



CNC-Programmierung ohne Geheimnisse

Dem Rätsel der DIN 66025 per Simulator auf der Spur

Das Programmieren von CNC-gesteuerten Maschinen wird als schwierig und abstrakt angesehen. Doch ist der Umgang mit dieser Programmiersprache auch nicht schwieriger als das Programmieren in Basic oder Pascal. In einem mehrteiligen Kurs kann jeder Interessierte sich dieser Maschinengattung nähern, ohne Angst zu haben, etwas kaputt zu machen. Zu diesem Zweck ist ein CNC-Fräsmaschinensimulator entwickelt worden, der sowohl auf DOS-Rechnern läuft, als auch mithilfe eines DOS-Simulators unter Windows 7 arbeitet.



1 Moderne CNC-Steuerungen erleichtern das Programmieren anspruchsvoller Teile.

Das Programmieren von CNC-gesteuerten Maschinen ist eine faszinierende Sache. Die CNC-Programmiersprache, die nach DIN 66025 genormt ist, ist eigentlich nur auf dem ersten Blick unverständlich. In Wahrheit ist der Umgang mit dieser Steuersprache auch nicht schwieriger als das Programmieren etwa in Basic oder Pascal.

Wer einmal den nur Anfangs nicht ganz leichten Einstieg in die Welt der CNC-Programmierung geschafft hat und sich anschließend etwas genauer mit dem Satzaufbau und der Anwendung der einzelnen Befehle auseinandersetzt, dem steht das ganze Leistungsspektrum dieser staunenswerten Maschinengattung offen.

CNC-Maschinen bieten Bearbeitungsmöglichkeiten, die ganz neue Strategien der Zerspaltung erlauben. Vielfach erübrigt sich das Umspannen der Werkstücke auf eine andere Maschine, da mit CNC-Maschinen, die nicht selten mit Rund- beziehungsweise Schwenktisch oder gar mit einer Kombination derselbigen ausgestattet sind, oft das Teil in einer Aufspannung hergestellt werden kann. Dieser Trend wird durch Maschinen, die mehrere Technologien in sich vereinigen, noch verstärkt.

Lernen, ohne auszustiegen

Nicht jeder ist nun in der glücklichen Lage, über eine CNC-Maschine zu verfügen beziehungsweise an einer CNC-Steuerung zu üben. Insbesondere arbeitslose Facharbeiter, die nie Gelegenheit bekommen haben, sich diesbezüglich fortzubilden, haben hier das Nachsehen. Aus diesem Grunde wurde ein Programm entwickelt, das eine CNC-Maschine nebst Steuerung simuliert.

Die Simulationssoftware hört auf den Namen "SIM_WORK" und ermöglicht es, angstfrei CNC-Befehle zu erlernen. Um eine möglichst praxisgerechte Programmierung zu gewährleisten, wurde SIM_WORK an den Sprachschatz einer Industriesteuerung angelehnt. SIM_WORK ist weitgehend in der Lage, die Befehle und Handhabung einer Philips-432-



Steuerung zu simulieren. Diese Steuerung wird zwar nicht mehr gebaut, hat jedoch den Vorteil, dass sie nach wie vor im Einsatz ist und gerade in der Ausbildung eine wichtige Rolle spielt, da dorthin vielfach die für die Fertigung nicht mehr voll tauglichen Maschinen ausgelagert wurden.

Im Endeffekt ist es natürlich völlig egal, welche Steuerung man zum Lernen nutzt. Entscheidend ist, dass man nach der Zeit des Übens versteht, wie CNC-Maschinen programmiert werden, da die Befehle auf der Norm DIN 66025 aufbauen und das Gelernte daher auf jede Steuerung grundsätzlich übertragbar ist.

Starten von SIM_WORK

SIM_WORK kann auf DOS-Rechnern direkt durch Eingabe von SIM_WORK.EXE beziehungsweise aus dem Dateexplorer durch Doppelklick auf die Exe-Datei von SIM_WORK gestartet werden, wenn

auf diesem Rechner Windows in der Version 95,98 oder 2000 installiert ist. Ab Windows XP wird es schon kritischer und mit Windows 7 unmöglich, SIM_WORK direkt zu starten.

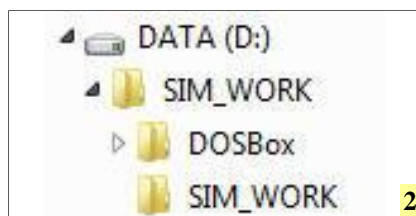
Es gibt jedoch stets Lösungen, das CNC-Simulationsprogramm zum Laufen zu bringen. Dazu ist beispielsweise nur der Einsatz eines DOS-Emulators wie etwa von "DOSBox" nötig. Möglich wäre zudem, ein Dos-Betriebssystem als zweites Betriebssystem zu installieren. Der Einsatz von DOSBox hat jedoch den großen Vorteil, dass das Programm nicht installiert werden muss (Stickware) und daher auch keine PC-Systemeinstellungen verändert werden.

Das Freeware-Programm "DOSBox" können Sie im Download-Bereich von Welt der Fertigung im Paket mit SIM_WORK herunterladen. Die darin enthaltene Version ist die portable Version dieses DOS-Emulators, da diese Version keine Systemänderungen am

Wie alles begann

Das automatische Steuern von Maschinen begann 1808 mit dem Lochkarten-Webautomaten. 1863 wurde das automatische Klavier patentiert, bei dem ein gelochtes Papierband die Pressluft zur Betätigung der Tasten steuerte. Mit der Z3, die der Deutsche Konrad Zuse Mitte der 1930er Jahre baute, entstand der erste voll funktionsfähige, programmierbare Computer der Welt. 1952 erschuf das MIT, eine Universität in den USA, die erste numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine. Sie war bereits so schnell, dass damit drei Achsen simultan bewegt werden konnten. 1960 wagten sich die ersten Hersteller aus Deutschland auf den Markt für NC-Maschinen. 1968 wurden durch die IC-Technik die Steuerungen kleiner und leistungsfähiger. 1984, erschienen leistungsfähige CNCs mit grafisch unterstützter Programmierhilfe. Heutige Steuerungen simulieren selbst hochkomplizierte CNC-Programme vorab, um die Gefahr eines Crash zu minimieren.

Installieren von SIM_WORK



2 Verwenden Sie ein Verzeichnis mit einem maximal acht Zeichen langen Verzeichnisnamen. Dort legen Sie das Verzeichnis für die DOS-Box und SIM_WORK ab. Den DOS-Simulator "DOSBox" starten Sie durch einen Doppelklick auf die Datei "DOS-BoxPortable". Danach erscheint der Begrüßungsbildschirm, den Sie in Bild 3 sehen.

PC durchführt. Der Umgang mit DOSBox ist leider etwas ungewohnt und bedarf einer akribischen Vorbereitung, damit dem erfolgreichen Start von SIM_WORK nichts mehr im Wege steht.

Per Doppelklick wird die selbstextrahierende 7Zip-Datei entpackt. Nach dem Entpacken sind beide Programme

```

Welcome to DOSBox v0.73
For a short introduction for new users type: INTRO
For supported shell commands type: HELP

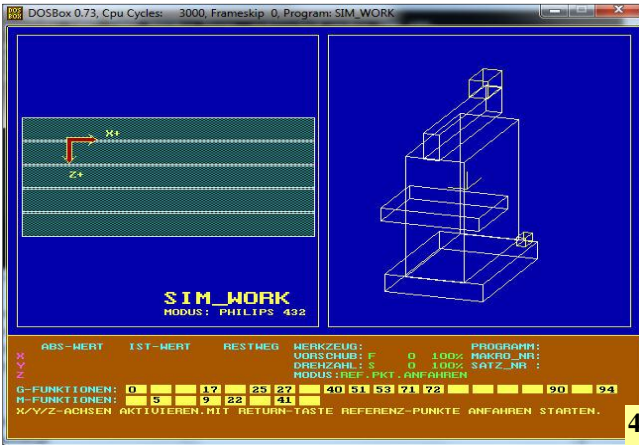
If you want more speed, try ctrl-F8 and ctrl-F12.
To activate the keymapper ctrl-F1.
For more information read the README file in the DOSBox directory.

HAVE FUN!
The DOSBox Team http://www.dosbox.com

Z:\>SET BLASTER=A220 I7 D1 H5 T6
Z:\>mount d d:\sim_work
Drive D is mounted as local directory d:\sim_work
Z:\>d:
D:\>cd d:\sim_work
D:\SIM_WORK>sim_work.exe
  
```

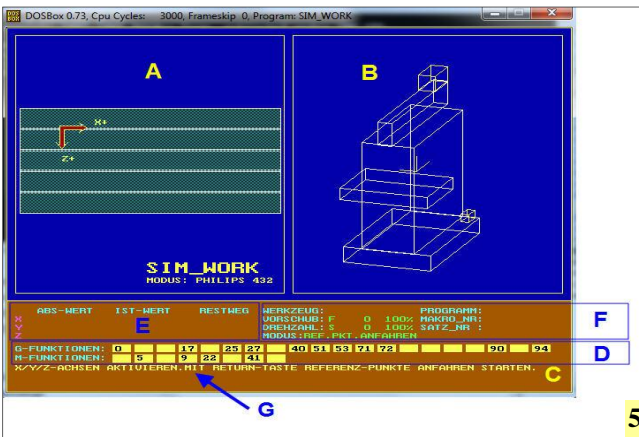
3 Nach dem Start des DOS-Emulators kann SIM_WORK gestartet werden. Dazu muss allerdings zunächst das Laufwerk, auf dem sich das Programm befindet, "gemountet" werden. Zum mounten sind die dazu nötigen Befehle und Syntaxregeln zu beachten, damit der DOS-Emulator das Laufwerke im PC erkennt. Geben Sie daher die Befehlszeile genau so ein, wie im Punkt A vorgegeben und achten Sie auf das korrekte Setzen der Leerzeichen. Sollte ihr Laufwerk einen anderen Laufwerksbuchstaben besitzen, müssen Sie natürlich diesen anstatt "d" angeben.

In diesem Beispiel wurde Laufwerk D: gemountet. Nachdem dies geschehen ist, wird durch Eingabe von "d:" ins Laufwerk D gewechselt (B) und per cd-Befehl in das Verzeichnis "SIM_WORK" gesprungen (C). Durch Eingabe von "sim_work.exe" wird das CNC-Simulationsprogramm SIM_WORK gestartet (D).



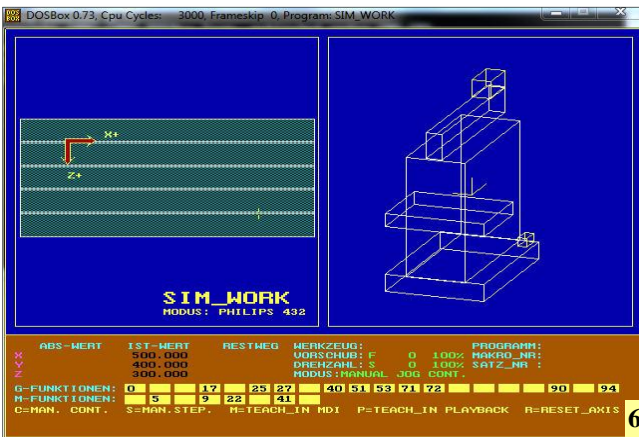
4

4 Nachdem sich das CNC-Simulationsprogramm selbst auf Virenbefehl überprüft hat, startet SIM_WORK und präsentiert sich mit einem dreigeteilten Fenster, was dem Verständnis beim Programmieren von CNC-Maschinen sehr entgegenkommt.



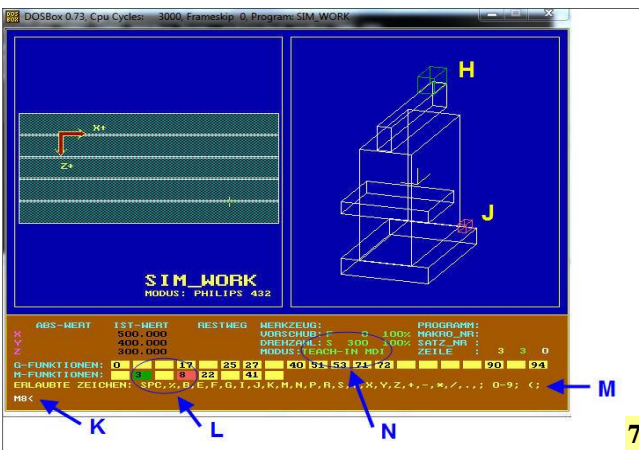
5

5 SIM_WORK ist in drei Fenster unterteilt (A,B,C). Der untere Bereich (C) dient zur Eingabe von Befehlen (G). Ferner informiert dieser Bereich über verschiedene Betriebszustände (F), gewählte G- beziehungsweise M-Funktionen (D) und Verfahrswege (E). Auch Informationen wie etwa Fehlermeldungen oder Handlungshinweise (G) werden hier angezeigt.



6

6 Nach dem Anfahren des Referenzpunktes kann mittels der Tastenkombination [Strg]+[B] der Teach-In-Modus durch Drücken der Taste [M] aufgerufen werden.



7

7 Die Befehlseingabe erfolgt im Teach-In-Modus in der untersten Zeile (K). Änderungen des Zustandes von Spindelmotor (H) und Kühlmittelpumpe (J) werden farblich sowohl am Maschinenbild als auch an der Statuszeile (L) gekennzeichnet. Betriebszustände wie etwa Spindeldrehzahlen und Eingabemodus werden angezeigt (N). Die erlaubten Zeichen für CNC-Befehle sind in Zeile M ersichtlich.

wahlweise in ein beliebiges Laufwerk zu verschieben. Die Dateinamen dürfen im Fall der Umbenennung, die nicht nötig ist, höchstens acht Zeichen besitzen. Der Grund ist in den Einschränkungen aus der DOS-Zeit zu suchen. Per Doppelklick auf "DOS-BoxPortable" wird der DOS-Simulator gestartet. Nach einer kurzen Wartezeit erscheint ein Fenster, in dem eine DOS-Oberfläche simuliert wird.

Natürlich kann das nun laufende DOS-Betriebssystem nicht wissen, welche Festplatten zum System gehören, da es ja keinen Bootvorgang durchgemacht hat. Deshalb müssen solche Informationen dem System mitgeteilt werden. Dafür ist der Befehl "mount" zuständig.

Geben Sie nun ein: "mount d d:\sim_work". Wechseln Sie zum Laufwerk "D", indem Sie einfach "d:" eingeben. Anschließend begeben Sie sich gleich in das Verzeichnis "SIM_WORK", indem Sie eingeben: "cd sim_work". Starten Sie nun das CNC-Simulationsprogramm durch Eingabe von "sim_work".

SIM_WORK prüft sich zunächst selbst auf Virenbefehl und startet dann den Simulator. Wichtig ist, dass der Mount-Vorgang genau so durchgeführt wird, wie er beschrieben steht, da SIM_WORK sonst nicht startet.

SIM_WORK im Detail

Der Bildschirm von SIM_WORK ist in drei Bereiche (A,B,C) unterteilt (Bild 5). Der linke Bereich (A) zeigt einen Frästisch in der Draufsicht. Hier erfolgt die Simulation der Fräsbewegungen sowie die Anzeige des Werkstückrohteils. Der rechte Bereich (B) zeigt die räumliche Darstellung einer Fräsmaschine. In diesem Bereich werden die Bewegungen der Schlitzen, sowie die Betriebszustände von Kühlmittelpumpe (J) und Antriebsmotor (H) simuliert.

Der untere Bereich (C) dient zur Eingabe von Befehlen (G). Ferner informiert dieser Bereich über verschiedene Betriebszustände (F), gewählte G- beziehungsweise M-Funktionen (D) und Verfahrswege (E). Auch Informationen wie etwa Fehlermeldungen

Wichtig:

Löschen Sie niemals die Datei "Driver.Log". Diese ist zur einwandfreien Funktion von SIM_WORK nötig.

TASTENCODE VON SIM-WORK

[Strg]+ [A]
 Programm auf Datenträger abspeichern
 [F3] letzten Dateinamen zurückholen

[Strg]+ [B]
 Auswahlmenü **B**ETRIEBSMODUS
 [C] Manuell Continue
 [S] Manuell Step
 [M] Teach-In MDI
 [P] Teach-In Playback
 [R] Reset Axis

[Strg]+ [I]
 Auswahlmenü **I**NTERNE SPEICHER
 [P] Punktespeicher
 [A] Parameterspeicher
 [N] Nullpunktspeicher
 [M] Maschinenkonstantensp.
 [W] Werkzeugspeicher

[Strg]+ [K] (Korrektur-) Editor

[Strg]+[←] oder [→]
 wechseln zwischen Makro und Hauptprogramm-
 editor

[BILD ↑] Blättern zurück
 [BILD ↓] Blättern vorwärts
 [BACKSPACE] Rechtes Zeichen löschen
 [↑] [↓] Cursor Auf/Ab
 [←] [→] Cursor Links/Rechts
 [Pos1] Cursor auf Textanfang
 [Ende] Cursor auf Textende

[Einf] *Cursor auf Textende:*
 Zeile einfügen
Cursor in Text:
 Leerzeichen einfügen
Cursor auf Textende:
 Zeile löschen

[Entf] *Cursor in Text:*
 Zeichen löschen
 [Esc] Editor verlassen

[Strg]+ [L]

Programm von Datenträger laden
 [F3] letzten Dateinamen zurückholen

[Strg]+ [N]
 Neues Programm. Alle Speicher löschen.

[Strg]+ [O]
 Geometrierechner aufrufen

[Strg]+ [P]
 Programm drucken. (nur Matrixdrucker auf
 LPT1)

[Strg]+ [R]
 Schrittmaß wählen (nur im Tippbetrieb
 möglich)

[Strg]+ [U]
 Unterprogrammspeicher löschen

[Strg]+ [W]
 Programm wiederholen

[Strg]+ [E]
 SIM_WORK beenden

Hinweis: Manche Tastaturen sind anders beschriftet, deshalb muss eventuell statt [Strg] die Taste [CTRL] gedrückt werden.

oder Handlungshinweise (G) werden hier angezeigt.

Der erste Start

Viele CNC-Maschinen müssen nach dem Einschalten einen Referenzpunkt anfahren, der eine Eichposition darstellt. Der Steuerung der CNC-Maschine wird so mitgeteilt, von wo aus die Koordinaten gemessen werden.

Wer schon einmal einem Kopiergerät oder einem Plotter nach dem Einschalten zugesehen hat, weiß, dass auch diese zuerst einen Referenzpunkt anfahren. Wenn einem Plotter, während er eine Zeichnung bearbeitet, ein Widerstand im Weg ist, kann es sein, dass das Transportband, das den Plotterarm

bewegt, durchrutscht. Dadurch stimmt die tatsächliche Lage des Plotterarms mit der im Steuerrechner gespeicherten Position nicht mehr überein. Die Folge ist, dass die Zeichnungen an falscher Position ausgegeben werden und Stiftwechsel nicht mehr funktionieren. Wird nun der Referenzpunkt neu angefahren, funktioniert der Plotter wieder normal.

CNC-Maschinen bedienen sich des gleichen Vorgangs. Im Fall eines Zusammenstoßes etwa zwischen Werkzeug und Werkstück ist das Referenzpunktfahren ein wichtiger Vorgang, um sicherzustellen, dass die Maschine wieder korrekt arbeitet, sofern der Crash keine größeren Schäden verursacht hat. Da das Anfahren des Referenzpunktes

viel Zeit in Anspruch nimmt, speichern einige Steuerungen den Referenzpunkt fest ab, sodass nach dem nächsten Einschalten der Maschine sich das Anfahren des Referenzpunktes erübrigt. Alternativ sind Maßstäbe bestellbar, die mehrere Referenzpunkte in kurzen Abständen besitzen. Dadurch läßt sich der Referenzpunkt sehr schnell anfahren.

Zum Referenzpunktfahren der SIM_WORK-Maschine sind nacheinander die Tasten "X", "Y" und "Z" sowie anschließend die Taste [Return] zu drücken. Die Referenzpunkte werden gleichzeitig angefahren. Es können auch die Achsen einzeln geeicht werden. SIM_WORK gibt eine Meldung aus, welche Achsen noch zu eichen sind.

Wie man sieht, hält sich SIM_WORK im Gegensatz zu vielen teuren CNC-Simulationsprogrammen an die reale Maschinenwelt, um dem Lernenden so realitätsnah wie möglich die Bedienung von CNC-Maschinen nahezubringen.

Befehlseingabe ganz easy

Um nun einen CNC-Befehl eingeben zu können, muss SIM_WORK zunächst in den TEACH-IN-Modus versetzt werden. Dazu sind die Tasten [Strg]+[B] gleichzeitig zu betätigen. In der Meldungszeile werden nun die möglichen Modi angezeigt. Drücken Sie nun die Taste [M] für TEACH-IN. Nun können Befehle für ein Programm eingegeben werden. Wenn ein Befehl in die Eingabezeile eingegeben wird, können die Auswirkungen die-



8 Die bedienerfreundliche Philips 432-Steuerung ist immer noch in vielen Betrieben zu finden. Insbesondere in der Ausbildung ist diese Steuerung noch weit verbreitet, nachdem die Maschinen aus der Fertigung ausgelagert wurden. Die Philips 432-Steuerung bildet die praxisgerechte Grundlage für das CNC-Simulationsprogramm SIM_WORK.

Wichtige CNC-Befehls-Buchstaben

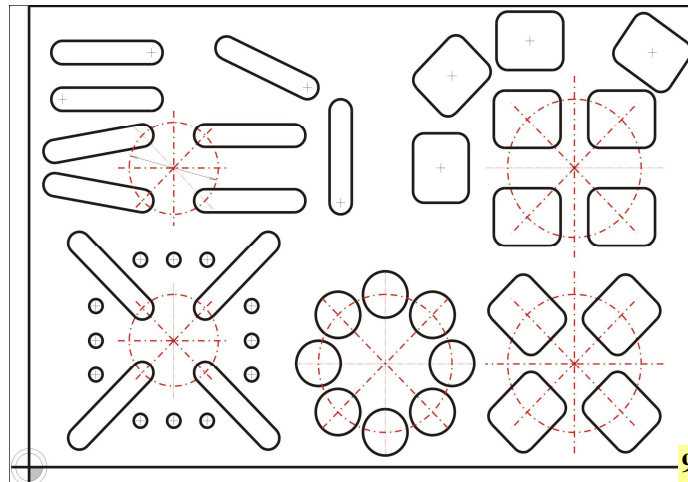
G	Wegbefehl
M	Maschinenbefehl
S	Spindeldrehzahl
F	Vorschub
N	Satznummer
T	Werkzeugnummer
X,Y,Z	Verfahrachsen

ses Befehls unmittelbar kontrolliert werden, da beispielsweise der Tisch sich bewegt oder Motor und Pumpe aktiviert werden und dadurch ihre Farben ändern.

Geben Sie nun die ersten Befehle ein:
 S300 [RETURN]
 M3 [RETURN]
 M8 [Return]

Erklärung zu den Befehlen: S300: Der Buchstabe "S" weist die CNC-Steuerung an, die nachfolgende Zahl als Drehzahlwert zu behandeln. Die Zahl "300" wird im SIM_WORK-Feld "Drehzahl" angezeigt. Es wurde festgelegt, dass sich die Arbeitsspindel mit 300 Umdrehungen pro Minute drehen soll. Angehende CNC-Programmierer müssen sich deshalb merken, dass der Buchstabe „S“ im CNC-Code für „Spindeldrehzahl“ steht. Die Spindel der Maschine dreht sich jetzt jedoch noch nicht! Dazu ist der nächste Befehl zuständig: M3

M3: Der Buchstabe „M“ weist die CNC-Steuerung an, die nachfolgende Zahl als Maschinenbefehl zu behandeln. Der Maschinenbefehl "M3" ist in der DIN66025 definiert als "Arbeitsspindel Rechtslauf". Der Programmie-



9 Die Leistungsfähigkeit von SIM_WORK erlaubt es, die Programmierung von CNC-Maschinen intensiv zu lernen. In einem späteren Kursteil wird beispielsweise der Umgang und die Handhabung von Zyklen intensiv durchgenommen.

rer bestimmt mit diesem Befehl die Drehrichtung der Maschinenspindel. Erst jetzt dreht sich die Arbeitsspindel im Rechtslauf mit 300 Umdrehungen pro Minute. Dies zeigt SIM_WORK auf augenfällige Weise, da das rechteckige Kästchen auf dem Waagrechtsschlitten, es soll den Antriebsmotor symbolisieren, seine Farbe von Gelb nach Grün wechselt.

M8: Wie zu sehen ist, wechselt ein rechteckiges Kästchen im Maschinenfuß (es soll die Kühlmittelpumpe symbolisieren), die Farbe von Gelb nach Rot. Dies zeigt, dass die Kühlmittelpumpe durch den Befehl M8 eingeschaltet wurde.

Schließen wir nun das Programm ab, in dem wir noch den Befehl M30 eingeben. Der Befehl M30 ist ebenso wie M3 und M8 ein Maschinenbefehl und markiert das Programmende. Wenn die Steuerung auf diesen Befehl stößt, werden die Arbeitsspindel und die Kühlmittelpumpe stillgesetzt, was am Farb-

wechsel der Kästchen zurück nach Gelb zu erkennen ist. Die Steuerung springt an den Programmstart und ist bereit für eine Programmwiederholung.

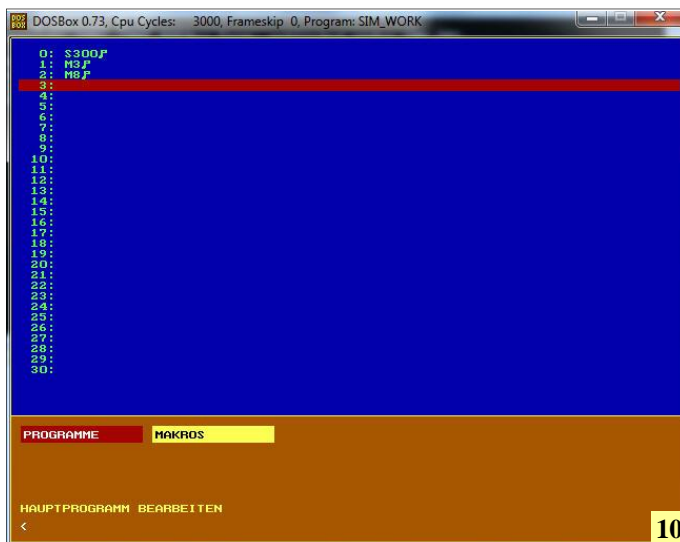
Die Programmwiederholung

CNC-Maschinen sollen natürlich vom Einzelteil bis zu Stückzahlen in schwindelnder Höhe jedes Teil in stets gleichbleibender Qualität bearbeiten. Dazu muss die Steuerung natürlich in der Lage sein, ein einmal erstelltes Programm beliebig oft zu wiederholen. Selbstverständlich ist auch SIM_WORK dazu in der Lage. Dazu müssen nur die Tasten [Strg]+[W] gleichzeitig betätigt werden.

Das Programm wird nun wiederholt. Zu sehen bekommen wir aber nichts. Der Rechner ist einfach zu schnell für das Auge, um die Farbänderungen beobachten zu können!. Macht nichts. Für Sie ist jetzt nur wichtig, dass Sie wissen, wie man eine Programmwiederholung erreicht.

Mit der Tastenkombination [Strg]+[E] kann SIM_WORK nach einer Sicherheitsabfrage verlassen werden. Anschließend kann der DOS-Simulator einfach durch anklicken des Schließen-Buttons beendet werden.

Mit diesem kleinen Beispiel konnten bereits ein klein wenig die Geheimnisse der Programmierung nach DIN 66025 erforscht werden. Der CNC-Kurs wird in regelmäßig erscheinenden Abschnitten auf der Welt der Fertigung fortgesetzt, sodass interessierte Leser am Kursende profunde CNC-Kenntnisse vorweisen können.



10 Im Editor, der mit [Strg]+[K] aufgerufen wird, können längere Programme eingegeben werden. Auch die mittels Teach-In-Modus eingegebenen Programme werden hier abgelegt. Die Aufteilung in einen Hauptprogramm- und einen Makrobereich ermöglicht das Erstellen von verschachtelten CNC-Programmen. Durch Drücken der Taste [Esc] wird der Editor wieder verlassen.