

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

von Dipl.-Ing Clemens Simon

Es begann, wie so manches im Leben beginnt, damit, daß ich Kugelumlaufführungen bei meinem Arbeitgeber im Schrott fand. Viel zu schade zum Wegschmeissen, dachte ich und erwarb sie für ein Butterbrot. Nun war der Grundstein gelegt. Nach und nach konstruierte ich um diese Führungen eine Fräsmaschine.

Vorwort

Meine Erfahrungen beim Eigenbau dieser Maschine möchte ich in diesem und im nächsten Heft beschreiben. Dem Leser gebe ich eine prinzipielle Anleitung zum Nachbau. Weiterführende detaillierte Anleitungen finden sich auf den Internetseiten von Thorsten Ostermann bzw. dem Verlag, denn Hard- und Software würden den Umfang des Artikels sprengen. Dort finden sich auch die Pläne der Maschine, sowie die Schaltpläne der Treiberkarte.

Hinweis zum Nachbau:

Obwohl der Aufbau so einfach wie möglich gehalten ist verlangt er doch sehr viel mechanisches und elektrisches Geschick. Diese Maschinen sollte deshalb nicht Ihr Erstlingswerk sein. Massgenaues Anreißen, Gewindeschneiden und andere elementare Fähigkeiten im Metallhandwerk, sowie sicheren Umgang mit dem Lötcolben sollte man bei Angriff dieses Projekts beherrschen. Auch die Baukosten von ca. 2000 € sind nicht unerheblich und müssen bei der Entscheidung zum Eigenbau berücksichtigt werden. Für all die Mühe erhält man aber eine CNC Fräse, die massgenaue Teile am laufenden Band produzieren kann und sich hinter den käuflichen Maschinen in keiner Weise zu verstecken braucht.

Der Artikel wurde von mir nach bestem Wissen und Gewissen geschrieben. Ich übernehme allerdings keinerlei rechtliche Verantwortung für die sachgemäße Ausführung der Anlage und all ihrer Komponenten sowie Schäden, die bei der Herstellung und beim Betrieb der Anlage auftreten.

Das Konzept

Moderne CNC-Fräsmaschinen sind mechanisch sehr steif gebaut. Ihre Maschinenbetten sind aus Grauguß oder Polymerbeton gegossen und die Schlitten sind

mit Kugelumlaufführungen und Kugelgewinden ausgestattet um Reibung und Wärmeeintrag zu minimieren. Angetrieben werden sie von Servomotoren. Die Verfahrwege werden über Glasmaßstäbe gemessen und der SPS (Speicher Programmierbare Steuerung, = Engl. PLC) zurückgemeldet. Angetrieben werden diese Maschinen von frequenzgeregelten Motoren.

Alles zu aufwendig für den Modellbau, dachte ich! Die meisten Modellbauer haben einen PC mit paralleler Schnittstelle zu Hause. Manche auch noch einen älteren zweiten (ab 486 oder ähnliche). Das wird ein Teil der Steuerung! Als Grundgestell bieten sich Aluminiumprofile an. Sie sind leicht zu bearbeiten, werden zusammengeschraubt und sind bei den verhältnismäßig kleinen Kräften, die bei den leichten Fräsarbeiten auftreten, steif genug. Schwingungsproblemen kann begegnet werden, da die Profile hohl sind und sich gut mit Sand füllen lassen. Die Führungen und Kugelspindeln sind Kaufteile. Davon hängt die Genauigkeit ab und das können die Profis besser. Deshalb habe ich hier nicht gespart. Als Motoren werden Schrittmotoren eingesetzt. Diese sind sehr einfach anzusteuern und exakt genug, wenn sie nicht überlastet werden. Bei Überlastung bleiben die Motoren einfach stehen was eine gewisse Sicherheit bringt. Auf eine Rückführung des Verfahrwegs wird verzichtet, was kosten spart. Deshalb wird eine möglichst genau geschliffene Kugelumlaufspindel verwendet. Jeder Steigungsfehler wirkt sich nämlich auf die Positioniergenauigkeit aus. Die Spindelsteigung wird klein gewählt (2mm), da es nicht, wie in der Industrie, auf hohe Verfahrgeschwindigkeit ankommt, sondern auf Genauigkeit und auf Absicherung gegen Schrittverluste. Die Leistungselektronik wird selbst zusammengebaut. Als Fräskopf wird eine handelsübliche Oberfräse mit variabler Drehzahl gewählt. Zur Absaugung dient ein üblicher Hausstaubsauger. Ein Kühlungsmischer wird nicht vorgesehen. Eine Minimalmengenschmierung ist jedoch denkbar. Genauso wie bei den großen Maschinen wird der Hauptteil der Wärme über den Span abgeführt. Die Software steuert die Maschine wie einen Drucker an und sie wird auch am selben Stecker (Parallelport) angeschlossen.



Eigenbau Fräsmaschine

Merkmale der Maschine

- Ø CNC-gesteuert in 3 Achsen (ausbaubar bis 4 Achsen).
- Ø Bahnsteuerung möglich soweit die Software das unterstützt.
- Ø Fräsen, (Platinen-) Bohren, Folienschneiden, Kleberrauenauftrag usw. möglich.
- Ø theo. Schrittauflösung von 0,0025 mm
- Ø Geeignet für Holz und Aluminium, Messing, GFK und ähnliche Werkstoffe.
- Ø Genauigkeit < 0.01mm auf 100mm Länge
- Ø Tischgröße 600*395mm
- Ø maximale Fräswege 450*380mm*50mm
- Ø maximale Geschwindigkeit 1m/min (abhängig von den verwendeten Schrittmotoren)
- Ø Einfach zu bauen
- Ø Leicht erweiterbar
- Ø Leistungselektronik im Selbstbau.
- Ø (alter) PC als Steuereinheit verwendbar.
- Ø Keine Spezialkenntnisse für die Programmierung (DIN CNC).
- Ø Schnittstelle zu CAD-Programm, um die Zeichnungen direkt zu übernehmen.

Realisierung

Bei der Realisierung sind drei Hürden zu überwinden:

1. Die Mechanik
2. Die Elektrik
3. Die Software

In allen drei Gebieten kenne ich mich ein wenig aus, was den meisten so gehen wird. Für eine Konstruktion einer Schaltung oder Programmierung der Software fehlte mir zum einen die Erfahrung zum anderen die Zeit. Deshalb bin ich wieder auf die Suche gegangen und wurde im Internet schnell fündig. Ich fand im Internet eine ganze Reihe von Anbietern, die Hard und Software für schrittmotorgetriebene bzw. servogesteuerte Maschinen anbieten.

Die Maschine ist heute in der Lage alle 2D und 2,5 D Fräsarbeiten auszuführen. Sie ist besonders gut für die Erstellung von Rippen und anderen flachen Bauteilen geeignet, die so exakt gefräst werden können, daß sie spielfrei zusammenpassen. Als Beispiel sei hier ein Einziehfahrwerk aus Sperrholz genannt, das

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

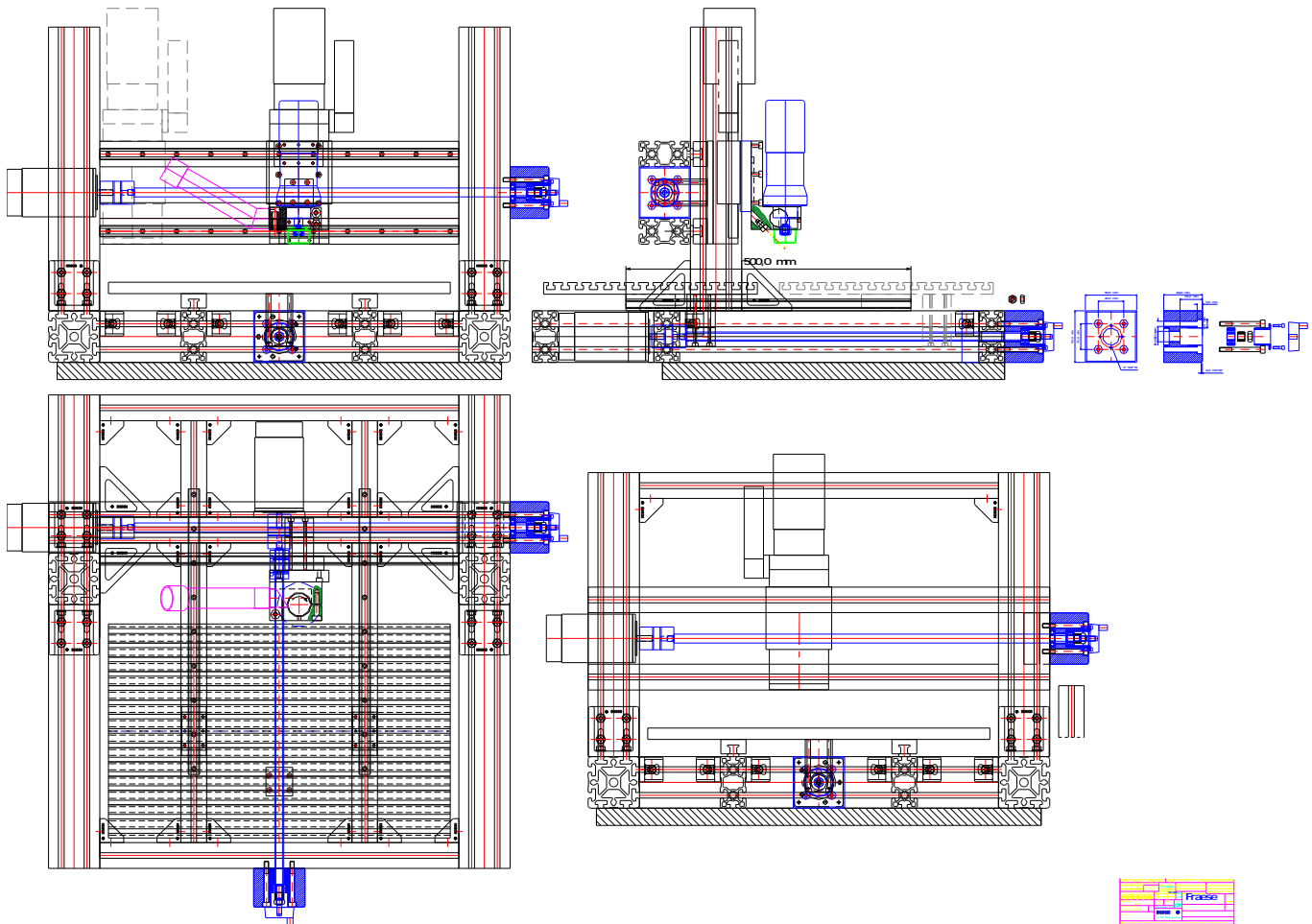


Abbildung 0: Zusammenbauzeichnung ist als Datei im Internet abrufbar

nach dem Fräsen und Entfernen der Grate nur zusammengesteckt werden brauchte.

Die Konstruktion

Das Gestell hat eine Größe von 800*950*600 mm (B*T*H). Es ist in Portalbauweise aus käuflichen Aluminiumprofilen ausgeführt. Das hat den Vorteil, daß die Achsen voneinander entkoppelt sind und getrennt ausgerichtet werden können. Durch den geschlossenen Rahmen der X-Achse wird die Steifigkeit erhöht. Der Arbeitstisch bleibt vom Maschinenrahmen in jeder Stellung umschlossen. Deshalb kann die Maschine bei Bedarf auch in ein Gehäuse gestellt werden. Alle Achsen lassen sich von Hand in ausgeschalteten Zustand verfahren. Alle Achsen besitzen Kugelumlaufrollführungen sowohl für die Führung als auch für die Vorschubgewindespindeln. Somit ist ein leichter und präziser Lauf

garantiert. Die Gewindespindeln lassen sich spielfrei einstellen.

Die Maschine besteht aus Kaufteilen und beinhaltet nur wenig Sonderbauteile, damit der Nachbau in jeder kleinen Werkstatt leicht durchgeführt werden kann. Die Wahl fiel auf die Standardaluminiumprofile von BOSCH (siehe Stückliste). Diese weisen gegenüber anderen ALU-Profilen eine höhere Steifigkeit auf und lassen sich mit den passenden Schrauben gut miteinander verbinden. Dafür ist kein Spezialwerkzeug erforderlich. Die einzelnen Halbzeuge lassen sich leicht transportieren bzw. verschicken. Außerdem kann man Sie mit fertiger Endenbearbeitung kaufen. Die Enden der Profile müssen nämlich exakt durchbohrt werden. Somit beschränkt sich der Zusammenbau auf das Zusammenschrauben. Eine Quelle für die Profile fertig bearbeiteten Profile befindet sich im Anhang. Alternativ lassen sich die Bauteile auch mit einer guten(!) Metall-

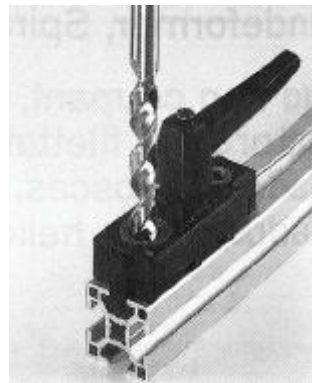


Abbildung 0: Bohrvorrichtung
BOSCH Bestellnummer
3.842.521.660

kreissäge ablängen. Wichtig ist hierbei, daß die Schnitte exakt rechtwinklig sind und die Maße im 0,1mm Bereich eingehalten werden. Bei eigener Endenbearbeitung ist eine Spezialvorrichtung für die Bohrungen notwendig. Leider ließ sich nicht vermeiden, daß das ein oder andere Bauteil doch als Sonderanfertigung

nicht gekauft, sondern (selbst) hergestellt werden muß.

Die Frästeile müssen nach Zeichnung angefertigt werden. Das ist für manche, die keine eigene Fräsmaschine haben die größte Hürde.

Der Frässtaub der CNC Maschine sollte unbedingt abgesaugt werden. Zum einen ist der Staub sehr schlecht für die Atemorgane und zum anderen setzt er sich überall ab. Er kann sogar eine Explosionsgefahr darstellen. Besonders, wenn die Maschine für Holz oder GFK-Platten ausgelegt wird, ist hierauf zu achten. Deshalb habe ich eine Staubabsaugungsvorrichtung mit einem handelsüblichen Staubsauger in den Fräskopf integriert. Der Staubsaugerschlauch wird mit seinem Griff einfach in der Maschine festgeklemmt. Hier muß die Zeichnung eventuell für einen anderen Anschlußdurchmesser

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau



Hauptplatine der Schrittmotorsteuerung



Zusatzplatine der Schrittmotorsteuerung

des Staubsaugers angepaßt werden.

Die Antriebstechnik

Bei der Auswahl der Antriebstechnik gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. Schrittmotoren und
2. Servomotoren

Schrittmotoren besitzen den Vorteil der geringeren Kosten bei Ansteuerung und Motor und sind vom PC leicht anzusteuern, da sie die digitalen Signale (fast) direkt verarbeiten. Sie besitzen, jedoch eine geringere Dynamik als Servomotoren. In der einfachsten Form werden die Schritte von der Steuerung nur ausgegeben und nicht überprüft, ob der

Motor den Schritt auch ausgeführt hat (z.B. Rückmeldung über Drehgeber). Das setzt voraus, daß der Motor stark bzw. schnell genug ist, um die Schritte taktgenau auszuführen. Schrittfehler werden bei diesem Verfahren nicht erkannt.

Servomotoren sind aufwendiger, brauchen immer eine Rückkopplung (Drehgeber) und sind deshalb kostspieliger. Deshalb wurde auf den Einbau verzichtet.

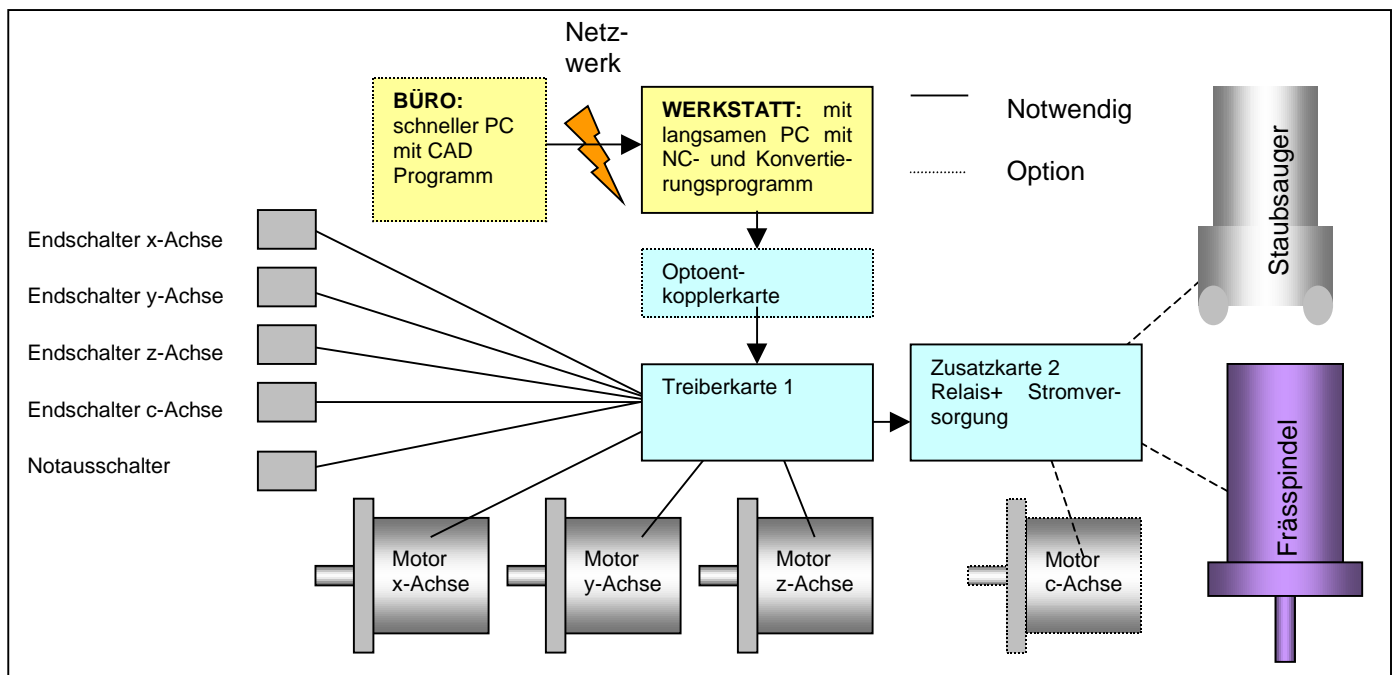
Die Schrittmotoren werden über eine Treiberkarte direkt mit dem Parallelport des PCs verbunden. Der PC steuert die Fräse wie einen Drucker an. Für die Ansteuerung reicht ein alter ausgemusterter 486 aus, denn die Software läuft unter DOS. Damit entfallen alle Probleme, die man

sich bei Interruptsteuerung unter Windows einfängt. Zur Übersicht habe ich ein Blockschaltbild der Fräse erstellt, das das Zusammenwirken der Baugruppen zeigt. Das Verbindungskabel zum PC muß selbst gelötet werden., je nach dem welche Software verwendet wird. Leider weicht die Belegung der Ausgänge bei den einzelnen Programmen voneinander ab. Hier sollten Sie mit Sorgfalt vorgehen und die Leitungen mit dem Durchgangsprüfer nach dem Löten nochmals überprüfen, denn es besteht die Gefahr der Zerstörung der PC Schnittstelle. Ich empfehle hier sowieso auf eine einfache parallele Zusatzschnittstelle auszuweichen, denn bei den neueren Boards sind die Schnittstellen meist auf dem Motherboard

integriert. Eine Optokopplerkarte (galvanische Entkopplung) wird von Thorsten Ostermann ebenfalls angeboten. Sie stellt bei Kurzschlüssen auf der Treiberkarte eine vollständige Entkopplung zum PC sicher. Es ist kein Muß aber ein zusätzliches Maß an Sicherheit.

Die Teiberkarte

Die Treiberkarte verstärkt die Signale des PC's. Sie übernimmt die Stromabsenkung im Fall des Stillstands der Motoren und erhöht den Strom beim Anfahren. Außerdem steuert Sie über eine Zusatzplatine die Fräse und die Staubabsaugung an. Sie muß im Eigenbau erstellt werden. Diese Karte kostet zusammen mit den Bauteilen ca.



PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

150€ und unterstützt bis zu drei Schrittmotoren. Entwickelt wurde die Karte von Thorsten Ostermann. Die Platine ist mit der Anleitung und einem feinen Lötcolben gut zu bauen. Man sollte unbedingt dem Rat von Herrn Ostermann folgen und die Leistungsbauteile gesockelt ausführen. Auf die Grundplatine sollte unbedingt die Zusatzkarte gepackt werden. Sie enthält unter anderem die Stromversorgung, Relais für die Staubsauger und Frässpindel Ein/Ausschaltung und die 4. Achse. Die Karte muß nicht voll bestückt werden, wenn die ein oder andere Funktion nicht benötigt wird. Sehr hilfreich ist jedoch die Bereitstellung der 5 und 12V Versorgungsspannungen, die sonst über 2 zusätzliche geregelte Netzteile bereitgestellt werden müßten. Ausstattungsmerkmale der Schrittmotorkarte:

- 3 Kanäle (erweiterbar auf 4)
- Einstellbar von 0,2A bis 2,1A pro Phase; bei geänderter Bestückung sind auch kleinere Ströme regelbar
- bis 44 Volt Motorspannung
- Logik TTL-kompatibel (5Volt)
- Anschluß an PC-Parallellport oder Mikrocontroller
- kompatibel zu PCNC, CNC-Profi, DIN-CNC, EMC,...
- Halb-/ Vollschritt
- Zwei verschiedene Choppermethoden (Stromregelung auf Phase- oder Inhibit-Leitung)
- Logik für 4 Referenz-/End- und einen Notausschalter integriert
- Anschlußmöglichkeit für verschiedene StatusLED's oder Erweiterungsplatine
- Motorstrom über Spindeltrimmer pro Kanal einstellbar
- Chopperfrequenz über Spindeltrimmer einstellbar
- Referenzspannung für Stromregler kann von Außen eingespeist werden
- "Smoothing-Funktion" für optimales Drehmoment im Halbschrittmodus
- Stromaufnahme (5V-Teil) typ. 250mA
- Für nahezu alle uni- und bipolaren Motoren mit $\geq 1,6$ Ohm Wicklungswiderstand geeignet

Mit der vierten Achse kann z.B. ein Rundtisch oder ein Tangentialmesser angesteuert werden, wenn Aufkleber geschnitten werden sollen.

Die wichtigsten Ausstattungsmerkmale der Aufsatzplatine:

- 1 Schrittmotorkanal
- Einstellbar von 0,2A bis 2,1A pro Phase.; bei geänderter

Bestückung sind auch kleinere Ströme regelbar

- bis 44 Volt Motorspannung
- "Smoothing-Funktion" für optimales Drehmoment im Halbschrittmodus
- Logik TTL-kompatibel (5Volt)
- Anschluß an die 3-Kanalkarte, an den PC-Parallellport oder Mikrocontroller
- Halb-/ Vollschritt
- Zwei verschiedene Choppermethoden (Stromregelung auf Phase- oder Inhibit-Leitung)
- Temperaturüberwachung und Lüftersteuerung (auch für die 3-Kanal Karte)
- Als Erweiterungsplatine zu 'Step-3D' oder einzeln benutzbar
- 2 Relais für Frässpindel, Staubsauger o.ä.
- Onboard Schaltregler erzeugen 5V (für die Logik) und 12V (für Lüfter und Relais) aus der Motorspannung, dabei sind jeweils 500mA für externe Komponenten 'überrig'.
- Stromaufnahme (5V-Teil) typ. 250mA
- Für nahezu alle uni- und bipolaren Motoren mit $\geq 1,6$ Ohm Wicklungswiderstand geeignet

Bei Aufbau folgt man der ausführlichen Anleitung von Thorsten Ostermann, die beim Kauf der Karte mitgeliefert wird. Die Versorgungsspannung läßt sich über einen Halogenlampentrafo und einen Gleichrichter recht leicht bereitstellen. Auch diese Schaltung beschreibt Herr Ostermann genau in seiner Anleitung. Bei schwachen Stromnetzen im Hobbykeller empfiehlt er alternativ das Universalnetzteil, mit dem der Einschaltstrom bergrenzt werden kann und die Sicherungen geschont werden.

Frässpindel

Als Frässpindel verwendet man eine Oberfräse aus dem Baumarkt mit Standardanschluß $\varnothing 43$ mm. Die gezeichnete Halterung ist optimal an die Bosch Oberfräse angepaßt. Man sollte bei der Auswahl der Maschine darauf achten, daß die Spindel bei Höchstdrehzahl nicht zu laut ist und daß sie sehr hohe Drehzahl (bis ca. 30000 1/min) hat. Diese sind unentbehrlich bei Verwendung von Hartmetallfräsern mit keinen Durchmessern, wie sie z.B. die Firma Conrad günstig anbietet Da meist sehr kleine Fräser ($\varnothing < 3$ mm) zum Einsatz kommen ist es wichtig, daß Spannzangen in den unter-

schiedlichen Durchmessern angeboten werden ($\varnothing 3$; $\varnothing 3,17$; $\varnothing 6$; $\varnothing 8$). Da die Spindel auf der Maschine sehr langem Dauerlauf ausgesetzt ist sollte man auf gute Qualität und wechselbare Kohlen wert legen. Eine gute Maschine ist z.B. die Oberfräse der Firma Kress.

Zum Fräsen eigenen sich kleine Handfräsen (Fa. Proxon; Dremel) nicht, wie sich bei mir in der Vergangenheit gezeigt hat. Die Lager sind für die Belastungen im Dauerbetrieb nicht ausgelegt.

Das obere Ende der Frässpindeln bilden sog. Hochgeschwindigkeitsspindeln, die eine max. Drehzahl bis zu 60000 1/min haben. Damit lassen sich dann auch sehr gute Oberflächen erreichen. Diese Spindeln werden z.B. von der Fa. ISEL angeboten.

Sicherheit

Das Kapitel Sicherheit ist sehr wichtig, und muß auf jeden Fall. gut berücksichtigt werden.

Von der Anlage gehen folgende Gefahren aus:

- Quetschgefahr an den Tischen.
- abspritzende Späne/ Bohrer/ Fräser (bei Bruch)
- Gefahr durch 220V Spannungsversorgung.
- Gefahr durch rotierenden Fräser

Deshalb ist ein fest montierter und entsprechend großer Notausschalter sehr wichtig. Der Notausschalter schaltet die Steuerung stromlos. Gerade bei den ersten Fräsarbeiten werden Sie ihn zu schätzen wissen.

Alle Antriebe bleiben sofort stehen. Leider läuft die Spindel der Oberfräse noch nach. Dies läßt sich nicht verhindern, da auf eine käufliche Oberfräse ohne Bremse zurückgegriffen wird.

Der Notausschalter und alle Endschalter sollten als Öffner ausgeführt werden. Sobald ein Schalter geöffnet ist oder eine Leitung bricht wird der Stromkreis unterbrochen und die Maschine schaltet ab. Werden Endschalter nicht benötigt (z.B. C- Achse) so sollten sie gebrückt werden, damit sie schaltungstechnisch einen definierten Zustand haben. Ich habe bei meiner Anlage lange nach diesem Fehler gesucht, weil die C- Achse „offene Ausgänge“ hatte und dadurch immer wieder

Spannungsspitzen eine Abschaltung verursachten.

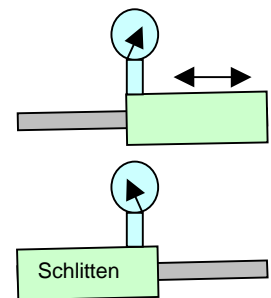
Ein Endschalter wir jeweils zum Referenzieren verwendet. Das ist ungewöhnlich und wird nur in dieser Sparversion einer CNC-Maschine so aufgebaut. Es ist deshalb wichtig daß die Endschalter ein kleine Schalthysteresse haben. Das bedeutet, daß der Weg, den der Schlitten bei Einschalten des Schalters und beim Ausschalten des Schalters zurücklegt möglichst klein sein muß. Achten Sie deshalb bei der Auswahl der Taster auf gute Qualität.

Die Schaltung sowie der 220V Teil der Steuerung sollten auf jedem Fall von einem Elektrikermeister abgenommen werden. Er besitzt Meßgeräte, mit welchen er die Anlage abnehmen kann und z.B. die Güte der Erdung messen kann. Dieses Geld sollte Ihnen Ihre Gesundheit wert sein. Lassen Sie sich die Mängelfreiheit schriftlich bestätigen!

Der Aufbau

Begonnen wird mit den Seitenteilen. Die Pfosten (Pos 2) werden auf den Bodenträgern (Pos 1) montiert. Die Querstreben (Pos 3, 4) werden anschließend befestigt. Das Grundgestell steht damit schon. Nun können die Querstreben und die Auflagen für die Führungen eingebaut werden. Es ist auf einen exakte Ausrichtung zu achten und darauf, daß die Profile parallel zueinander angeschraubt werden.

Ausgerichtet werden die Führungen nacheinander mit einer Meßuhr. Die Meßuhr wird mit einem Meßstativ (mit Magnetfuß) so an einem festen Punkt angebracht, daß beim Entlangfahren des Schlittens die Abweichungen gemessen werden können. Die Führung ist dann ausgerichtet, wenn die Anweichung auf der gesamten Verfahrstrecke unter 0,1mm liegt. Das Ausrichten muß in allen 3 Achsen erfolgen und ist



ein sehr Zeitaufwendiger und schwieriger Prozeß. Leider kann er nicht abgekürzt werden, da von

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

Ihm die spätere Genauigkeit der Maschine abhängt.

Prüfen Sie alle Achsen, ob sie leichtgängig in jeder Stellung laufen. Klemmt eine Achse muß dies korrigiert werden, da die Schwergängigkeit durch die Fräskräfte verstärkt wird und dies zu Schrittverlusten führen kann. Dadurch können Fräsfehler entstehen.

Inbetriebnahme der Hard- und Software.

Vor der Inbetriebnahme der Elektronik sollten Sie mit einem strombegrenzten Netzteil zunächst nur die Platine ohne Motoren prüfen. Dazu stellen Sie am Netzteil einen maximal zulässigen Strom von 500mA ein und ca. 14V Spannung ein. Liegt ein Kurzschluß vor steigt der Strom über den Wert und wird begrenzt. Sie müssen dann zunächst den Fehler suchen (Lötzinnbrücken; falsch herum eingelötete Bauteile usw.). Ist der Strom wesentlich kleiner ist alles in Ordnung. Reduzieren Sie die Strombegrenzung so, daß die Schaltung gerade noch versorgt wird.

Schließen Sie alle Endschalter und den Notauschalter an.

Schließen Sie die Motoren noch nicht an!

Nun kann die Platine über das Druckerkabel mit dem LPT1 Port des PC (Druckeranschluß) verbunden werden. Wenn Sie das Programm CNC-Profi geladen haben und unter Einstellungen den richtigen Druckerport ausgewählt haben sollten Sie bei korrekt verbundenen Endschaltern die Signale auf dem Bildschirm sehen. Wenn nicht kann es am Kabel liegen. Bei älteren Kabeln sind nicht alle Leitungen durchgeschleift. Eine andere Fehlerquelle ist das BIOS. Prüfen Sie ob der LPT1 Port aktiv ist und welcher Port angesprochen wird.

(h378 oder h278). Die Zahl muß mit der CNC-Profi Einstellung identisch sein.

Wenn die Verbindung einmal hergestellt ist, dann folgen Sie den Anweisungen im CNC Profi. Stellen Sie auf jeden Fall die Funktion des NOTAUS- Schalters sicher.

Ist die Schaltung soweit in Ordnung und reagiert auf die Steuerbefehle des PC, dann kann zunächst 1 Motor angeschlossen werden. Dazu wird auch der Halogenlampentrafo angeschlossen. Die Wechselspannung wird über einen einfachen Brückengleichrichter und einen Sieb Elko geglättet. Aufgrund der hohen Kondensatorkapazität ist ab diesem Zeitpunkt äußerste Vorsicht geboten. Bei Anschluß ist auf die richtige Laufrichtung zu achten (muß erprobt werden). Diese kann durch vertauschen der Leitungen an einem Motorstrang geändert werden.

Schließen Sie die Achsen nur stromlos an und vermeiden Sie Kurzschlüsse. Kurzschlüsse auch kurzzeitig führen zur Zerstörung der Endstufen. Diese können zum Glück getauscht werden, weil sie gesockelt sind.

Für die korrekte Funktion müssen die x,y,z Achsen so angesteuert werden, daß sie ein sog. Recht-

system bilden.

Die Steuerung geht davon aus, daß die Achsen in dieser Reihenfolge und in der geforderten Richtung angeordnet sind und ein Verfahren in positive Richtung auch entsprechend der Skizze ausgeführt wird. Bei Meiner Maschine führte dies dazu daß der Koordinatenursprung vorne am linken Maschinentischrand liegt und daß eine Zustellung in negative z-Richtung erfolgt. Daran muß man sich erst gewöhnen.

Funktioniert die erst Achse korrekt und wird auch die Referenz korrekt gefunden, dann können die anderen Achsen angeschlossen werden.

Anpassung der Software

Bevor mit dem Fräsen begonnen werden kann sind zunächst viele Einstellungen in CNC Profi zu machen. Der Einfachheit halber habe ich die Parameter meiner Maschineneinstellung zusammengeschrieben.

Um komfortabel zu arbeiten habe ich dem alten DOS ein Freewaremenue verpasst. Die entsprechenden Dateien können bei Thorsten Ostemann downgeload werden.

Von der Zeichnung zum CNC-Bauteil

Es ist nicht notwendig, daß Sie die für Industriesteuerungen notwendigen Maschinenbefehle lernen. Die Maschine kann eine entsprechend aufbereitete Zeichnung verarbeiten. Dabei interpretiert Sie unterschiedliche Farben als unterschiedliche Fräsbahnen. Die Leerfahrten zwischen den Linien generiert die Software selbst.

Den Ablauf möchte ich anhand eines Einziehfahrwerks beschreiben, das im Eigenbau hergestellt wurde.

Ich beschränke mich auf die bei

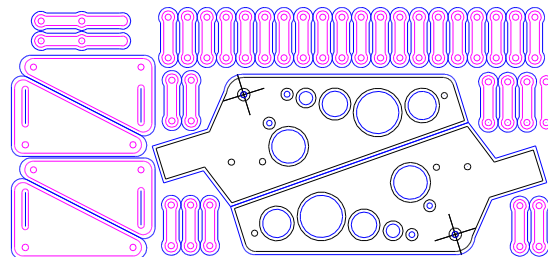
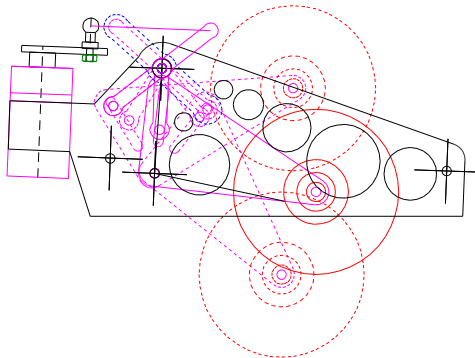
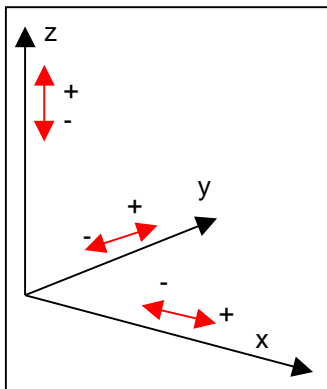
mir aufgebaute CAD-Software Autoketch und die Maschinen software CNC-Profi, da es schwer möglich ist alle Kombinationen von CAD-Programmen und Maschinensteuerprogrammen zu testen und in diesem Rahmen vorzustellen. Man kann natürlich auch jedes andere CAD Programm verwenden, das Dateien erzeugen kann, die vom Fräsprogramm gelesen werden kann. Der Ablauf wird prinzipiell ähnlich sein.

Schon bei der Zeichnungserstellung muß man die spätere Bearbeitung berücksichtigen.

Phase 1: Zeichnungserstellung:

Zunächst entsteht die Gesamtzeichnung im Maßstab 1:1. Diese Zusammenbauzeichnung zerlegt man dann in ihre Einzelkomponenten. In Autoketch kann man das sehr gut über die Funktion gruppieren erledigen. Da später jedem Fräser eine Zeichenfarbe zugewiesen wird bedeuten gleiche Farben, gleichen Fräserarten. Man kann sich schon jetzt überlegen, mit welchem Fräserdurchmesser später gefräst wird.

Ich verwende Hartmetallfräser, die etwa die halbe Materialdicke des Werkstücks haben. Im Beispiel wurde ein 3mm dickes Sperrholzbrett mit einem Fräser $\varnothing 1,5\text{mm}$ in einem Durchgang gefräst. Bei dickeren Bauteilen kann man im Fräsprogramm ein Nachsetzen der Kontur anwählen. Die Frässoftware arbeitet die Elemente in der gleichen Reihenfolge ab, wie sie gezeichnet und gespeichert wurden. Die Fräsbahnen (im Beispiel blau gezeichnet werden gegenüber der Werkstückkontur (schwarz) um den Fräserradius versetzt gezeichnet und zwar nach innen, wenn es sich um eine Innenkontur handelt und nach aussen, wenn es sich um eine Aussenkontur handelt. Dabei ist klar, daß Innenkonturen stets zuerst gezeichnet werden, denn wenn die Aussenkontur einmal durchtrennt wurde, ist das Bauteil nicht mehr mit seiner Umgebung verbunden



Zusammenbauzeichnung des Einziehfahrwerks

Einzelteile des Einziehfahrwerks:

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

und somit nicht mehr gespannt. Damit der Fräser die Bahn in einem Zug fräst müssen die einzelnen Zeichenelemente einer Innenkontur miteinander zu Polygonketten verbunden werden. Optisch erkennt man keinen Unterschied. Intern werden die Elemente aber anders angeordnet, so daß eine Linie, die an einen Viertelkreis anschließt mit dem Viertelkreis ein Element bildet.

So entstehen die blauen Bahnen. Bohrungen werden in der entsprechenden Größe einfach rund herausgefräst. Bereiche, die tiefer ausgespart werden sollen z.B. Taschen werden von mir einfach mit einer Schraffur im Abstand des Fräserdurchmessers-0,1mm versehen.

Im letzten Schritt werden alle Elemente angewählt und solange aufgelöst, bis sie in den sog. Primitives (Kreis, Linie usw.) vorliegen. Ohne das Auflösen werden manche Elemente nicht richtig konvertiert.

Die fertige Datei mit den Fräsbahnen werden als DXF-Datei (Autocad Version 12 !) abgespeichert. Anschließend müssen die Daten in ein maschinenlesbares Format konvertiert werden.

Phase 2: Konvertierung in ein maschinenlesbares Format.

Die Konvertierung erstellt aus der DXF-Datei eine plt-Datei, die von CNC-Profi verarbeitet werden kann. Der Umweg über die Konvertierung ist notwendig, weil der direkte Weg über den Microsoft Windows Druckertreiber nicht zufriedenstellend funktioniert. Bei der Konvertierung kann man zwei Wege gegen.

1. Konvertierung über ein Programm das beide Dateiformate unterstützt z.B. Corel Draw oder
2. Konvertierung über DXF2HPGL das speziell für diese Anwendung geschrieben wurde.

DXF2HPGL ist ein Freeware-DOS Programm, das auch batchgesteuert funktioniert. Als zusätzlich Funktionen können automatisch der Nullpunkt verschoben werden und die Skalierung geändert werden. Ein integrierter Viewer ermöglicht die Vorabkontrolle der Fräsbahnen, denn gezeichnet wird in der gleichen Reihenfolge wie später gefräst.

Bei Corel-Draw muß die Datei als DXF importiert werden um als PLT-Datei exportiert zu werden. Wichtig ist, daß ein Faktor von 1016 eingestellt wird, damit die Skalierung paßt.

Nun kann CNC-Profi aufgerufen werden und die Fräsparameter den Farbe zugewiesen werden.

Einstellung in CNC-Profi

Vor jedem Fräsdurchgang sind folgende Punkte zu prüfen und gegebenenfalls einzustellen. Ich habe Sie in Form einer Checkliste zusammengestellt. Nähere Details entnehmen Sie bitte dem umfangreichen Handbuch. Checkliste:

- ▶ Maschine aus? Fräse aus? Absaugung aus?
- ▶ plt-Datei laden
- ▶ Skalierung prüfen (F5).
- ▶ Prüfen Sie: Konvertierung der CAD Daten in Ordnung? Wurden alle Kreise und Polygone richtig interpretiert. Werden alle Kreise angezeigt?
- ▶ Fräsablauf im Grafikmodus überprüfen (innen vor aussen)
- ▶ Position des Werkstücks in Ordnung. Eventuell verschieben, so daß es auf den Maschinentisch paßt. Anmerkung: Ich habe mir auf den Maschinentisch Markierungen mit einem Zentribohrer gefräst, die mir das große Positionieren des Werkstücks erleichtern.
- ▶ Zuordnen der Vorschübe und Schnitttiefen zu den Fräsern.
- ▶ Auswahl der zu fräsenden Farben. (Werkstückkontur selbst darf nicht gefräst werden!)
- ▶ Fräsernullpunkt einstellen.

Das Fräsen

Am Anfang jeder Fräsarbeit steht das Referenzieren des System. Das bedeutet, daß alle Achsen zunächst ihren Nullpunkt suchen müssen, denn wir haben kein Absolutmeßsystem in unserer Maschine integriert. Als nächstes muß der Fräser „ankratzen“. Man schaltet sich die Koordinatenanzeige ein (F2) und fährt mit dem Fräser von Hand (F7) über das Werkstück. Den Fräser positioniert man mit Einzelschritten so, daß er gerade das Werkstück berührt. Den Tiefenwert (z.B. -45.250mm) trägt man als z-Wert beim Nullpunkt ein (ist immer negativer Wert! Vgl. Koordinatensystem).

Hinweis:

Wer sich beim ersten Fräsen nicht sicher ist, kann hier einen Wert eingeben, der 5mm größer ist als der z-Wert beim Ankratzen. Dann läuft die Maschine zunächst die Fräsbahnen „in der Luft“. Man kann so gut beobachten was passiert. Ist alles in Ordnung, dann ändert man den Wert auf den zuerst ermittelten Tiefenwert und beginnt mit dem Fräsen. Schutzbrille und Gehörschutz sind obligatorisch.

Ausblick:

Die Fräsprogramme werden ständig fortentwickelt. Herr Walter Pregel wird demnächst sein Fräsprogramm fertigstellen das Windows basiert ist und über eine serielle Schnittstelle einen einfacheren Fräsmaschinen PC ansteuert. Diese Software ist kostenlos und sicher für Einsteiger interessant.

Andere Hersteller haben den Schritt bereits erfolgreich getan und bieten richtig professionelle Software an, die aber auch ein paar Euro kostet. Interessant ist hier die Software Filou (www.filou.de), die auch mit professionellen Maschinensteuerungen umgehen kann.

Wer noch einen Schritt weiter gehen will, der kann auch Servomotoren einsetzen. Eine interessante Lösung bietet hier die Fa. Gecko

(<http://www.geckodrives.com>) mit einem Servomodul, das wie ein Schrittmotor angesteuert wird. Pläne hierzu finden sich unter:

<http://www.homecnc.info/servo%20obox.pdf>

<http://www.timgoldstein.com/cnc/GeckoG320Wiring.pdf>

Damit lassen sich auch größere Maschinen realisieren.

Weitere Links finden sich unter <http://rotordesign.com/links.html>

Schlußwort

Ich habe mit diesem Artikel Interessierten die Technik vorgestellt und wichtige Hinweise zum Eigenbau gegeben. Jeder muß für sich entscheiden, ob sich ein Nachbau lohnt, oder ob er auf eine fertige Maschine zurückgreifen will.

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

Stückliste

Pak- kungs- einheit	Stk	Benennung	Herstel- ler	Bestell.-Nr.	Länge	Ge- sam- länge [m]	Verwendung	Bemerkung
	1	4 Abdeckplatten 45°90	BOSCH			0	allgemein	Abdeckungen für offene Profilen
	1	6 Abdeckplatten 90°90	BOSCH			0	allgemein	Abdeckungen für offene Profilen
	1	1 Bohrfrässpindel	BOSCH			0	Z-Achse	Oberfräse z.B. von Bosch; Kress usw. Anschluß ø43
	1	18 Bolzenverbinder	BOSCH	3.842.500.926		0	allgemein	Verbindungselemente
	4	40 Hammermuttern	BOSCH	3.842.315.109 M5		0		Verschraubung x- und y-Achse
	2	20 Nutensteine	BOSCH	3.842.166.72		0		
	1	2 Nutensteinprofil	BOSCH	3.842.166.77	180	360		
	1	1 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 630 D17V/D17V	630	630	Gestell	Querstreben Boden
	1	1 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 630 D17V/D17V	630	630	Gestell	Querstreben Boden; mittig durchbohrt ø20
	1	1 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 630 D17V/D17V	630	630	Gestell	Querstreben Boden; mittig durchbohrt ø42
	1	2 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 168,5 D17V/D17V	168,5	337	Y-Achse	Tragschienen Y-Achse
	1	2 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 525 D17V/D17V	525	1050	Y-Achse	Tragschienen Y-Achse
	1	2 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 810 D11V/D11V	810	1620	X-Achse	Achtung Endenbearbeitung ø11 bohren!
	1	1 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 90 D17V/D17V	90	90	X-Achse	Querstreben X-Achse
	1	1 Profil 45°90	BOSCH	3.842.509.186 / 90 D17V/D17V	90	90	X-Achse	Querstreben X-Achse; mittig durchbohrt ø42
	1	2 Profil 90°90	BOSCH	3.842.990.500 / 828,5	828,5	1657	Gestell	Linker und rechter Bodenträger
	1	2 Profil 90°90	BOSCH	3.842.990.500 / 497	497	994	Gestell	Säulen
	1	1 Profilabdeckungen	BOSCH		30	30	allgemein	verschließen die Bosch Profile
	1	9 Winkel 88°88	BOSCH	3.842.502.348		0	allgemein	Aussteifungen Gestell; Träger für Monitor
	1	2 Distanzstück	Eigenbau	Alu-Frästeil		0	x/y- Achse	Verbindung Schlitten mit Kugelumlaufmutter
	1	2 Druckhülse	Eigenbau	Alu-Drehteil		0		Ausgleichselement
	1	1 Flanschplatte Z-Achse	Eigenbau	Alu-Frästeil		0		
	1	1 Gehäuse	Eigenbau				Schaltschrank	2mm Alublech gesägt und gebogen, alternativ Laserschnitt gebogen
	1	1 Gehäusedeckel	Eigenbau				Schaltschrank	2mm Alublech gesägt und gebogen, alternativ Laserschnitt gebogen
	1	2 Spindellagerblock	Eigenbau	Alu-Frästeil		0	x/y- Achse	Lagerung der X und Y- Achse
	1	1 Anschlußelemente	IGUS	080.40.12.PZ		1	X-Achse	Mit Zugentlastung
	1	1 Energiekette "Easy Chain"	IGUS	028 038 048		1	X-Achse	im Innenradius befüllte Energiekette Z 08.40.
	1	2 Kugelumlaufmutter	Isel	Isel Typ 213 503		0		x/y- Achse
	1	2 Kugelumlaufspindel	Isel	Isel Typ 211 1321 085		0		x/y- Achse
	1	2 Kupplungsstück	Isel	218 003 9580 (bei ø 9,52 Motorwelle) oder 218 002 6350 (bei ø 6,35mm Motorwelle)		0	x/y- Achse	Achtung: bitte passend zum Motor bestellen!
	1	1 Tischplatte	Isel	Isel 600*375 PT 25/375		0		Standardgröße bei Isel
	1	2 Pendelkugellager	SKF	SKF-2200E		0		x/y- Achse
	1	2 Führungsschiene	STAR		0,5	0	Y-Achse	Alternativ auch Fa. THK
	1	2 Führungsschiene	STAR		0,63	1,26	X-Achse	Alternativ auch Fa. THK
	1	4 Führungswagen	STAR	1623-813-10		0		
	1	2 Flanschplatte	Eigenbau			0		
	1	8 Imbusschrauben		M8*75		0		X-Achse
	1	8 Imbusschrauben		M4*20		0		
	1	16 Imbusschrauben		M5*20		0		
	1	8 Imbusschrauben		M4*100		0		
	1	1 Kleinteile						
	1	2 Mutter		M10		0		
	1	1 Abdeckblech Führungen	Eigenbau					
Elektrik								
	1	1 Grundplatine	NC-Step					Bausatz
	1	1 Zusatzplatine	NC-Step					Bausatz
	1	1 Optoentkoplerkarte	NC-Step					
	1	1 Transformator	Reichelt	RKT 22015				
	1	1 Ein/Aus Schalter	Reichelt	Wipp 53 schw.				
	1	1 Kaltgerätesteckdose incl. Sicherung und Entstörung	Reichelt					
	1	1 Kabelkanal						
	1	2 Lüfter	Reichelt	Lüfter 8038 220V				
	1	6 Endschalter	Reichelt	Mar 1050.0102				
	1	1 Kaltgerätestecker + Kabel	Reichelt	NKSK 200 schw				
	1	8 LED mit Fassung	Reichelt					Zustandsanzeige Endschalter
	1	1 Gleichrichter	Reichelt	B80C25A				
	1	3 Elko	Reichelt	BSA 4700/63				
	1	1 Kleinmaterial						
	1	3 Schrittmotoren		R+S				
	1	1 Centronicsbuchse	Reichelt	SE 5736F				Anpassung an Software wird am Stecker durchgeführt!
	1	1 Centronicsanschlußkabel	Reichelt	AK1020				Achtung: Kabel muß vollbelegt sein!
	1	2 Kühlkörper	Reichelt	V 6716Z				
	1	1 Flachbandkabel	Reichelt	?				
	1	1 Pfostenstecker	Reichelt	PFL 34/40				
Software								
	1	1 CNC Profi						
	1	1 DXF2HPGL						

PC gesteuerte 3D-CNC Fräsmaschine im Eigenbau

Schrittmotorsteuerungen

NC-Step
 Thorsten Ostermann
 Entwicklung und Vertrieb von Systemsoftware und Hardwarekomponenten
 Ringstraße 46
 52078 Aachen
 E-Mail: Ostermann@NC-Step.de
 Tel. & Fax: +49 / (0)241 / 4091800
www.ostermann-net.de oder www.NC-Step.de

MIR ELEKTRONIK
 VERTRIEBS GmbH
 Landwehrstrasse 28
 D-80336 München
 Tel:089-59 58 81
 Fax:089-59 48 21
www.mir-elektronik.de

Profile

FMS Montagetechnik GmbH
 Junkersstrasse 1
 82178 Puchheim
 Telefon: 089 800901-31 Telefax: 089 800901-30
bosch@fms-montagetechnik.de

Software

	PC-NC	PC-Posi	WinPC-NC	CNC-Profi	DIN-CNC	PC-Dreh	Step4 Fräs	Step4 Schneid	KCam	Stepster
Anwendung(en)	2,5D-Fräsen, Folienschneiden	Positionierung, Robotik	3D-Fräsen, Folienschneiden	2,5D-Fräsen, Folienschneiden	3D-Fräsen	Drehen, 2,5D-Fräsen	Fräsen	Folienschneiden	2,5D-Fräsen	2,5D-Fräsen
Betriebssystem	DOS / Win a)	DOS	Win 95/98/NT/2000	DOS	DOS	DOS / Win a)	DOS	DOS	Win (95/98/NT)	Win (3.x/95/98)
Version	3.01 (light: 1.0)	2.0 (light: 1.0)	1.0	3.5	4.38	3.0			3.0.15	Beta 979
Import: HPGL, Excellon, S&M, DIN, DXF	* / * / * / -	nur eigenes Format	* / * / * / -	* / * / * / - / * b)	# / - / # / * / #	* / - / - / - / *	* / - / - / - / *		* / * / - / * / *	- / - / - / * / -
Anschluß	Paralell	paralell / digital I/O \$	seriell (an Achscontroller)	paralell	paralell	paralell	paralell / digital I/O	paralell	paralell	paralell
Zusätzliche I/Os:	Ja (fest belegt)	Ja	Ja		8Out, 4In					
Optimierung: Reihenfolge, Radius	*\$ / *\$			* / *	- / \$	* / *	* / *			
Signale: Spindel, Kühlung, Stromabsenkung	* / * / *		* / * / *	* / * / *	* / * / *	8bit / - / - %	* / * / *			* / * / -
Weitere Features	Werkzeugwechsler \$, Spindeldrehzahl \$, autom. Werkzeugvermessung \$, Z-Geschwindigkeit einzeln einstellbar \$, Teach in \$, Batch-Fähig \$, Spielkorrektur	4 Achsen, SPS-Funktionen \$, Teach in \$, Stückzähler, Bedienung ohne Monitor/TT \$, Unterprogramme	Multitasking-fähig, echte 3D-Interpolation, Joystick-Unterstützung uvm.	zus. Tangentialachse, grafischer Editor, Nutzen-fähig	Unterprogramme	Zeichenmodus, Spielkorrektur, Spindelregelung (Drehen), Joystick	Grafische Oberfläche, Simulation, Zeichenmodus, Spindel-Regelung	Zeichenmodus		
Nachteile	Joystick-Fkt. verursacht Fehler (-> deaktivieren)		externer Achscontroller erforderlich	Referenz- und manuelle Fahrt nur mit Start-Stop Geschwindigkeit		Dongle, für Fremdhardware Signalanpassung nötig			Schneller Rechner (mind. PII oder K6-2) notwendig	Nur einfache Funktionen, rein textbasiert
Preis	289DM (light: 149DM)	1624DM/1102DM (light: 754DM)	1728,40DM (incl. Achscontroller)	299DM	555DM	749DM	>800DM	>800DM	Shareware	Freeware
Vertrieb	Inq.-Büro B. Lewetz	Inq.-Büro B. Lewetz	Inq.-Büro B. Lewetz	Thiemig CNC-Technik	Thiemig CNC-Technik	HSE	Step four	Step four	KellyWare	Metalworking

Zeichenerklärung: \$) Nur Vollversion #) Optional §) Nur über G-Codes %) Nur mit PC-Dreh Elektronik a) Ohne Maschinenfunktionen b) Nur Line und Point; Quelle Thorsten Ostermann

Messageboard im www.cncplayer.de (www.minijob.de/cp/01mbde/01mbm.html)