

Fachbereich Technik:
Bau und Steuerung einer CNC-Fräse

Michèle Inhestern

14. Januar 2007

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
1 Einleitung	
1.1 Vorwort	4
2 Mechanik	
2.1 Allgemeiner mechanischer Aufbau der CNC-Fräse	4
2.2 Die Rahmenkonstruktion	5
2.3 Vorschubkonstruktionen	7
2.3.1 Die Schrittmotoren	7
2.3.2 Die Kupplungen	8
2.3.3 Die Kugellager und Lagerböcke	9
2.3.4 Die Vorschubspindeln	9
2.3.5 Die Linearführungen	10
2.3.6 Zusammenwirken der Komponenten	11
2.4 Der Fräsmotor	12
3 Elektronik	
3.1 Allgemeine Funktionsweise	14
3.2 Die Stromversorgung	14
3.3 Schrittmotorsteuerung und –Endstufe	15
3.4 Der Computer und die Software	15
Schlusswort	16
Quellenverzeichnis	17
Danksagung	17
Anhang	18

Abkürzungsverzeichnis

R	Widerstand in Ohm
U	Spannung in V
I	Strom in A

Schaltplanbezeichnungen:

AC	Alternating Current, Wechselstrom
C	Capacitor, Kondensator
D	Diode
DC	Direct Current, Gleichstrom
F	Fuse, Sicherung
G	Gleichrichter
IC	Integrated Circuit, integrierter Schaltkreis
R	Resistor, Widerstand
S	Schalter
T	Transistor
Tr	Transformator
Z	Zener-Diode

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Die präzise und schnelle Verarbeitung von Werkstoffen hat in vielen Gebieten der Technik schon immer eine wichtige Rolle gespielt und wird immer bedeutender. In den 1970er Jahren wurden die ersten CNC-Maschinen (Computerized Numerical Control) entwickelt. CNC-Maschinen sind, durch den Einsatz moderner Steuerungstechnik, in der Lage, Werkstücke mit hoher Wiederholgenauigkeit auch für komplexe Formen automatisch herzustellen. Sie übertreffen handgeführte Maschinen deutlich in Präzision und Geschwindigkeit.

Fräsen bezeichnet das spanabhebende Bearbeiten von Metallen, Holz, Erde oder Kunststoffen mittels eines Fräswerkzeuges. Es erfolgt auf speziellen Werkzeugmaschinen. Im Gegensatz zum Drehen wird die zur Spanabhebung notwendige Schnittbewegung durch Rotation des Schneidwerkzeuges gegenüber dem fest im Maschinentisch eingespannten Werkstück erzeugt. Die hingegen zur Formgebung notwendige Vorschubbewegung wird je nach Bauart entweder durch Verschiebung des Maschinentisches oder durch Bewegung des Fräskopfes um das Werkstück herum erreicht. Vorschubbewegungen können je nach Bauweise - auch kombiniert - in der X, Y und Z-Achse oder entlang von Rotationsachsen erfolgen.

Beim CNC-Fräsen können bis zu fünfachsig Maschinen über eine Maschinensteuerung programmiert werden. Die Achsen werden einzeln oder gleichzeitig mit Vorschüben geregelt. CNC-Fräsmaschinen laufen mit teilweise extremen Vorschüben von 60 m/min und Drehzahlen von 100.000 U/min, jedoch liegen die Werte üblicherweise deutlich darunter. Die Werkzeuge werden bei großen Maschinen in einem Werkzeug-Wechselmagazin gelagert, automatisch im Bedarfsfall aufgerufen und durch einen Werkzeugwechsler eingewechselt. Die CNC-Technik ermöglicht das 3D-Fräsen, mit dem kompliziertere 3D-Konturen erzeugt werden können. Häufig wird das Werkstück in vielen kleinen nebeneinander liegenden Zeilen abgefahren. Beim 5-Achsen-Fräsen kann die Maschine den Fräser unter jedem Winkel am Werkstück positionieren und verfahren, wodurch die Fertigung von extrem komplexen 3D-Konturen ermöglicht wird. Kenndaten einer Fräsmaschine sind die Arbeitsraum-Koordinaten, das heißt welche Verfahrenswege in den Koordinaten X, Y und Z möglich sind, welche Antriebsleistung und welche Drehzahlbereiche verfügbar sind

Ziel dieses „Jugend Forscht“-Projektes war die Entwicklung und der Bau einer dreiachsigen, kostengünstigen, präzisen, qualitativ hochwertigen und möglichst leistungsstarken CNC-Fräsmaschine. Sowohl der mechanische Aufbau, als auch die elektronische Steuerung wurden und werden selbst entwickelt. Da der Bau jedoch außerordentlich kostspielig ist, wurden viele einzelne Komponenten von hilfsbereiten Firmen gesponsert, um diesen realisierbar zu machen. Anderweitig wäre dieses Projekt nicht möglich geworden.

2 Mechanik

2.1 Allgemeiner mechanischer Aufbau der CNC-Fräse

Als Portalfräsmaschine wird eine Fräsmaschine bezeichnet, bei der der Fräskopf an einem Querbalken zwischen zwei Ständern geführt wird, wodurch ein Portal gebildet wird. Das Werkstück wird je nach Bauform bei einem Gantry-Antrieb auf einen fest installierten

Spanntisch oder bei feststehenden Ständern entsprechend auf einen durch das Portal in X-Richtung verschiebbaren Spanntisch aufgebaut. Letzteres wurde im Rahmen dieses Projektes auf Grund der einfacheren und kostengünstigeren Bauweise verwirklicht. An dem Querbalken ist die Y-Achse montiert und an ihrer wiederum die Z-Achse, so dass der Fräskopf sich in drei Richtungen bewegen lässt.

Portalfräsmaschinen eignen sich entsprechend durch ihre hohe Starre ganz besonders für die effektive Bearbeitung großer Flächen. Sie werden bevorzugt beim Planfräsen von beispielsweise großen Platten eingesetzt. Häufig haben Portalfräsmaschinen, zusätzlich zum Fräskopf am Querbalken, noch zwei Fräsköpfe an den Ständern, so dass in einem Durchlauf gleichzeitig auch die Seiten des Werkstücks bearbeitet werden können. Auf diese Erweiterung wurde aber beim Bau verzichtet

Durch die sehr starre Bauform ist die Positioniergenauigkeit der eingesetzten Fräswerkzeuge trotz der oft extremen Ausmaße solcher Maschinen sehr hoch bei bis zu 5/1000 mm. Entsprechend ist die Bauform auch relativ unempfindlich gegenüber Vibrationen was besonders beim Wunsch nach hoher Maßhaltigkeit, Oberflächengüte oder bei hoher Zerspanungsleistung eine sehr wichtige Voraussetzung darstellt.

Ein wesentlicher Nachteil der Portalfräsmaschinen ist die bauartbedingte Beschränkung der Breite und Höhe der Werkstücke entsprechend den Innenausmaßen des Portals. Dieser Nachteil ist jedoch bei der gebauten CNC-Fräse sehr gering, da die Innenabmessungen des Portals ausreichend groß gewählt wurden und hauptsächlich flache Materialien verarbeitet werden.

Da die CNC-Fräsmaschine sowohl präzise als auch qualitativ hochwertig gebaut werden sollte, kamen nur Aluminium und begrenzt auch MDF (Mitteldichte Faserplatte), eine sehr harte Spanplattenart, zum Einsatz.

2.2 Die Rahmenkonstruktion

Der Rahmen der CNC-Portalfräse wurde aus Maschinenbauprofilen gebaut (Abb. 1). Sie bestehen vollständig aus Aluminium. Einzig die Oberfläche ist zum Schutz naturfarben eloxiert.

Diese Profile sind sehr leicht, einfach zu be- und verarbeiten und außerdem noch äußert stabil und somit ideal für den Bau von CNC-Fräsen geeignet.

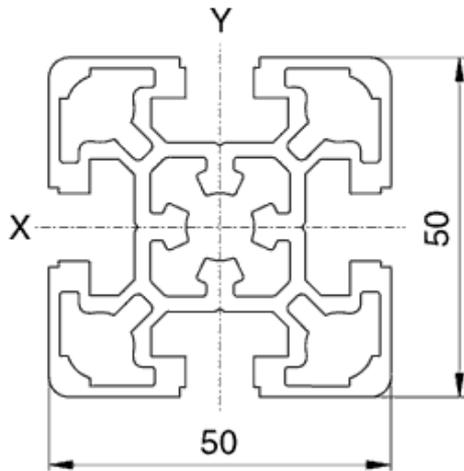


Abb. 1: Querschnitt Bosch Rexroth Maschinenbauprofil

Glücklicherweise konnte auf gebrauchte Aluminiumprofile zurückgegriffen werden, da die Neupreise mit mindestens 40€ pro Meter den finanziellen Rahmen dieses Projektes gesprengt hätten. Dabei wurden für das Portal und die Aufhängung der Y-Achse die leichteren Maschinenbauprofile von Item mit den Abmessungen 40x40mm, 40x80mm und 40x120mm verbaut (Abb. 2).

Für die Bodenkonstruktion wurden massivere Profile von Bosch Rexroth mit einer Querschnittsgröße von 50x50mm verwendet (Abb. 1).



Abb. 2: Item Maschinenbauprofile

Durch die T-Nuten in den Profilen lassen sich die Profile untereinander schnell und stabil verbinden, und gegebenenfalls auch noch entlang der T-Nut verschieben, sodass sich zum Beispiel der Querbalken herabsetzen lässt, um flachere Werkstücke, durch die daraus ergebenden sinkenden Vibrationen, exakter bearbeiten zu können.



Abb. 3: Frontansicht der Rahmenkonstruktion

1



Abb. 4: Ständer mit Querbalken

In den Boden der Rahmenkonstruktion wurde eine MDF-Platte millimetergenau eingepasst und auf ihr die X-Achse montiert.

2.3 Vorschubkonstruktionen

Die Vorschubkonstruktionen aller drei Achsen bestehen je aus folgenden Komponenten:

- einem Schrittmotor
- einer Kupplung
- zwei Kugellagern mit je einem Lagerbock
- einer Vorschubspindel
- zwei Linearführungen mit je zwei Führungswagen
- zwei Vorschubmuttern mit einem Lagerbock

2.3.1 Die Schrittmotoren

Ein Schrittmotor ist ein Synchronmotor, bei dem der Rotor (drehbares Motorteil mit der Welle) durch ein gesteuertes schrittweise rotierendes elektromagnetisches Feld der Statorspulen (nicht drehbarer Motorteil) um einen minimalen Winkel (Schritt) oder sein Vielfaches gedreht werden kann. Bei CNC-Fräsmaschinen wird hauptsächlich nur diese Art von Motoren eingesetzt, da durch den festen Schrittwinkel eine konstante, exakt berechenbare Vorschubbewegung proportional zur Anzahl der Eingangsimpulse vollzogen wird.

Alle Vorschubkonstruktionen enthalten denselben isel-Hybrid-Zweiphasen-Schrittmotor MS 160. Bei diesen Schrittmotoren ist durch den 8-Leiter-Anschluss sowohl ein unipolarer als auch ein bipolarer Betrieb möglich. Bei dem unipolaren Betrieb wird je Schritt nur eine von vier Statorspulen und bei dem bipolaren Betrieb zwei Statorspulen angesteuert. Daraus resultiert ein Haltemoment von 1,3Nm bei unipolarem und 1,6Nm bei bipolarem Betrieb.

Allerdings erwärmt sich der Motor wegen des höheren Gesamtstromes bei bipolarer Ansteuerung stärker und muss gegebenenfalls gekühlt werden.

Mit diesem hohen Drehmoment sind diese Schrittmotoren leicht überdimensioniert für eine CNC-Fräse dieser Größenordnung. Vergleichbare Maschinen verwenden Schrittmotoren mit einem Haltemoment von ca. 1Nm.

Neben dem üblichen Vollschritttrieb sind noch Halb- und Viertelschritttrieb möglich, um die Auflösung des Schrittwinkels und die daraus resultierende Vorschubweite weiter herabzusetzen. Der Schrittwinkel liegt im Vollschrittbetrieb bei $1,8^\circ$ pro Schritt.

Weitere Vorteile dieser Schrittmotoren sind das zweite Wellenende für einen optionalen Anbau von Bremse und Schrittcoder und der kleine, nicht kumulative Schrittwinkelfehler von 5%.

2.3.2 Die Kupplungen

Eine Kupplung ist ein Maschinenelement zur Übertragung von Drehmomenten bei Wellen ohne und mit Verlagerung der Achsen. Eingeteilt werden die Kupplungen nach ihren Funktionen und der Verbindungsart. Es gibt drehstarre Kupplungen, elastische Kupplungen und schaltende (bzw. trennende) Kupplungen. Die Aufgaben bei einer CNC-Fräse sind die Übertragung von Drehbewegung bzw. Drehmoment, Ausgleich von Wellenversatz und die Dämpfung von Drehmoments- und Geschwindigkeitsstößen. Kupplungen dienen, im Gegensatz zu Getrieben, nicht zur Drehmomentwandlung sondern sie übertragen im verbundenen Zustand gleichgroße Drehmomente.

Die verwendete Kupplung besteht aus einer sehr festen Alulegierung und ist mit einer Alu-Chrom Oberflächenbehandlung ausgestattet. Die erste Bohrung hat einen Durchmesser 6,35mm für die Welle des Schrittmotors und die zweite hat den relativ üblichen Durchmesser von 6mm für die Vorschubspindel.

Das zu übertragende Drehmoment liegt bei 1,7Nm, das Bruchmoment bei 10Nm. Die Kupplung ist spielfrei. Die Kraftübertragung erfolgt durch eine mittlere Azetal-Scheibe, die in Verbindung mit der Aluminiumlegierung der Seitenteile eine nahezu verschleißfreie Verbindung ergibt. Durch Kombination der Aluminium- und Azetal-Teile resultiert außerdem die bei Schrittmotoren geforderte Schwingungsdämpfung. Resonanzen werden weitestgehend vermieden.

Ein weiterer großer Vorteil dieser Kupplungen ist der axiale Ausgleich von versetzten Wellen zueinander. Zwei miteinander zu verbindende Wellen weisen immer einen mehr oder minder starken axialen Versatz auf. Durch die Anordnung der Ausgleichsscheibe der Kupplung werden durch exzentrische Ausgleichsbewegungen diese Versetze eliminiert.

Abb. 5: Kupplung

2.3.3 Die Kugellager und Lagerböcke

Kugellager sind Lager, bei denen zwei zueinander bewegliche Komponenten, der so genannte Innenring sowie der Außenring durch rollende Körper getrennt sind und sich in unterschiedliche Richtungen oder Geschwindigkeiten bewegen können.

Sie dienen bei dieser CNC-Fräsmaschine dazu, die Vorschubspindeln reibungsarm zu lagern und die auftretenden radialen Kräfte aufzunehmen, um somit die Belastungen auf die Vorschubkonstruktionen zu minimieren. Dadurch wird einem eventuellen Schrittverlust durch eine zu hohe Belastung der Schrittmotoren vorgebeugt.

Bei diesem Projekt kommen Rillenkugellager der Firma IBU in der Größe 9x24x7mm (Innendurchmesser x Außendurchmesser x Breite) zum Einsatz.

Die Lagerböcke für die Aufnahme der Kugellager wurden selbst angefertigt. Die Abmessungen betragen 60x80x15mm und 110x60x18mm, wobei an letzteren auch die Schrittmotoren befestigt werden.

2.3.4 Die Vorschubspindeln

Als Vorschubspindeln kommen Trapezgewindespindeln mit einem Durchmesser von 16mm und einer Steigung von 4mm pro Umdrehung zum Einsatz. Diese Spindeln sind gegenüber von metrischen Gewindestangen deutlich präziser, aber auch teurer.

Abb. 6: Schema einer Trapezgewindespindel

Eine noch spielfreiere und leichtgängigere Möglichkeit ist die Verwendung von Kugelumlaufspindeln. Bei dieser Spindelart bewegen sich kleine Metallkugeln durch die halbrunden Gewingegänge der Spindel und minimieren somit das Spiel. Allerdings sind diese in der Anschaffung äußerst kostspielig und für die meisten privaten Zwecke nicht von Nöten.

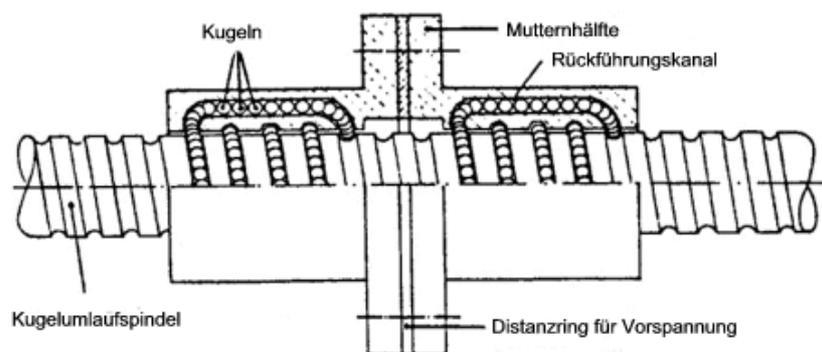


Abb. 7: Funktionsweise einer Kugelumlaufspindel

Das Umkehrspiel lässt sich noch bei allen Spindelarten durch das Verschrauben von zwei Muttern mit geringer Versetzung und durch softwaretechnische Einstellungen noch weiter reduzieren.

2.3.5 Die Linearführungen

Die Linearführungen sind wohl der wichtigste Teil einer jeden CNC-Fräsmaschine. Sind diese unpräzise, wirkt sich dies direkt auf das spätere Fräsergebnis aus.

An der X-Achse kommen Igus DryLin TW-01-15 Lineargleitführungen zum Einsatz. Bei den Führungswagen dieser Serie werden Kunststoffbacken mit einstellbarer Kraft gegen die Führungsschiene gepresst, um so die geforderte Präzision zu erreichen. Dadurch laufen diese Führungswagen ohne Schmierstoffe, die verschmutzen und den Lauf beschweren könnten. Allerdings müssen die Kunststoffbacken sehr hart eingestellt werden, um präzise genug arbeiten zu können. Daraus resultiert eine relative Schwergängigkeit, die zu eventuellen Schrittverlusten des Schrittmotors und somit zu einer Unpräzision bei dem Fräsergebnis führen kann. Allerdings sind diese Linearführungen kostengünstig und werden aber dennoch gegen hochwertigere Linearführungen wie an Z- und Y-Achse ausgetauscht.



Abb. 8: Linearführungen X-Achse

An der Z-Achse wurden Kugelumlaufschienen HSR25R von THK und an der Y-Achse Präzisionswellen mit Kugelumlaufslagern von SKF verbaut. Diese Führungen sind nahezu spielfrei und sehr reibungsarm und somit die idealen Linearführungen bei dem Bau einer CNC-Fräse. Die Technik ist vergleichbar mit der der Kugelumlaufspindeln. Allerdings bewegen sich die Metallkugeln in den Laufwagen nicht in Form einer Spirale um die Führung, sondern parallel.



Abb. 9: Linearführungen an der Z-Achse



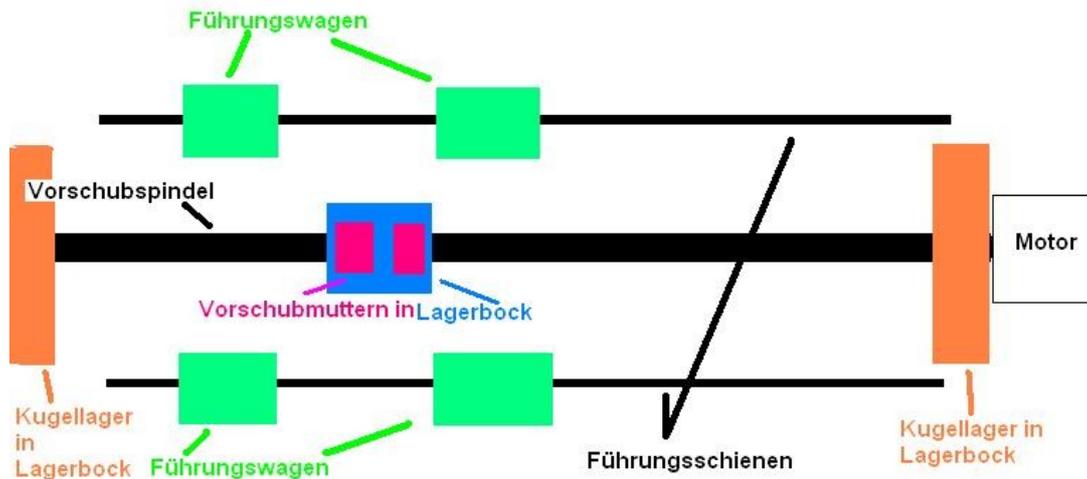
Abb. 10: Linearführungen der Y-Achse



2.3.6 Zusammenwirken der Komponenten

Die Funktionsweise einer jeden Achse lässt sich leicht an der Skizze 1 erläutern. Zusätzlich zu dem dargestellten Aufbau sind die Führungsschienen und die Lagerböcke der Kugellager auf einer unbeweglichen Grundplatte fixiert. Außerdem ist der Lagerbock der leicht versetzten Vorschubmutter mit den Führungswagen auf einer beweglichen Platte befestigt.

Versetzt nun der Schrittmotor die Vorschubspindel in radiale Bewegung, wandeln die Vorschubmutter diese Bewegung in eine axiale entlang der Vorschubspindel um. Da diese jedoch mit der beweglichen Platte verbunden sind, bewegt sich die komplette Platte. Die Führungen dienen dabei der Stabilisation zu den Seiten.



Skizze 1: Funktionsweise

Die Welle des Schrittmotors bewegt sich pro Schritt im Vollschrittbetrieb um $1,8^\circ$. 200 Schritte sind demnach für eine vollständige Umdrehung von 360° nötig. Durch die Steigung der Trapezgewindespindeln von 4mm pro Umdrehung ergibt sich eine Auflösung von

$$\frac{4 \frac{\text{mm}}{\text{Umdrehung}}}{200 \frac{\text{Schritte}}{\text{Umdrehung}}} = 0,02 \frac{\text{mm}}{\text{Schritt}}$$

2.4 Der Fräsmotor

Als Fräsmotoren finden, je nach Bearbeitungszweck, zwei unterschiedliche Geräte Verwendung.

Für kleinere Arbeiten wird ein Dremel MultiPro mit einer Leistung von 125W und einem Drehzahlbereich von 10.000 bis 33.000 Umdrehungen pro Minute genutzt (Abb. 11).



Abb. 11: Dremel MultiPro

Zur Befestigung der kleinen Handbohrmaschine wurde eine eigens konzipierte Halterung gebaut (Abb. 12). Diese Halterung ist am unteren Ende der Z-Achse montiert.



**Abb. 12: Fräsmotoraufnahme
für Dremel Multi Pro**

Für größere Arbeiten wie die Bearbeitung von Aluminium, dient eine Makita Einhandfräse 3708F mit einer Leistung von 440W. Bei diesem Fräsmotor liegt die Drehzahl konstant bei 35.000 Umdrehungen pro Minute. Da dies für die meisten Arbeiten zu schnell ist, wird zu einem späteren Zeitpunkt eine Drehzahlregelung über eine Pulsweitenmodulation nachgerüstet.

3 Die Elektronik

Ein wichtiges Element einer CNC-Fräse ist die Elektronik, die die Steuersignale des Computers decodiert und die Schrittmotoren steuert. Diese Elektronik wurde zum Zwecke der Platzsparung in 19-Zoll-Gehäuse gebaut. Es wurde je ein Gehäuse für die Stromversorgung, die eigentliche Schrittmotorsteuerung und den steuernden Computer verwendet. Die Gehäuse finden nun Platz in einem Serverschrank der Firma Rittal.

3.1 Allgemeine Funktionsweise

Zu Anfang einer jeden Fertigung von Werkstücken mit CNC-Fräsen erstellt der Bedienende ein dreidimensionales CAD-Modell (Computer Aided Design, dt. Rechnerunterstützte Konstruktion) des zu fertigenden Teiles. Dieses Modell wird an ein CNC-Programm weitergeleitet. Dieses Programm ist der entscheidende Verbindungspunkt zwischen Software und Hardware. Es decodiert die übergebene CAD-Vorlage und errechnet daraus die nötigen Bewegungen des Fräskopfes. Diese Befehle leitet das Programm über den LPT-Port des Computers an die Schrittmotorsteuerung weiter. Der LPT-Port eignet sich durch das parallele Senden von Daten sehr gut für die Steuerung einer CNC-Fräse, da dadurch mehrere Achsen gleichzeitig angesteuert werden können.

Die Schrittmotorsteuerung decodiert ihrerseits die Signale des Computers und steuert die Schrittmotoren mit ihrer Versorgungsspannung an. Diese Versorgungsspannung liegt üblicherweise bei 12V und ist für eine effiziente Nutzung der Schrittmotoren zu gering. Aus diesem Grund wird hinter die Schrittmotorsteuerung eine Verstärkerendstufe geschaltet, um die Ausgangsspannung für die Schrittmotoren weiter zu erhöhen. Die Schrittmotoren der Achsen sind direkt hinter die Endstufe geschaltet.

Optional kann die Schrittmotorsteuerung auch Signale von Endschaltern an allen Achsen verarbeiten, um ein eventuelles Verlassen der Achsen des maximalen Verfahrenswegs und somit einer Beschädigung der CNC-Fräse vorzubeugen. Weitere Erweiterungen sind die Drehzahlsteuerung des Fräsmotors und die Unterbrechung des Fräsvorgangs mittels Not-Aus-Schalter.

3.2 Die Stromversorgung

Die Stromversorgung(Schaltplan: s. Anhang) ist ein wichtiger Teil einer CNC-Fräsmaschine. Sie versorgt sowohl die Schrittmotorsteuerung, die Endstufe als auch den Fräsmotor mit Elektrizität.

Die bei diesem Projekt gebaute Stromversorgung stellt vier unterschiedliche Spannungen zur Verfügung:

- 12V / 500W Gleichspannung für die Versorgung der Schrittmotorsteuerung (nach einer Spannungsstabilisierung)
- 24V / 75W Gleichspannung für Signallampen, etc.
- 40V / 500W Gleichspannung für die Schrittmotorendstufe und
- 230V / 3600W Wechselfspannung für den Fräsmotor

Alle Spannungen außer Netzspannung werden durch drei Transformatoren auf die gewünschte Spannung herab transformiert, gleichgerichtet und anschließend von einem Elektrolytkondensator und kleineren Folienkondensatoren geglättet. Der Elektrolytkondensator übernimmt dabei den Großteil der Glättung. Die kleineren Folienkondensatoren dienen nur zum herausfiltern von Hochfrequenz.

Zum Schutz vor einem Kurzschluss ist die gesamte Stromversorgung mit einem 16A, sowie einem 6A Sicherungsautomaten je Transformator abgesichert.

3.3 Schrittmotorsteuerung und -Endstufe

Bedauerlicherweise sind die Arbeiten an der Schrittmotorsteuerung und –endstufe zum Zeitpunkt dieser „Jugend Forscht“-Arbeit noch nicht abgeschlossen, so dass noch keinerlei Aussagen hierüber gemacht werden können. Dieser Teil der Elektronik wird aber bis zur offiziellen Vorstellung dieses Projektes fertig gestellt sein.

3.4 Der Computer und die Software

Zu jeder CNC-Fräse gehört ein Computer auf dem die Steuerungssoftware läuft. Bei dem hier verwendeten Rechner handelt es sich um einen Industriecomputer im 19-Zoll-Gehäuse mit folgenden Spezifikationen:

- 1 Ghz P3 CPU
- 256MB Ram
- 40GB Festplatte
- 32MB Grafikkarte
- Gigabit-Lan

Zusätzlich zu diesen Eigenschaften wurde in dem Computer noch eine Digital-Oszilloskopkarte für eventuelle Reparaturarbeiten an der CNC-Fräse eingebaut. Mit diesen Eigenschaften ist der Rechner stark überdimensioniert. Dies behindert aber in keiner Weise die Funktion als Teil einer CNC-Steuerung.

Auf dem Rechner kommt als Steuerungssoftware eine Demoversion von PC-NC zum Einsatz. Diese Software ist äußerst einfach zu bedienen, leistungsstark und zugleich sehr umfangreich. Typische Anwendungen sind das Isolationsfräsen zur Leiterplattenherstellung, das Fräsen von Frontplatten, Schilder gravieren, Folien schneiden, Klebstoffe auftragen und das Lasergravieren.

Schlusswort

Der Bau der CNC-Fräsmaschine hat mir viel Spaß gemacht und war für mich eine große Herausforderung, weil ich mich sowohl mit mechanischen, elektronischen als auch softwaretechnischen Problemen auseinandersetzen musste. Ursprünglich war die Entwicklung einer Steuerungssoftware auch geplanter Teil dieses Projektes. Doch dieser Teil wurde schnell verworfen, als ich mir über die zeitlichen und finanziellen Ausmaße mit der Zeit immer klarer wurde.

Der Bau verschlang insgesamt über ein Jahr Entwicklungs- und Bauzeit und ist bis heute noch nicht fertig. Selbst lange nach den ersten erfolgreichen Testläufen werde ich noch unscheinbare Kleinigkeiten, die ausgemerzt, oder Erweiterungen, die noch hinzugefügt werden müssen, finden. Der Bau eines solch großen Projektes ist niemals vollständig abgeschlossen.

Bis zur offiziellen Vorstellung dieser „Jugend-Forscht“-Arbeit sind noch einige Handgriffe zu tun. Die komplette Schrittmotorsteuerung muss noch gebaut und die ersten Testläufe müssen noch gemacht werden.

Bei dem Bau einer CNC-Fräse wird es niemals langweilig.

Michèle Inhestern

Quellenverzeichnis

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/CNC-Maschine>
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/CNC-Drehmaschine>
- [3] http://de.wikipedia.org/wiki/Computerized_Numerical_Control
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A4sen>
- [5] <http://www.pc-max.de/forum/news.php?n=723>
- [6] <http://www.selfmadecnc.de/>
- [7] <http://www.nc-step.de/produkte.html>
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A4smaschine>
- [9] <http://www.cnc-selbstbau.de/>
- [10] <http://www.metallstore.de/>

Danksagung

Ich möchte mich bei folgenden Personen und Firmen bedanken, die mich bei meinem „Jugend-Forscht“-Projekt sowohl geistig und tatkräftig als auch durch Sponserungen unterstützt und somit erst ein Zustandekommen ermöglicht haben:

- Meinen Eltern Diana Inhestern und Matthias Strzelczyk
- Meinem Großvater Josef Inhestern
- Meinem Betreuungslehrer Herrn Breidert
- Meinem Onkel Richard Strzelczyk

- Flexatec GmbH – Führungsketten Systeme
- Isel automation GmbH & Co. KG
- EWM Hightec Welding GmbH
- BEG Bürkle GmbH & Co.
- Ersa GmbH
- Helukabel GmbH
- Faurecia Interior Systems Peine GmbH
- Lumitronix LED-Technik GmbH
- Sälzer Electric GmbH
- Heidenreich Gehäusetechnik GmbH & Co. KG
- Igus GmbH
- Top Prinz Electronic GmbH
- Makita Werkzeuge GmbH
- JW Elektronik OHG
- Badel Elektronik Vertriebs GmbH
- Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
- Rittal GmbH und Co. KG
- Dremel Europe

Anhang