Werten bilden sich keine Schnittpunkte.

Diese Fehlermeldung erscheint, im Schnittpunktrechner oder während der Simulation mit Werten gearbeitet wird, bei denen sich keine Schnittpunkte zwischen zwei Elementen bilden. Die Koordinaten entsprechend umändern.

Nur Großbuchstaben eingeben.

SIM_WORK verarbeitet nur Befehle mit Großbuchstaben. Da es sich um ein

Ausbildungsprogramm handelt und dem Training dient, wurde auf eine automatische Umwandlung der Kleinbuchstaben verzichtet. Die Shift-Lock-Taste drücken und Buchstaben korrigieren.

Programmfehler: Arbeitsspindel steht. M3/M4 einfügen.

Wenn ein Zyklus abgearbeitet wird, erhält man diese Fehlermeldung, wenn versäumt wurde, vor Zyklusaufzug den Befehl M3 beziehungsweise M4 einzugeben.

Programmfehler: Einfahrrampe zu groß; 1 % von S wird verwendet.

Zum Gewindeschneiden wurde eine falsche Einfahrrampe gewählt. SIM_WORK wählt automatisch die richtige Einfahrrampe. Programm nach der Simulation ändern.

Programmfehler:Kein Vorschub programmiert.

Wenn eine Achse im Vorschubverfahren werden soll (G1), muss vorher festgelegt werden, in welcher Geschwindigkeit dieser ausgeführt werden soll. Vor dem ersten G1-Befehl einen F-Befehl einfügen.

Programmfehler: Keine Drehzahl programmiert.

Wenn mit dem Befehl M3 die Arbeitsspindel starten soll, aber noch kein Drehzahlwert eingegeben wurde, erscheint diese Fehlermeldung. SIM_WORK muss natürlich erst mitgeteilt werden, mit welcher Drehzahl sich die Spindel drehen soll. Vor dem Befehl M3/M4 daher den Befehl S mit einem nachfolgenden Zahlenwert einfügen.

Programmfehler: Keine Drehrichtung M3/M4 programmiert.

Wenn eine Kontur mit G43 oder G44 bei stillstehender Spindel angefahren wird, erscheint diese Fehlermeldung. Die Kontur kann natürlich immer nur mit einem drehenden Werkzeug angefahren werden, da sonst das Werkzeug zerstört wird. Vor dem Anfahrbefehl den Befehl M3 beziehungsweise M4 einfügen.



Programmfehler: Makro-Nummer außerhalb des erlaubten Bereichs.

Es wurde versucht, eine Makro-Nummer zu verwenden, die außerhalb des erlaubten Bereichs von 9001 bis 9999999 liegt.

Programmfehler: Makro muss mit M17 beendet werden!

Diese Fehlermeldung ist eigentlich nur ein Hinweis. SIM_WORK unterbricht die Simulation in diesem Fall nicht, da SIM_WORK in der Lage ist, das Makroende auch ohne dem Befehl M17 zu erkennen. Allerdings kann ein fehlender M17-Befehl in einer realen Maschinen-Steuerung einen Programmabbruch bewirken.

Programmfehler: Nach G2/G3 muss G1/G0 folgen.

SIM_WORK ist nicht in der Lage, während der Simulation Schnittpunkte aus Kreis-Kreis zu berechnen. Es können nur Schnittpunkte aus der Berechnung von Kreis-Tangente ermittelt werden.

Programmfehler: Satzaufbau falsch. Zu viele Leerzeichen.

Im Programm wurden vereinzelt zwischen den einzelnen Befehlen zu viele Leerzeichen eingefügt. Erlaubt ist nur ein Leerzeichen zwischen zwei Befehlen. Überzählige Leerzeichen löschen.

Programmfehler: Satzaufbau falsch: schließende Klammer fehlt.

Es wurde vergessen, einen Kommentar mit einer schließenden Klammer abzuschließen. Die schließende Klammer hinzufügen.

Programmfehler: Satzaufbau falsch: Klammersaufbau falsch.

Diese Fehlermeldung erscheint, wenn versehentlich mehrere öffnende Klammern in einem Satz stehen. Überzählige Klammer entfernen.

Programmfehler: Satznummer außerhalb des erlaubten Bereichs.

Es wurde versucht, eine Satznummer, die nicht im Bereich von 1 bis 8999 liegt, zu verwenden. Die Satznummer ändern.

Programmfehler: Vorschub fehlt, G0 bei G41/42/43/44 nicht erlaubt.

Wenn mit Radiuskorrektur gearbeitet wird, darf dies nicht im Eilgang erfolgen. Vor dem Beginn der Radiuskorrektur einen G1-Befehl einfügen.

Programmfehler: Werkzeugradius=0; Standardradius=2 wird verwendet.

Es wurde vergessen, im Werkzeugspeicher einen Radius für das Werkzeug anzugeben. SIM_WORK setzt automatisch für das Werkzeug den Radius R2 ein. Im Werkzeugspeicher den Radius auf das tatsächliche Maß abändern.

Rechenfehler.

Diese Meldung wird erzeugt, wenn sich keine Schnittpunkte ergeben. Das Programm mit dem Punkteberechnungsmodul auf Maßfehler überprüfen.

Werkzeug wechseln.

Diese Meldung erfolgt bei allen Werkzeugwechselbefehlen außer M67. Diese Meldung ist keine Fehlermeldung sondern nur ein Hinweis für den Bediener, dass jetzt das Werkzeug gewechselt werden kann. Drücken der Taste [RE-TURN] setzt die Simulation fort.

Waagrechtbearbeitung in SIM_WORK nicht zulässig.

In SIM_WORK können Programme nur senkrecht bearbeitet und simuliert werden. Am Programmanfang stets G18 eingeben.

Wiederholung nicht möglich. Kein Programm im Speicher.

Es wurde ein Programm mittels BTR-Betrieb simuliert. Nach der Simulation wird der Programmspeicher gelöscht. Eine erneute Simulation kann bei großen Programmen nur im BTR-Betrieb erfolgen.

Zeilennummer nicht vorhanden.

Zeilennummern sind normalerweise zur Programmierung nicht notwendig. Außer man arbeitet mit Sprung- und Wiederholungsfunktionen. Diese Fehlermeldung wird ausgegeben, wenn SIM_WORK die anzuspringende Zeilennummer nicht finden kann.

Zyklus nicht möglich: Werkzeugdurchmesser ist größer als Taschenbreite.

Wenn eine Tasche gefräst werden soll, prüft SIM_WORK, ob die Taschenbreite mit dem aktuellen Werkzeug hergestellt werden kann. Entweder die Taschenbreite ändern oder ein Werkzeug mit kleinerem Radius verwenden.

Zyklus nicht möglich: Werkzeugradius ist größer als Taschenradius.

Wenn eine Tasche gefräst werden soll, prüft SIM_WORK, ob der Taschenradius mit dem aktuellen Werkzeug hergestellt werden kann. Entweder den Taschenradius abändern oder ein Werkzeug mit einem kleineren Radius verwenden.

Zyklus nicht möglich: Werkzeugdurchmesser ist größer als Taschenlänge.

Wenn eine Tasche gefräst werden soll, prüft SIM_WORK, ob mit dem aktuellen Werkzeug die Taschenlänge hergestellt werden kann. Entweder die Taschenlänge ändern oder ein Werkzeug mit einem kleineren Radius wählen.

Unbekannter Befehl

Jeder Befehl, der als unbekannt erkannt wurde, erzeugt diese Fehlermeldung. Zum Beispiel ist G32 nicht im Befehlsumfang von SIM_WORK enthalten. Da es sich bei SIM_WORK um ein Lernsystem handelt, werden unbekannte Befehle dennoch im Editor aufgenommen. Sie haben jedoch keinen Einfluss auf die Simulation. Unbekannte Befehle aus dem Programmcode entfernen.

www.weltdorfertigung.de

Hinweis: SIM_WORK versucht bei leichten Fehlern wie etwa Satznummernfehler, stets die Simulation fortzusetzen. Erst bei schweren Fehlern, wie einem Überfahren des Grenztasters, wird die Simulation abgebrochen.

Simulierte Verfahrswege:

X-Achse: 500 mm

Y-Achse: 400 mm

Z-Achse: 300 mm