



Per PAL-Modus durch die schriftliche CNC-Prüfung

Optimale CNC-Prüfungsvorbereitung dank SIM_WORK

SIM_WORK emuliert nicht nur eine Philips-Steuerung, sondern ist auch in der Lage, sogenannte PAL-Befehle zu verstehen. Diese Befehle haben nichts mit der PAL-Programmiersprache der Datenbank Paradox zu tun. Die PAL-Maschine ist eine imaginäre Maschine, die es nirgends zu kaufen gibt. Deren Befehlssatz wird herangezogen, um das sichere Beherrschen von CNC-Steuerungen zu überprüfen. Insbesondere Zerspanungsmechaniker werden bei ihrer schriftlichen Facharbeiterprüfung damit konfrontiert. Wer mit SIM_WORK übt, kann diesem Tag entspannt entgegensehen.



Die PAL-Maschine erblickte wegen der damaligen Vielzahl von CNC-Steuerungen das Licht der Fertigungswelt. Zur Zeit der Einführung wurde dies von den zuständigen IHK-Prüfungsausschüssen als Notwendigkeit betrachtet, um in einem vertretbaren Zeitrahmen das CNC-Wissen der Prüflinge zu bewerten.

Mittlerweile gäbe es keine Rechtfertigung mehr, Prüflingen und Ausbildungsbetrieb damit zu belasten, da heute ohne Mehrbelastung für die Prüfungsausschüsse selbst steuerungsspezifische Prüfungen möglich sind. Solange dies von den Kammern jedoch nicht umgesetzt wird, was auch den mit Simulatoren gute Geschäfte machenden Unternehmen geschuldet ist, müssen nach wie vor zahlreiche Stunden aufgewendet werden, um diesen Unsinn zu lernen. SIM_WORK macht es nun zumindest möglich, sich mit der PAL-Steuerung zu beschäftigen, ohne Unsummen in einen Simulator zu investieren.

Im PAL-Befehlssatz sind Zyklen zu finden, die so auf regulären Steuerungen nicht, oder nur in ähnlicher Form zu finden sind. Der Vorteil ist, dass bundesweit alle Prüflinge das Prüfungsstück mit dem gleichen Befehlsumfang programmieren. Ein Nachteil war bisher, dass man ohne Simulator lediglich theoretische Aufgaben üben konnte, da ja die realen CNC-Steuerungen mit den PAL-Befehlen nichts anfangen können.

Mit SIM_WORK hat sich dies geändert! Nun ist es möglich, Übungsprogramme zu schreiben und sofort simulieren zu lassen. Selbstverständlich gelten dieselben Einschränkungen bezüglich der Geometrie des Werkstückes wie für die Philips-Emulation.

Um in den PAL-Modus umzuschalten, muss eine Maschinenkonstante geändert werden. Zu diesem Zweck müssen die Tasten [Strg] + [I] gleichzeitig betätigt werden. Anschließend wird die Taste [M] betätigt, um in den Maschinenkonstantenspeicher zu gelangen. Nun wird der Cursor auf das Feld 1 gesetzt und dort der Wert

"1" eingetragen. Nach Drücken der RETURN-Taste ist die Maschinenkonstante geändert und der PAL-Modus aktiv. Per [ESC] kann nun der Maschinenkonstantenspeicher verlassen werden.

Anschließend erfolgt die Aufforderung, alle Referenzpunkte neu anzufahren. Im linken Fenster steht zur Kontrolle neben dem Feld "MODUS" der Text "PAL". SIM_WORK ist nun bereit, Befehle nach PAL entgegenzunehmen.

Das erste PAL-Programm

Um das erste PAL-Programm zu schreiben, muss per [Strg] + [K] in den Editor gewechselt werden. Selbstverständlich kann das Programm auch von der Festplatte eingelesen werden. Das folgende CNC-Programm ist bis auf die geänderten Achsenbezeichnungen identisch mit einem Philips-432-Programm:

```
%2
N1 G54 F80 S1390 T4 M06
N2 G00 X7.5 Y7.5 M03
N3 Z1 M08
N4 G01 Z-2.5
```

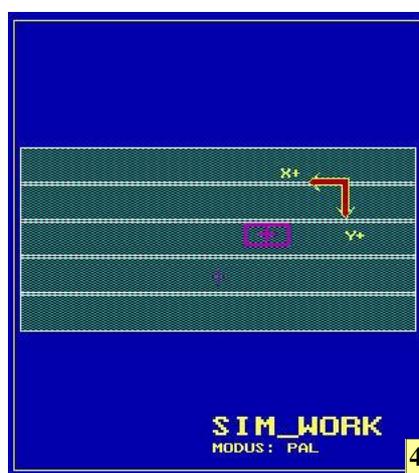
```
N5 Y62.5
N6 X92.5
N7 Y7.5
N8 X7.5
N9 G00 Z1
N10 X50 Y52
N11 G01 Z-2.5
N12 Y18
N13 G00 Z1
N14 X33 Y35
N15 G01 Z-2.5
N16 X67
N17 G00 Z100 M09
N18 X150 Y150
N19 M30
```

Allerdings ist noch etwas anders: Es gibt keinen %PM-Befehl! Die PAL-Steuerung erkennt also ein Hauptprogramm alleine am %-Zeichen. Die nachfolgende Zahl wird anschließend als Kennnummer des Hauptprogramms interpretiert.

Wer nun das CNC-Programm startet, wird auf mehrere Fehlermeldungen stoßen. Zunächst wird SIM_WORK melden, dass keine Werkzeugdaten vorhanden sind und mit den Standardwerten weiterarbeiten. Da auch kein Nullpunktverschiebewert eingegeben wurde, bricht die Simulation mit der Meldung, dass ein Crash erfolgte ab. SIM_WORK simuliert also recht praxisnah eine echte Maschine.

Wer nicht an solche "Kleinigkeiten" wie die Nullpunktverschiebung denkt, verursacht schnell teure Maschinenschäden. Deshalb machen sich Trockenübungen mit SIM_WORK sehr schnell bezahlt, da damit die nötige Souveränität gewonnen wird, um reale Maschinen sicher zu bedienen. Ganz nebenbei wird man auch noch fit für

Die PAL-Befehle im Überblick
G00 Positionieren im Eilgang
G01 Geraden-Interpolation
G02 Kreis-Interpolation im Uhrzeigersinn
G03 Kreis-Interpolation im Gegenuhrzeigersinn
G04 Verweilzeit in Sekunden
G09 Genauhalt
G40 Aufheben der Werkzeugkorrektur
G41 Werkzeugbahnkorrektur, links
G42 Werkzeugbahnkorrektur, rechts
G53 Aufheben der Nullpunktverschiebung G59
G54 Absolute Nullpunktverschiebung
G59 Additive Nullpunktverschiebung
G73 Drehung um den Nullpunkt
G85 Teilkreis-Bohrzyklus
G86 Taschenfräszyklus
G87 Kreistaschenfräszyklus
G88 Nutenfräszyklus
G89 Teilkreis-Gewindebohrzyklus
G90 Absolute Maßangabe
G91 Inkrementale Maßangabe
G94 Angabe der Vorschubgeschw. in mm/min
G95 Angabe der Vorschubes in mm je Umdr.
G97 Angabe der Spindeldrehzahl in U/min
M00 Programmierter Halt
M03 Spindel dreht im Uhrzeigersinn
M04 Spindel dreht im Gegenuhrzeigersinn
M06 Werkzeugwechsel
M08 Kühlschmiermittel Ein
M09 Kühlschmiermittel Aus
M17 Unterprogrammende
M30 Programmende
% Kennung für Hauptprogramm
L Kennung für Unterprogramm (Makro)



4 Da der PAL-Befehlssatz keinen Befehl für den Grafikbereich besitzt, erfolgt keine Darstellung der Umriss des Werkstücks.

die CNC-Facharbeiterprüfung gemacht.

Für die fehlerfreie Simulation sind deshalb noch folgende Eingaben nötig:

Werkzeugdaten: Länge: 100, Radius 5
Nullpunktverschiebung: G54 X100 Y100 Z100

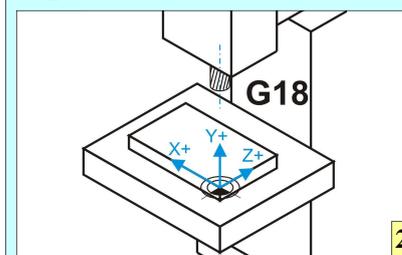
Da der PAL-Befehl keinen G98-Befehl für den Grafikbereich kennt, muss darauf verzichtet werden, den Umriss des zu fräsenden Werkstücks kenntlich zu machen.

Ein schwierigeres PAL-Programm

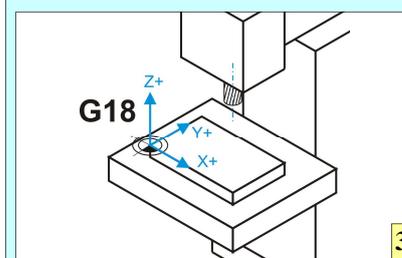
Bevor ein neues Programm eingegeben werden kann, sollten wie gehabt die Speicher mit [Strg] + [N] gelöscht werden. Anschließend sind die Nullpunktverschiebungswerte in G54 sowie die Werkzeugmaße in die entsprechenden Speicher einzugeben. Die Werkzeuge haben folgende Abmessungen:

T1	L100	R6
T2	L100	R10

Wichtig!
Die PAL-Maschine ist standardmäßig eine Senkrechtfräsmaschine. Daher ändert sich die Achsenbezeichnung im Vergleich zur Philips 432-Steuerung, die an der MAHO-Maschine implementiert ist und von SIM_WORK simuliert wird.



2 Achsenzuordnung im Maho-Modus



3 Achsenzuordnung im PAL-Modus. Es werden die Bezeichnungen der Achsen Y und Z getauscht. Außerdem steht der Maschinullpunkt nun auf der linken Seite des Frästisches. Dadurch ändert sich auch das Vorzeichen der X-Achse.



T3 L100 R8
 T4 L100 R4
 T5 L100 R4

Die Werkzeu-
 daten können selbst-
 verständlich von der Festplatte einge-
 lesen werden. Nun kann ein neues
 Programm eingegeben werden. Dazu
 entweder in den Editor wechseln und
 per [Strg] + [→] in den Makro-Editor
 oder das Makro von der Festplatte ein-
 lesen:

L19
 N1 G91
 N2 G01 Z-3
 N3 X20
 N4 G00 Z3
 N5 G90
 N6 M17

Anschließend wieder per Tastenkombi-
 nation [Strg] + [→] in den Haupt-
 programmeditor wechseln und dort
 folgendes Programm eingeben:

```
%7
N1 G54 F80 S470 T2 M06
N2 G00 X110 Y-10 M03
N3 Z1 M08
N4 G01 Z-2
N5 G41
N6 X95 Y5
N7 X64
N8 Y20
N9 G03 X36 Y20 I-14 J0
N10 G01 Y5
N11 X15
N12 G02 X5 Y15 I0 J10
N13 G01 Y53
N14 G02 X17 Y65 I12 J0
N15 G01 X45
N16 X75.737 Y49.631
N17 X88.274 Y35.176 I-11.18 J-22.361
N18 G01 X95 Y15
N19 Y5
N20 G40
N21 X110 Y-10
N22 G00 Z1
N23 X70 Y70
N24 G01 Z-2
N25 X100
N26 Y50
N27 G00 Z100 M09
N28 X150 Y-50
N29 F80 S1390 T4 M06
N30 G00 X23 Y45
N31 Z1 M08
N32 L1901 (Unterprogramm 19 aufrufen)
N33 X70 Y60
N34 Z-1
N35 L1901
N36 Z100 M09
N37 X150 Y-50
N38 T2 M06
N39 Y150
N40 M30
```

Wenn mit [ESC] der Editor verlassen

wird, erfolgt sofort eine Simulation des
 PAL-CNC-Programms.

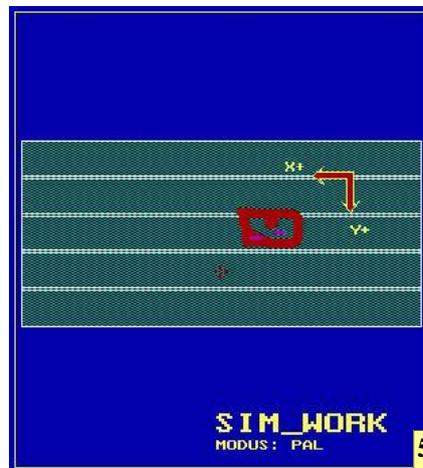
Soll dies vermieden werden, um das
 Programm eventuell vorher zu sichern,
 so kann der Editor mit der Tastenkombi-
 nation [Strg] + [E] verlassen werden,
 ohne dass eine automatische Simulati-
 on erfolgt. Anschließend kann das Pro-
 gramm mit [Strg] + [A] abgespeichert
 und mit [Strg] + [W] simuliert werden.

Eine Prüfungsaufgabe

Wie bereits erwähnt, ist es mit
 SIM_WORK möglich, sich auf die
 CNC-Abschlussprüfung im Fach Frä-
 sen vorzubereiten. Nachfolgend folgt
 ein Programm, das in einer lange zu-
 rückliegenden Abschlussprüfung
 erstellt werden musste. Die Zeichnung
 dazu findet sich im Bildkasten (12).
 Die Daten der benötigten Werkzeuge
 lauten:

T1 L100 R6
 T2 L100 R12.5
 T3 L100 R10
 T4 L100 R8
 T5 L100 R6
 T6 L100 R4
 T7 L100 R4
 T10 L100 R4.25
 T11 L100 R4
 T12 L100 R5

```
%2
N1 F100 S440 T2 M03
N2 G00 X112 Y-15
N3 Z-8 M08
N4 G41
N5 G01 X97.749 Y5
N6 X40
N7 X16.633 Y10.382
```



5 PAL-Beispiel mit Aufruf eines Unterpro-
 gramms.

Vergleich PAL-Philips 432

Einige Pal-Befehle entsprechen in der
 Funktion den Philips-Befehlen. Die An-
 wendung im Programm erfolgt bis auf die
 unterschiedlichen Adresswerte gleich. Der
 Befehl G97 (Drehzahl in U/min) wird ein-
 geselesen, hat aber keine praktische Auswir-
 kung auf den Programmablauf.

PAL-Befehl	Philips 432-Befehl
G09	G28
G53	G93
G59	G92
G73	G93

```
N8 G02 X5 Y25 I3.367 J14.618
N9 G01 Y72
N10 G03 X19.967 Y80 I0 J18
N11 G01 X102.426
N12 G02 X97.749 Y5 I-42.426 J-35
N14 G01 X112 Y-15
N141 G40
N15 G00 Z1 M09
N16 X85 Y95
N17 Z-4 M08
N18 G41
N19 G01 X80 Y80
N20 X111.235 Y65
N21 G40
N22 G01 X130 Y80
N23 G00 Y20
N24 G41
N25 G01 X114.081 Y34.986
N26 G03 X85 Y5 I0.919 J-29.986
N265 G01 X95 Y-1
N28 G01 X100 Y-10
N285 G40
N29 G00 Z100 M09
N30 X150 Y-50
N31 F25 S1390 T7 M06
N32 G00 X30 Y45
N33 Z1 M08
N34 G86 X50 Y20 Z-8 I105 D2
N35 G00 X34.141 Y29.545
N36 Z-7
N37 G88 X41.65 Y9.467 Z-17 I105 D2.25
N38 G00 Z1
N39 X75 Y50
N40 G87 Z-6 D2 R12
N41 G00 Z100 M09
N42 X150 Y-50
N43 F100 S900 T1 M06
N44 G00 X75 Y50
N45 Z-5 M08
N46 G01 Z-11.25
N47 G00 Z1 S1060
N48 G85 Z-4.5 I0 J5 R18
N49 G00 Z100 M09
N50 X150 Y-50
N51 F150 S1120 T10 M06
N52 G00 X75 Y50
N53 Z-5 M08
N54 G01 Z-19
N55 G00 Z100 M09
N56 X150 Y-50
N57 S318 T12 M06
N58 G00 X75 Y50
N59 Z-1.5 M08
N60 G89 Z-22 I0 J1 F1.5 R0
N61 G00 Z100 M09
```



N62 X150 Y-50
 N63 F150 S1190 T11 M06
 N64 G00 X75 Y50
 N65 Z1 M08
 N66 G85 Z-19 I0 J5 R18
 N67 G00 Z100 M09
 N68 X150 Y-50
 N69 T2 M06
 N70 G00 Y150
 N71 M30

Wenn das Programm simuliert wird, kommen einige Probleme ans Tageslicht, die damals vom zuständigen Prüfungsausschuss nicht berücksichtigt wurden.

Die erste Ungereimtheit besteht in der Tatsache, dass davon ausgegangen wird, Werkzeug T2 wäre bereits eingespannt. Dies kommt in der Praxis bei einem neu herzustellenden Werkstück fast nie vor. Daher muss das Programm in den folgenden Zeilen abgeändert werden:

N1 F100 S440 T2 M06 (Befehl M06 einfügen und M03 löschen)
 N2 G00 X112 Y-15

Da eine reale Maschine nur einen eingeschränkten Verfahrbereich besitzt, sind an den Endpositionen Sensoren eingebaut, die den Vorschub stillsetzen, um einen Maschinenschaden bei Überschreitung dieser Grenzen zu vermeiden. SIM_WORK meldet zu Recht einen Fehler, wenn versucht wird, diesen Bereich zu überschreiten. Das Programm muss daher mit einer Nullpunktverschiebung programmiert werden. Daher sind noch folgende Zeilen zu ändern:

N1 F100 S440 T2 M06
 N11 G54 M03 (Diese Zeile einfügen)
 N2 G00 X112 Y-15

Im Nullpunktverschiebespeicher müssen unter „54“ noch Werte für die Nullpunktverschiebung eingegeben.

Die Steuerung einer realen Maschine darf natürlich nicht zulassen, dass im Eilgang die Kontur angefahren wird. Deshalb meldet SIM_WORK einen entsprechenden Fehler, wenn der Befehl G41 erfolgt, ohne dass vorher ein G01-Befehl abgearbeitet wurde. Daher sind folgende Zeilen abzuändern:

N4 G01
 N5 G41 X97.749 Y5
 #
 N18 G01

N19 G41 X80 Y80
 #
 N24 G01
 N25 G41 X114.081 Y34.986

Durch einen einfachen Tausch von G01 und G41 wird die vorhergehende Fehlermeldung vermieden. Wenn nun eine Wiederholung der Simulation erfolgt, wird das Programm ohne Fehler simuliert. Nachdem nun ein ehemaliges Prüfungsstück durchgearbeitet wurde, sollen noch kurz die Besonderheiten der Programmierung nach PAL angeschnitten werden.

Werkzeugpositionierung:

Im PAL-Befehlssatz existiert kein G43-beziehungsweise G44-Befehl. Das Werkzeug wird sofort mit G41 beziehungsweise G42 auf die Kontur positioniert. Dabei ist jedoch die Möglichkeit gegeben, dass die Kontur vom Fräswerkzeug nicht genau berührt wird. Fehlpositionierung im nächsten Satz kann die Folge sein.

Zyklen:

Bei den Zyklen entspricht die Endposition gleich der Startposition. Die Startposition ist diejenige Position, an der sich das Werkzeug vor dem Aufruf des Zyklus befindet. Sie sollte immer einen Millimeter über der Bearbeitungsebene liegen.

Makroaufruf:

Ein Makro wird aus einem Hauptprogramm durch den Befehl L, dem eine vierstellige Nummer angehängt ist, auf-

gerufen. zum Beispiel: L0204. Der Befehl ist wie folgt aufgebaut:

- L = Lade Makro
- 02 = Makro Nummer
- 04 = Anzahl der Durchläufe

Das Makro mit der Nummer 02 wird also vier Mal wiederholt.

www.welderfertigung.de

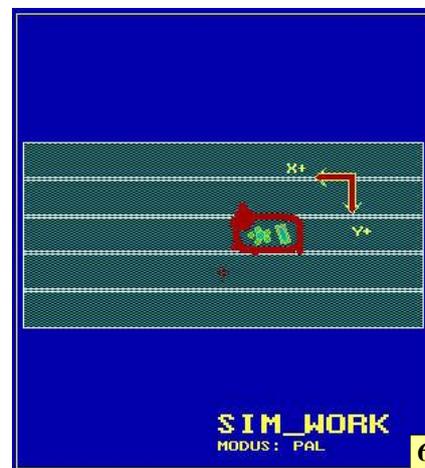
Info

SIM_WORK kann keine neuen PAL-Befehle verarbeiten, die nach der Neuordnung im Jahre 2004 bzw. 2007 hinzugekommen sind.

Wichtig

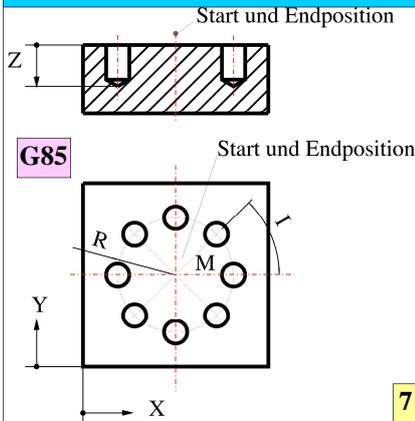
Durch Eintragen des Wertes 15 in die Maschinenkonstante 20 wird das Simulieren von Zyklen wesentlich beschleunigt. Weitere änderbare Maschinenkonstanten sind im Infokasten (13) zu finden.

Anzeige

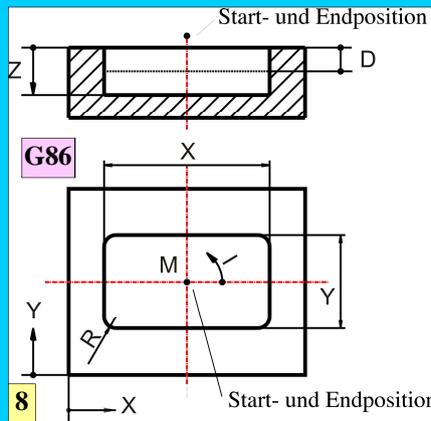


2 Nachdem einige Fehler in der ursprünglichen Musterlösung beseitigt waren, simuliert SIM_WORK das ehemalige CNC-Prüfungsprogramm einwandfrei.

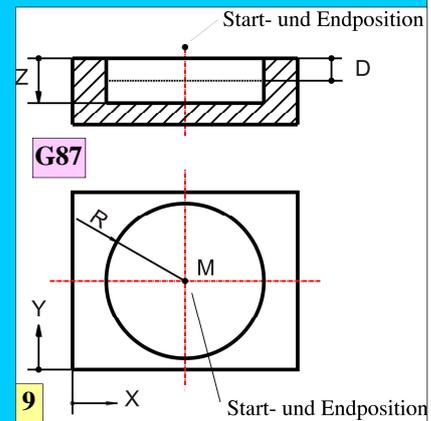
Die PAL-Zyklen



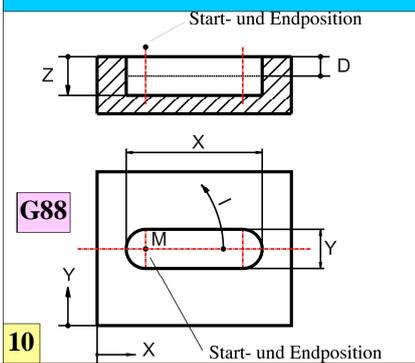
7 Teilkreis-Bohrzyklus G85
 R= Teilkreisradius
 Z= Tiefe der Bohrung (Bezug=Werkstück-NP)
 I= Startwinkel (Bezug=X-Achse)
 J= Anzahl der Bohrungen



8 Taschenfräszyklus G86
 X= Taschenlänge
 Y= Taschenbreite
 Z= Taschentiefe (Bezug=Werkstück-NP)
 D= Einzelschnitttiefe
 I= Drehwinkel um Punkt M (Bezug=X-Achse)



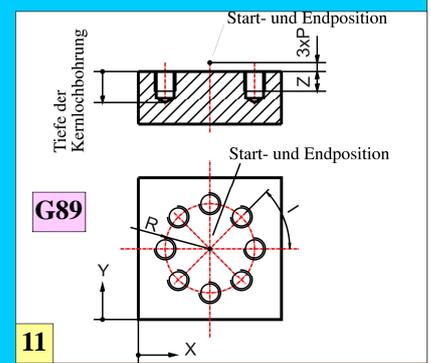
9 Kreistaschenfräszyklus G87
 R= Kreistaschenradius
 Z= Taschentiefe (Bezug=Werkstück-NP)
 D= Einzelschnitttiefe



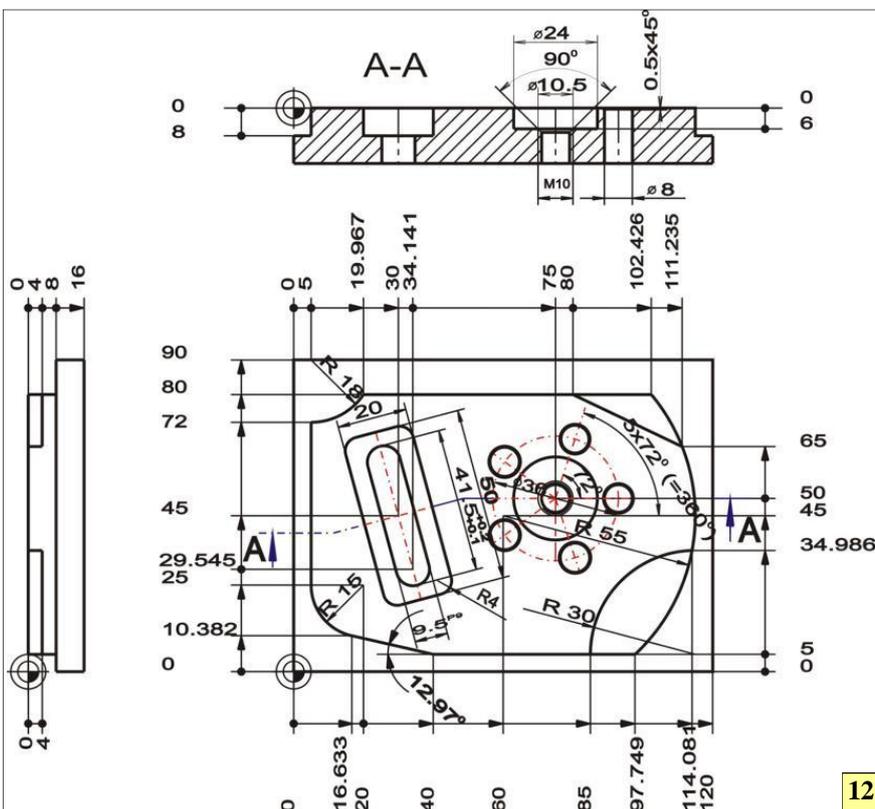
10 Nutenfräszyklus G88
 X= Nutlänge
 Y= Nutbreite
 Z= Nuttiefe (Bezug=Werkstück-NP)
 D= Einzelschnitttiefe
 I= Drehwinkel um Punkt M (Bezug=X-Achse)



11 Teilkreis-Gewindebohrzyklus G89
 R= Teilkreisradius
 I= Startwinkel (Bezug=X-Achse)
 J= Anzahl der Gewinde
 Z= Nutzbare Gewindelänge (Bezug=Werkst.-NP)
 F= Gewindesteigung



11 Teilkreis-Gewindebohrzyklus G89
 R= Teilkreisradius
 I= Startwinkel (Bezug=X-Achse)
 J= Anzahl der Gewinde
 Z= Nutzbare Gewindelänge (Bezug=Werkst.-NP)
 F= Gewindesteigung



12 Da die PAL-Maschine eine reine Phantasie-Maschine ist, sind die ausgearbeiteten Musterlösungen zu den CNC-Prüfungsausgaben nicht selten fehlerhaft. Jeder verantwortungsbewusste Prüfer sollte daher die Musterlösung kritisch durcharbeiten, bevor damit die Leistungen der Prüflinge bewertet wird. Langfristig ist es nötig, die wenig nutzbringenden PAL-CNC-Prüfungen, die es unter den Industrienationen nur in Deutschland gibt, abzuschaffen.

Alle Maschinenkonstanten und deren Wirkung

- 1 0 Philips 432-Simulation.
- 1 PAL/IHK-Simulation.
- 2 0 Fräserdurchmesser beziehungsweise Fräserbahn bei G41/G42 anzeigen.
- 1 Fräsermittelpunktbahn beziehungsweise Werkstückkontur anzeigen.
- 3 0 Normale Simulationsgeschwindigkeit
- 1 Schnelle Simulationsgeschwindigkeit.
- 5 0 Keine Prüfung auf Leerzeichen
- 1 Prüfung auf Leerzeichen aktiv
- 20 0 Normales simulieren der Zyklen.
- 15 Schnelles simulieren der Zyklen.
- 25 0 Autom. setzen eines Werkzeugradius von R=2 bei Werkzeugwechsel.
- 1 Kein automatisches WKZ-Einsetzen Werkzeugradius.
- 30 0 Drucken der NP-Verschiebungswerte
- 1 Keine NP-Verschiebungswerte drucken
- 31 0 Werkzeugdaten drucken
- Werkzeugdaten nicht drucken