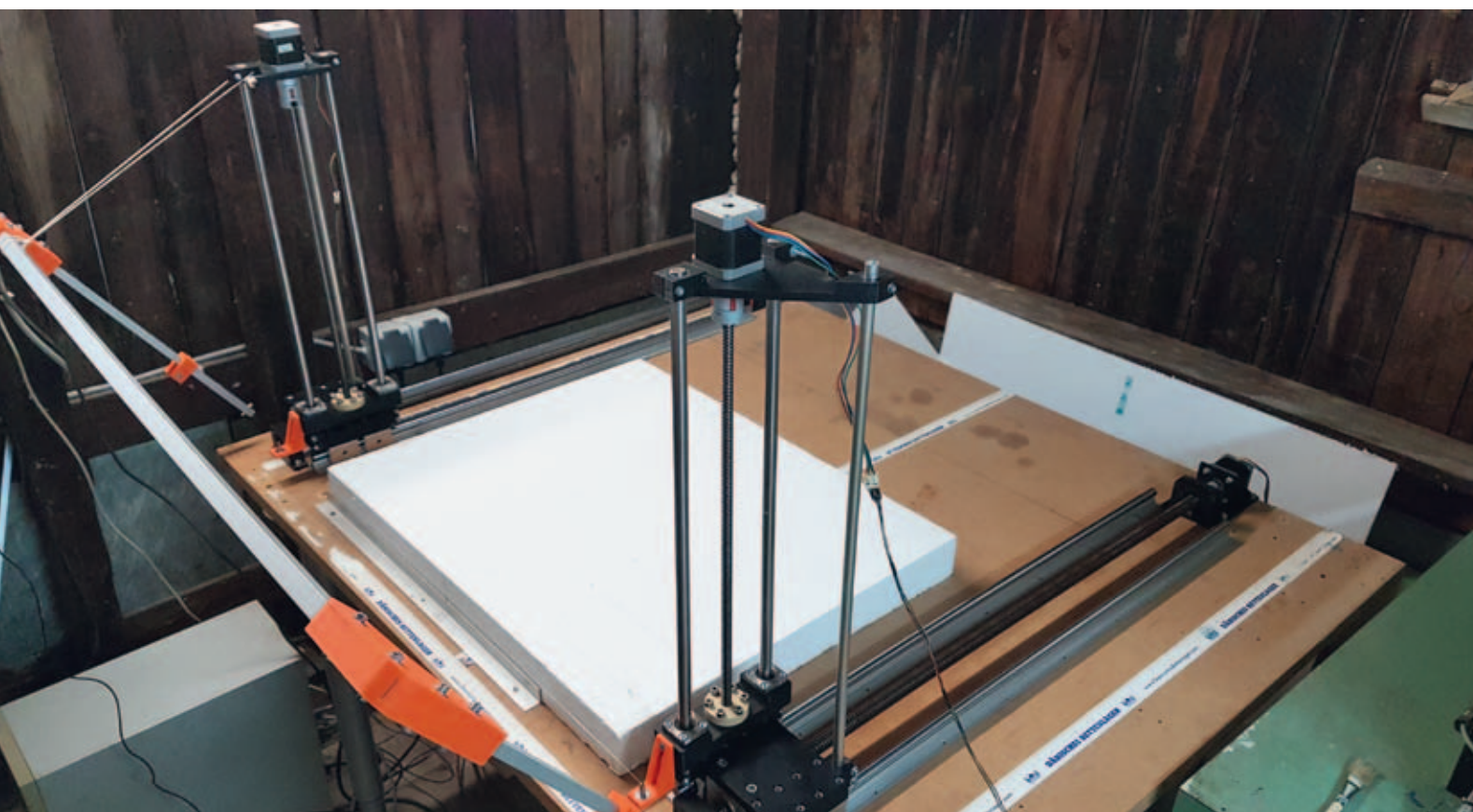


DO IT YOURSELF

CNC-SCHNEIDEN VON STYROPOR UND ANDEREN SCHAUMMATERIALIEN – TEIL 2

Text und Fotos:
Thomas Koriath

In Ausgabe 11/2018 Modell AVIATOR führte Thomas Koriath in das grundlegende Wissen rund ums CNC-Schneiden ein. In diesem Teil beschreibt er die Umsetzung seiner eigenen Maschine, die sich jeder selber bauen kann.

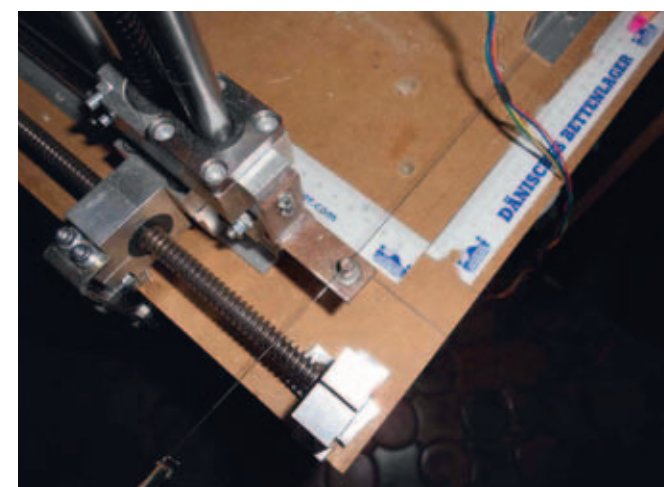


Es wird ein Schneidebügel verwendet, der den Draht selber spannt und die Mechanik nur mit seinem Eigengewicht belastet. Wird der heiße Draht nicht über die Mechanik der Maschine gespannt, müssen die gesamte Mechanik und Antriebstechnik nur das Eigengewicht bewegen können, da durch den Schnittvorgang keine Kraftwirkung entsteht, die die Maschine aufnehmen muss. Des

Weiteren muss die Mechanik keine Kräfte durch den Schnittvorgang aufnehmen. Für den Antrieb reichen gute Nema-17-Schrittmotoren aus.

Antriebsspindeln

Irgendwie muss die gesamte Mechanik durch einen Elektromotor in Bewegung gebracht werden. Im Hobbybereich bieten sich Schrittmotoren an. An die Schrittmotoren müssen geeignete Spindeln



Die erste CNC-Schneidanlage entstand vor gut sechs Jahren und arbeitete bereits mit einer guten Präzision, neigte aber immer noch zu etwas Ungenauigkeit



Nahezu alle Teile der Version 1 bestanden aus CNC-gefrästen Alu-Elementen – das geht heute dank 3D-Druck viel einfacher bei gleicher Präzision

angekoppelt werden, die die Rotation der Motoren in eine lineare Bewegung verwandeln. Das alles bitte störungsfrei, ausreichend präzise und jederzeit wiederholbar. Dafür muss eine geeignete Spindel verwendet werden.

Eine Antriebsspindel ist im Prinzip nichts anderes als ein Schraubbolzen, der sich in einem Gewinde dreht. Der Schraubbolzen muss zu dem Gewinde eine gewisse Toleranz aufweisen, sonst kann er nicht eingeschraubt werden. Schraubt man eine metrische Schraube in eine Mutter, wird man feststellen, dass sie mit Spiel im Gewinde sitzt. Sie lässt sich etwas in Einschraubrichtung bewegen, solange man die Schraube nicht fest angezogen hat. Findet das bei einer Maschine bei einer Änderung der Bewegungsrichtung statt, muss dieses Spiel erst einmal überwunden werden, bis die Bewegung in der Gegenrichtung wieder einsetzt. Dieses Umkehrspiel sorgt für einen systematischen Fehler und sollte bei einer Maschine möglichst gering sein. Für den Antrieb einer CNC Styroporschneidemaschine bieten sich daher drei unterschiedliche Lösungen für die Antriebsspindeln an: Spindeln mit metrischen Gewinden, Kugelumlaufspindeln und Trapezgewindespindeln.



Letmathe-Schrittmotoren kamen bereits bei der ersten CNC-Schneidanlage zum Einsatz



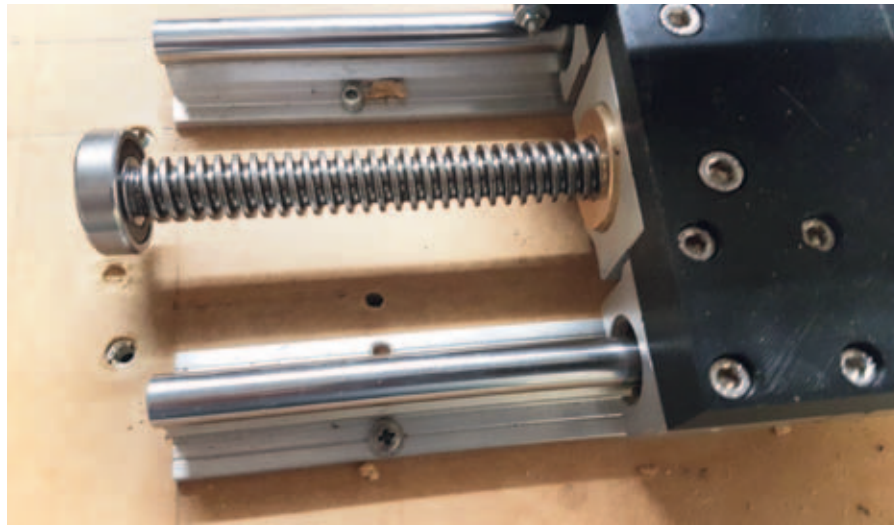
Flügel und Rumpfe der beiden FVVS J-22 bestehen aus CNC-geschnittenem Styro. Die Rumpfe sind mit Paketpapier sowie Parkettlack bespannt, die Flügel mit Balsa beplankt

Spindel-Typen

Metrische Gewinde sind für das Herstellen einer festen Verbindung gedacht. Durch die kleinen Flanken des Gewindes besteht Klemmgefahr und die Kraftübertragung ist äußerst ungünstig. Das Umkehrspiel ist maximal. Auch wenn im Internet diverse Maschinen mit einer solchen Spindel zu finden sind, sie sind für die Bewegungsübertragung gänzlich ungeeignet.

Kugelumlaufspindeln bieten sehr gute Kraftübertragung und minimales Spiel. Leider sind sie teuer und bauen recht groß. Für Fräsen mit extrem vielen Bewegungen ein Muss, hier summiert sich das Umkehrspiel durch die Masse der Änderung der Bewegungsrichtung zu einem großen Fehler auf. Bei einer Styroporschneidemaschine kommt beim Schneiden eines Tragflächensegments das Umkehrspiel nur ein einziges Mal zum tragen. Dieser Typ ist für eine Schneidemaschine daher nicht notwendig.

Trapezgewinde sind mit ihren starken Flanken für die Übertragung von Bewegungen gedacht. Das Umkehrspiel ist erheblich geringer als bei einem metrischen Gewinde und sie klemmen nicht. Man kann Präzisionsspindeln mit Trapezgewinde kau-



Supported Rails mit Linearwagen und Z-Achse der neuen Version 2



Lagerbock der X-Achse mit integriertem Festlager

fen, die einen geringen Fehler aufweisen und nur geringfügig teurer sind als einfache Trapezgewindespindeln. Daher ist eine solche Präzisionsspindel mit Trapezgewinde die erste Wahl für eine Styroporschneidemaschine.

Die Lineareinheiten

Die rotierende Bewegung der Schrittmotoren wird durch die Trapezgewindespindeln in lineare Bewegungen transformiert. Über geeignete Führungen muss die Mechanik mit ausreichender Präzision damit bewegt werden. Die eingesetzten Lineareinheiten sollen ohne inakzeptablen Fehler den heißen Draht bewegen.

Am Markt verfügbar sind günstige Standardlinearlager mit den dazugehörigen Präzisionswellen. Diese Komponenten weisen ein sehr geringes Spiel auf, sind leicht verfügbar und günstig. Sie sind daher die erste Wahl für den Aufbau einer Hobby-CNC-Maschine. Mein allererster Lösungsansatz war vor Jahren der Einsatz von Schubladenführungen. Die daraus resultierende Konstruktion wies Fehler im Millimeterbereich auf. Durch die Umstellung auf die erwähnte Lineartechnik verschwand das Spiel völlig. Die mit der Maschine geschnittenen Teile weisen eine Maßabweichung im Zehntelmillimeter Bereich auf.

CNC-Steuerung

Meine Maschine besteht aus zwei Portalen, die unabhängig voneinander durch die Steuerung bewegt werden. Jedes Portal kann unabhängig in X und Y Richtung bewegt werden, für die Bewegungs-

steuerung ist eine Vierkanal-Steuerung ausreichend. Äußerst vorteilhaft ist zudem die Möglichkeit, die Temperatur des Drahts durch die Maschine direkt steuern zu können. Wenn die eingesetzte Steuerungssoftware die Temperaturen auch noch für unterschiedliche Vorschubgeschwindigkeiten mit dem passenden Kerf selber berechnet, erspart das dem Benutzer frustrierende Momente.

CNC-gestütztes Schneiden von Schaum ist leider keine Anwendung, die weltweit in Massen eingesetzt wird. Einige Modellbauer setzen CNC-Steuerungsprogramme wie Mach3 oder ähnliche zur Steuerung der Maschine ein. Die Schnittdaten müssen dann mit anderen CAM-Programmen, zum Beispiel Profili generiert werden. Dabei muss zwingend die Geometrie der eigenen Maschine berücksichtigt werden. Diese Daten lassen sich also nur auf dieser einen Maschine nutzen.

Für mich ist der Weg das Ziel und ich wollte eine einzige Komplettlösung ohne komplizierte Zwischenschritte haben. Ich setze für meine Maschine GMFC - Gilles Muller Foam Cutting, www.gm.cnc.free.fr - in der Version Pro ein. In dieser Version können die üblichen DAT-Dateien, das Format in dem Tragflächenprofile gespeichert werden, und auch DXF-Dateien problemlos verarbeitet werden. Mit GMFC Pro können Tragflächen entworfen und geschnitten sowie komplexe Geometrien wie Rumpfteile problemlos geschnitten werden. Das Programm berechnet aus den Daten die resultierenden Bewegungen der Mechanik und steuert

sie direkt an. Eine Materialdatenbank und Heizungssteuerung des Drahts ist implementiert. Der Kerf wird in Abhängigkeit der tatsächlichen Schnittgeschwindigkeiten berechnet. Es ist also ein Entwurfsprogramm wie komfortabler CAM-Postprozessor in einem.

Die Mechanik

Am Markt sind nur wenige Lösungen für eine Mechanik zu finden. Da ich meine Modelle fast alle selber konstruiere, war es für mich nur naheliegend, auch die Mechanik selber zu konstruieren. Für die Linearlager und Spindeln werden Standardteile eingesetzt, die am Markt frei verfügbar sind. An diese Teile müssen diverse Adapterteile befestigt werden, um die Portale der Maschine aufbauen zu können. Bei meiner ersten Maschinenversion V1, die ich ungefähr 5 Jahre im Einsatz hatte, wurden die notwendigen Adapterteile aus Aluminium gefräst. Dies war aufwändig und ist im Normalfall nicht durch jedermann nachbaubar.

Bei meiner V1 hatte ich zu dünne 10-Millimeter-Spindeln auf den X-Achsen verwendet, die - durch ihre Länge bedingten Durchhangs - zum Aufschwingen bei schnellen Leerfahrten neigten. Das beeinflusste zwar nicht die Schnittergebnisse, aber es störte mich. Seit 2017 bin auch ich Besitzer eines 3D-Druckers, der die Anfertigung komplexer Teile unglaublich erleichtert. Da auf die Schneidemaschine kaum Kräfte einwirken, sind Kunststoffteile von ihrer Festigkeit mehr als ausreichend.

Optimierte Version 2

Ich habe mich also an die Arbeit gemacht und meine Version 1 einem kompletten Umbau unterzogen. In das Pflichtenheft kam:

- Einfacher fester Aufbau der Mechanik auf einer Tischplatte
- Sämtliche nicht gedruckten Teile müssen problemlos am Markt zu kaufen sein
- Die übrigen Teile werden 3D-gedruckt und müssen auf einem normalen 3D-Drucker problemlos zu drucken sein
- Keine Zerspanungsarbeiten wie Fräsen erforderlich, allenfalls müssen Gewinde geschnitten werden
- Keine Passungen oder aufwändige Nachbearbeitungen der Adapterteile
- Alle Teile werden verschraubt
- Teile von V1 werden soweit möglich weiter benutzt

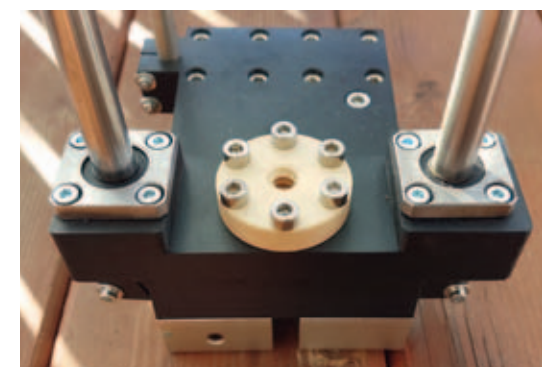
Die Mechanik ist im Prinzip um die Zukaufteile herum konstruiert. Durch die Verwendung von 3D-gedruckten Teilen ist mit der fortschreitenden Verbreitung von 3D-Druckern der Nachbau von jedermann möglich. Das größte zu druckende Teil, der Linearwagen, hat ein Maß



Das Loslager gestattet den Längenausgleich der Spindel



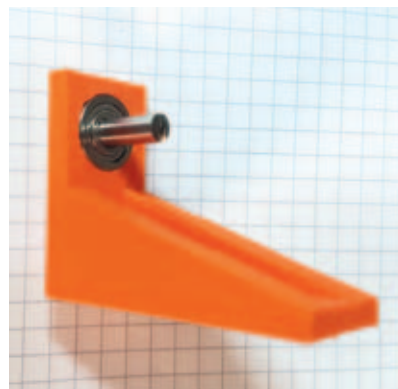
Vollständig montiertes Portal. Es kann jetzt auf dem Tisch der Schneidanlage befestigt werden



Montierter Schlitten der Y-Achse



Wie gut CNC-geschnittene Rumpfe sein können, wird hier an der Aircobra ersichtlich, die bereit ist, mit Balsa beplankt zu werden



Der neue Mitnehmer für den Schneidedraht ist einem 3D-Drucker entsprungen



Montageplatte für Y-Achsen Schrittmotor

von 124 x 135 Millimeter (mm) und bestimmt den minimalen notwendigen Bauraum des 3D-Druckers. Die Wahl des Materials für den Druck ist egal, die Teile können aus PLA, ABS, PET oder PETG gefertigt werden. Damit wird kein spezieller oder teurer Drucker benötigt. Ich empfehle PLA, weil es am leichtesten zu verarbeiten ist.

Aufbau der X-Achsen

Die X-Achsen bestehen aus jeweils zwei Supported Rails mit 12-mm-Wellen. Die Supported Rails bestehen aus einem Aluminiumunterbau, der direkt auf der Tischplatte der Maschine verschraubt wird. An dem Aluminiumteil sind die Präzisionswellen für die Achsen fest verschraubt. Vorteil ist, dass keinerlei Durchhang durch das Gewicht der Portale beim Verfahren entsteht. Allerdings können die Achsen nicht problemlos in der Breite zueinander variiert werden. Da ich mit diesem Umstand seit Jahren problemlos zurechtkomme, habe ich das so gelassen.

Den Antrieb der X-Achsen übernimmt jeweils eine 16 x 4-mm-Trapezgewindespindel. Der vergrößerte Durchmesser der Spindel gewährleistet, dass der Durchhang der Spindel und damit die erwähnte Schwingungsproblematik nicht mehr auftritt. Die Spindeln habe ich komplett fertig bearbeitet von Dold Mechatronik (www.dold-mechatronik.de) bezogen. Die Schrittmotoren der X-Achsen werden an Lagerböcken mit integriertem Festlager verschraubt. Durch die Fertigung des Lagerbocks in einem Stück eliminieren sich Ausrichtungsfehler. Die Loslagerseite der Spindel besteht aus einem einfachen Lagerbock der mit dem Schneidetisch verschraubt wird. Das Loslager gestattet den Längenausgleich der Spindel.

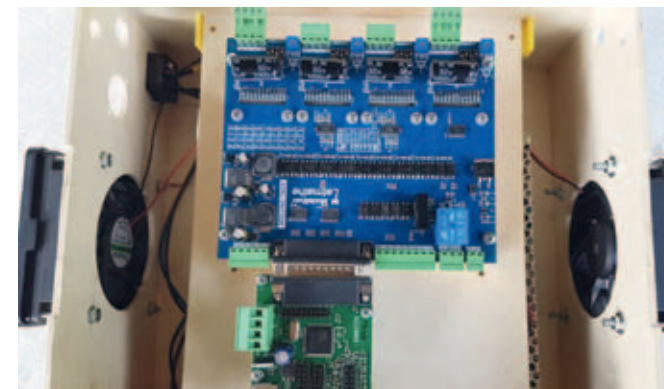
Aufbau der Y-Achsen

Auf den X-Achsen läuft das jeweilige Y-Portal. Der Linearwagen für die Portale besteht aus einer Platte, die vier Linearlager aufnimmt und damit auf den Supported Rails gleitet. Für den Antrieb durch die X-Spindel wird ein fertiges Gehäuse mit einer Trapezgewindemutter mit der Platte verschraubt. Das Dreibein des Portals wird ebenfalls mit Klemmungen an der Platte befestigt.

Die Portale sind als Dreibein ausgelegt, um den notwendigen Freiraum beim Schnitt größerer Winkel in X-Achsen Richtung zu gewährleisten. Der Schlitten für die Y-Bewegung wird durch zwei Linearlager geführt, die auf 12-mm-Präzisionswellen laufen. Der Antrieb der Y-Achse erfolgt durch eine 10 x 3-Trapezgewindespindel mit einer IGUS-Trapezgewindemutter. Die Mutter sitzt mittig zwischen den Y-Führungen um Verkantungen zu vermeiden. Die Trapezgewindemutter treibt den Schlitten der Y-Achse an.

Am Schlitten ist der Mitnehmer für den Schneidedraht installiert. Er besteht aus einem stabilen gedruckten Winkel, in dem ein Kugellager verklebt wird. In dieses ist eine kurze 5-mm-Welle mit einem Schlitz zur Aufnahme des Drahts eingepresst. Durch das Kugellager kann sich die Welle beim winkligen Verfahren der X-Achse mitdrehen und die Gefahr der Beschädigung des Drahts wird minimiert. Ich benutze denselben Draht seit Inbetriebnahme meiner ersten Maschine.

Die Schrittmotoren der Y-Achsen werden auf einer Montageplatte oben auf dem Portal montiert. Da durch das Gewicht des Motors ein Kippmoment auf das Portal wirkt, fängt eine 10-mm-Alustange dieses Moment nach außen zum Linearwagen ab.



Die Steuerelektronik bestehend aus MDLCNC-Karte und GGC USB2-Anschluss im Gehäuse aus Sperrholz

Für die Halterung des Bügels benutze ich eine einfache Seilschlaufe, die dem Bügel genügend Freiraum bei seinen Bewegungen beim Hochfahren der Y-Achse lässt. Für die Halterung des Seils ist eine Aufnahme an der Montageplatte zur Lagerung der Y-Motoren vorhanden.

Die Elektronik

Neben der reinen Mechanik benötigt die Maschine auch Elektronik für die Kommunikation zwischen

dem steuernden PC und den Schrittmotoren. Im Zuge der Erneuerung fiel auch die Entscheidung, das alte, auf einem Windows XP-Rechner basierende System durch ein neues, auf Windows 7 beruhendes 64-Bit-System zu tauschen. Daher wurde die GGC USB2-Schnittstellenkarte von Gilles Muller im Paket mit der USB-Freischaltung für GMFC erworben. Die Karte arbeitet problemlos mit der aktuellen MDLCNC Vierkanal-Schnittstellenkarte von Modellbau Letmathe (www.rc-letmathe.de) zusammen und stellt auch eine Steuerung des Heizdrahts zur Verfügung. Idealerweise ist in dem Setup-Programm für die GGC-Karte direkt die fertige Konfiguration für die MDLCNC-Karte enthalten.

Die Spannungsversorgung für die MDLCNC-Steuerungskarte mit Schrittmotoren und dem Heißdraht muss durch zwei getrennte Netzteile á 24 Volt (V) erfolgen. Jeder mit einer Spannungsquelle verbundene Verbraucher führt dazu, dass durch die elektrische Belastung die Klemmspannung zusammenbricht. Für das kontaktlose Schneiden des Schaums wird ein exakter Arbeitspunkt, de-

Anzeige

finiert durch Temperatur und Vorschub, ermittelt. Die Spannungsquelle für den heißen Draht muss Spannung und Strom ohne Schwankungen bereitstellen. Bei Verwendung von nur einem Netzteil wird die an den heißen Draht abgegebene elektrische Leistung durch die impulsartigen Belastungen des Netzteils durch die Schrittmotoren (Beschleunigen und Abbremsen) mehr oder weniger schwanken. Schwankungen der Eingangsspannung am heißen Draht führen damit zu keiner stabil eingestellten Temperatur. Die Verwendung des zweiten Netzteils sorgt also für die Betriebssicherheit der Maschine.

Die benötigte Leistung für den Schneiderdraht ergibt sich aus der Länge des Drahts. Bei einem 1 Meter langen Schneidedraht mit 0,4 mm Durchmesser ergibt sich mit einem Leitwert von 8 Ohm pro Meter ein maximaler Schneidestrom von 3 Ampere (A) bei 24 V. Für die Spannungsversorgung des Drahts wird bei meiner Maschine ein Schaltnetzteil mit 24 V und 6,5 A maximalen Strom eingesetzt. Die Leistungsreserve sorgt dafür, dass die Spannung des Netzteils am Heißdraht stabil anliegt und nicht durch die elektrische Belastung zusammenbricht. Für die Spannungsversorgung der MDLCNC-Karte verwende ich ein Meanwell Schaltnetzteil mit 24 V / 8,4 A. Das reichlich überdimensionierte Netzteil sorgt für eine stabile Spannungsversorgung der Motoren auch bei kurzfristiger Impulsbelastung.

Elektronik-Gehäuse

Für die Unterbringung der Steuerelektronik mit seinen zwei Netzteilen muss ein passendes Gehäuse gebaut werden. An dem Gehäuse müssen Anschlüsse für USB, Netzspannung sowie die

Schrittmotoren vorhanden sein. Die GGC USB2 bietet zudem die Möglichkeit, ein LCD-Display anzuschließen. Das Gehäuse muss möglichst dicht sein, sodass das Eindringen von Staub nach Möglichkeit minimiert wird.

Ein 3D gedrucktes Gehäuse wurde aufgrund der Abmaße verworfen. Passende handelsübliche Gehäuse aus ABS sind ebenfalls nicht ohne weiteres zu finden und müssen aufwendig modifiziert werden. Die Steuerung ist daher in einem selbst gebauten Holzgehäuse aus 4-mm-Pappelsperholz untergebracht. Ein paar 3D-gedruckte Teile kommen zusätzlich zum Einsatz. Die Elektronik ist in zwei Ebenen untergebracht. Auf dem Boden des Gehäuses sind die zwei Netzteile montiert. Eine Platte darüber bildet die zweite Ebene, die die Steuerelektronik aufnimmt. Die Anschlüsse für die Steckverbinder zu Motoren, Spannungsversorgung und USB sind an den Gehäusewänden montiert. Zwei 90-mm-Lüfter mit Staubschutzfilter sorgen für Belüftung, um Temperaturprobleme zu vermeiden.

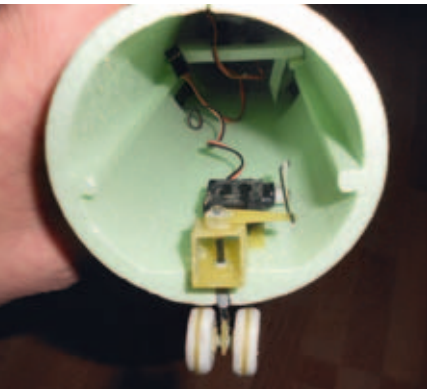
Der Anschluss der Schrittmotoren erfolgt über Mikrofunkupplungen. Diese günstigen Steckverbinder sind äußerst kontakt- und betriebssicher. Durch die integrierte Verschraubung der Kupplungen mit den Buchsen ist ein ungewolltes Lösen im Betrieb der Maschine ausgeschlossen. Beim Aufbau der Elektronik ist zu beachten, da Arbeiten an 230 V führenden Teilen notwendig sind, dass diese nur durch einen Fachkundigen durchgeführt werden dürfen.

Ziel erreicht

Die gesamte Mechanik ist mit problemlos kaufbaren Standardteilen und den 3D-gedruckten Teilen innerhalb von zwei bis drei Tagen aufbaubar. Für

die Elektronik ist ungefähr der gleiche Zeitbedarf anzusetzen. Erste Testläufe der Maschine und viele folgende Schnitte zeigen, dass die kleinen Lästigkeiten des Vorgängermodells mit dieser Version endgültig vorbei sind. Bei einer korrekt kalibrierten Maschine liegt die Genauigkeit der Schnittergebnisse im Zehntelmillimeterbereich.

Der ein oder andere wird sich vielleicht fragen, ob sich der ganze Aufwand lohnt. Nun, zum einen ist es Hobby und eine technische Herausforderung. Zum anderen können beim richtigen Umgang mit einer solchen Maschine nicht nur Tragflächenkerne hergestellt werden. Auch die Anfertigung von Rumpfen und sonstiger Teile ist mit der richtigen Technik und Erfahrung möglich. Und das jederzeit wiederholbar bei sehr hoher Präzision. Im Prinzip lassen sich alle Geometrien schneiden, die auf einer graden Linie miteinander verbunden sind und sich durch zwei Querschnittsprofile definieren. Hat man den Dreh erst einmal raus, sind der Fantasie kaum Grenzen gesetzt. Damit kann man seine eigenen Träume in Schaum wahr werden lassen. <



Auch Innenschnitte sind problemlos umsetzbar und lassen Modelle in Industriequalität zu, wie bei dieser Transall

DOWNLOADPLAN + NACHBESTELLEN

Die in dieser Serie beschriebene CNC-Schneidemaschine kann jeder selber bauen. Die dazu erforderliche Bauanleitung, Daten zum 3D-Drucken benötigter Bauteile und wertvolle Einstellungstipps hat Modell AVIATOR-Autor Thomas Koriath in einer umfangreichen Dokumentation zusammengefasst. Wir stellen diese für private Zwecke kostenlos zum Download unter www.modell-aviator.de zur Verfügung. Modell AVIATOR 11/2018 mit Teil 1 können Sie dort ebenfalls nachbestellen.



Anzeige



Ein Traum in Schaum: alle Teile der Me-329 sind CNC-geschnitten, die Flächen bereits mit Balsa beplankt. Die Segmentschnittbauweise gibt der Rumpf wider