

CNC für alle

Mostly Printed CNC: Eine Portalfräse selbst ausdrucken

Eine CNC-Fräse muss robust sein, sonst leidet die Präzision. Daher sind ihre Teile meist aus Aluminium oder Stahl. Die Mostly Printed CNC dagegen soll jeder zu Hause nachbauen können – mit Kunststoffteilen aus dem 3D-Drucker. Kann das fertige Gerät ernsthaft Holz oder gar Aluminium verarbeiten?

Von Jan Mahn

CNC-Maschinen sind perfekte Werkzeuge, um Computerbegeisterung mit Bastelfreude zu verbinden. Füttert man eine CNC-Maschine mit G-Code, einer Sprache, die Bewegungspfade beschreibt [1], befolgt sie die Anweisungen automatisch und bewegt ein Werkzeug zehntelmillimetergenau oder genauer. Die häufigsten Werkzeuge sind Fräs-Spindeln, Laser oder ein Messer für Folienschnitt. Aber auch ein 3D-Drucker ist eine CNC-Maschine, das Werkzeug ist dort das Hotend, aus dem das heiße Filament quillt. Weil das Drucken von Kunststoffteilen kaum Lärm und Dreck verursacht,

ist 3D-Druck für viele der Einstieg ins Arbeiten mit CNC-Maschinen.

Da ist die Idee der „Mostly Printed CNC“ (MPCNC) durchaus naheliegend: eine CNC-Maschine, bei der alle Bauteile entweder Standardteile aus dem Anlagenbau sind oder auf einem 3D-Drucker selbst ausgedruckt werden. Am Ende soll man eine Fräs-Spindel einspannen können, um Platinen zu fräsen, Schilder zu gravieren, aber auch um Plattenwerkstoffe, Massivholz und sogar Aluminium zu verarbeiten. Die Vorschubgeschwindigkeiten und Zustelltiefen von großen Maschinen aus der Industrie sind nicht das Ziel – darauf kommt

es in der heimischen Werkstatt und beim Prototypenbau aber oft auch nicht an. Außerhalb der Industrie dürfte es nur selten darum gehen, große Serien zu fertigen.

Etwa 500 Euro sollte man für die Fräse einplanen, so der Erfinder, der alle Pläne und eine ausführliche Anleitung unter dem Namen „V1 Engineering“ veröffentlicht hat (siehe ct.de/ye8h). Dieser Artikel kann und soll die ausführliche Anleitung des MPCNC-Entwicklers nicht ersetzen, ergänzt sie vielmehr um Lösungen zu den Problemen, denen ein Europäer gegenübersteht, zum Beispiel was die Beschaffung der Komponenten und den Zusammenbau angeht. Wir haben die Fräse nach der hervorragenden Anleitung gebaut und dabei hier und da etwas optimiert oder ergänzt. Nach der Fertigstellung haben wir die Fräse um nützliche Komponenten erweitert.

Entscheidungen

Wenn man sich dazu entscheidet, ein Open-Hardware-Projekt in dieser Größe zu bauen, muss man unweigerlich Entscheidungen treffen. So ging es auch uns beim Bau der CNC-Maschine – dieser Artikel kann also nur den Bau *einer* möglichen MPCNC beschreiben. An vielen Stellen gibt es andere Pfade, die ebenfalls zum Erfolg führen können.

Wenn Sie sich für den Nachbau einer MPCNC entschieden haben, sollten Sie zügig Ihren 3D-Drucker vorheizen und mit dem Drucken der ersten Teile beginnen. Alle Druckdaten finden Sie bei Thingiverse (siehe ct.de/ye8h) in den drei Varianten F, C und J. Das ist die erste Entscheidung, die als Europäer aber leicht zu fällen ist: Die MPCNC besteht größtenteils aus Rohren und man kann die Maschine mit unterschiedlichen Rohrdurchmessern bauen. In Europa am leichtesten zu beschaffen sind Rohre in metrischen Maßen. Sie brauchen Edelstahlrundrohre mit einer Wandstärke von 2 Millimetern, leicht zu bekommen sind sie mit einem Außendurchmesser von 25 Millimetern. Die dazu passenden 3D-Druckvorlagen sind mit dem Buchstaben F gekennzeichnet. Achten Sie beim Drucken immer auf das F im Dateinamen. Schnell hat man sich bei Thingiverse verklickt und druckt falsche Teile, die nur auf den ersten Blick passen. Wenn Sie diesen Artikel in anderen Teilen der Welt lesen, können Sie auch zu Rohren mit dem Außendurchmesser 23,5 Millimeter (zugehöriger Buchstabe C) oder zu 1-Zoll-Rohren (25,4 Millimeter, Kennbuchstabe J) greifen.

Die Entscheidung für die Farbe des Filaments ist rein kosmetisch, wir haben die Teile in Schwarz und Blau gedruckt. Der Entwickler empfiehlt als Filament PETG, wir haben uns für PLA entschieden, von dem wir genug auf Lager hatten. Etwa 2 Kilogramm des Materials sollte man einplanen. Die gute Nachricht für 3D-Druck-Einsteiger: Alle Teile sind so konstruiert, dass sie ohne Stützstrukturen gedruckt werden können. Das funktioniert bei unseren Drucken problemlos, auch mit Warping hatten wir keine Probleme.

Bei der Füllung der Drucke wichen wir von der Empfehlung ab, nutzten das von Cura Ende 2018 eingeführte neue Infill-Muster Gyroid und reduzierten die empfohlenen Füllgrade um 10 bis 15 Prozent. Dieses Muster spart Material, Gewicht und vor allem Zeit. Den letzten Faktor sollte man nicht unterschätzen: Etwa 7 bis 10 Tage muss man mit einem einzelnen Drucker einplanen, wenn man es schafft, die Drucke so zu portionieren und an den eigenen Schlafrhythmus anzupassen, dass man immer nach etwa 12 Stunden das Druckbett freiräumen und direkt den nächsten Auftrag starten kann.

Während die Teile nacheinander vom Druckbett purzeln, kann man die weiteren benötigten Teile beschaffen. Zunächst die Edelstahlrohre: Wenn man Glück und einen Metallhändler hat, der sie auch präzise auf Maß zuschneidet, sollte man dort



Möchte man die Fräse in einer staubarmen Umgebung betreiben, empfiehlt sich ein 3D-gedruckter Absaugschuh. Die Borsten stammen aus einem günstigen Haushaltsbesen.

zuschlagen. Im Internet und auf Handelsplattformen gibt es ebenfalls Händler, die das Rohrmaterial auf Maß zuschneiden oder in festgelegten Stücken liefern können. Wer selbst zuschneiden will und nicht gerade eine Metallbandsäge mit Kühlung in der eigenen Metallwerkstatt hat, sollte sich einen Rohrschneider anschaffen, der explizit auch für Edelstahl geeignet ist. Rohrschneider für Kupferrohr gibt es in der Sanitärabteilung jedes Baumarkts, solche für Edelstahl aber nur im Fachhandel oder Internet (ab 20 Euro).

Die Maße der Rohre bestimmen Sie – und damit den Arbeitsbereich Ihrer Fräse. Die erste schwierigere Entscheidung. Theoretisch können Sie auch meterlange Rohre verwenden, die Stabilität und Präzision leidet aber massiv darunter. Wir haben uns für Außenmaße von 97 × 77 Zentimeter und eine Arbeitshöhe von 13 Zentimeter entschieden. Das ergibt einen effektiv nutzbaren Arbeitsbereich von 55 × 43 Zentimeter, die Werkstücke können aber problemlos über die Maße hinausragen. Sehr viel größer sollte man die Konstruktion nicht bauen, ein deutlich kleineres Modell, zum Beispiel für überschaubare Gravierarbeiten, ist kein Problem. Wenn Sie planen, per CNC große Möbelwände oder andere extrem große Teile zu fräsen, sollten Sie sich stattdessen die LowRider-CNC desselben Entwicklers ansehen (ct.de/ye8h).

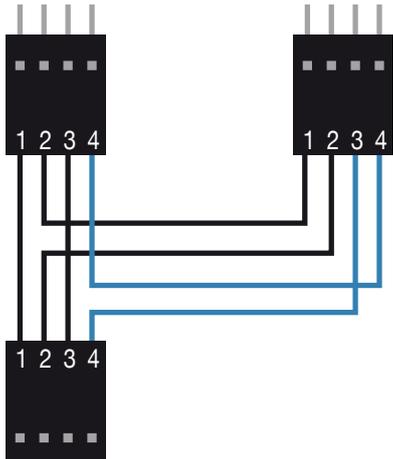
In der Dokumentation des Entwicklers finden Sie einen Kalkulator, der Ihnen alle benötigten Rohrlängen generiert, nachdem Sie den geplanten Arbeitsbereich eingegeben haben. Außerdem erfahren Sie dort, wie groß Ihre Grundplatte mindestens sein muss. Eine solche besorgen Sie sich am einfachsten im Holzzuschnitt des Baumarkts, zum Beispiel 20 Millimeter Multiplex oder (deutlich teurer, aber wasserfest) Siebdruckplatte. Wenn Sie an beiden Seiten mindestens drei bis fünf Zentimeter mehr Platz einplanen, können Sie dort später eine kleine Kiste mit der Elektronik unter- und Energieketten zur Kabelführung anbringen.

Hart-Ware

Neben den Rohren brauchen Sie diverse weitere Kleinteile. Das gesamte Material gibt es auch in Sets direkt im Shop des Entwicklers V1 Engineering (siehe ct.de/ye8h). Wenn Sie dort kaufen, unterstützen Sie zwar auch die Weiterentwicklung des Projekts, für europäische Kunden ist der Aufwand aber zu groß: Stress mit der Ein-

Y-Kabel für die X- und Y-Achse

Damit zwei Motoren von einem Treiber angesteuert werden, brauchen Sie für beide Achsen je ein Y-Kabel. Wenn man sich die Steckverbindungen sparen will, kann man die oberen Dupont-Stecker auch ersetzen und die Motorkabel direkt anlöten.



fuhr und Versandkosten sprechen gegen einen Kauf in den USA. Dankenswerterweise ist die ganze Fräse so konstruiert, dass man die Teile problemlos auch außerhalb dieses Shops bekommt. Weltweite Verfügbarkeit aller Komponenten war eine der Grundideen der MPCNC. Wir konnten alle Teile bei deutschen Händlern beschaffen, meist wurden wir bei den großen Portalen fündig (siehe ct.de/ye8h).

Schrauben in M2,5, M3, M5 und M8 brauchen Sie in verschiedenen Längen (optional finden Sie in der Dokumentation auch entsprechende zöllige Schrauben). Viele bekommt man im Baumarkt, am günstigsten in einem, der Schrauben nach Kilopreis berechnet. Finden Sie eine seltene Länge nicht, kann man zur Not auch eine Schraube kürzen – Mutter aufdrehen, absägen und die Mutter zurückdrehen. So ist die Chance hoch, dass das Gewinde das Absägen überlebt. Die Muttern kaufen Sie größtenteils in der selbstsichernden Variante, einige nichtsichernde Muttern müssen Sie ebenfalls zur Hand haben.

Ein weiterer großer Posten sind Kugellager vom Typ 608RS. Die erforderlichen 45 Stück kosten etwa 25 Euro. Ein paar in Reserve können aber nicht schaden. Die weiteren Komponenten sind Standardware, die jeder kennt, der schon mal an einem 3D-Drucker geschraubt hat: Nema-17-Motoren bewegen das Portal,

GT2-Zahnriemen verlaufen auf der X- und Y-Achse. Eine T8-Spindel mit zwei passenden Muttern und einer Aufnahme für den Motor bildet die Z-Achse.

Elektronik-Entscheidungen

Wenn diese Teile mit der Post unterwegs sind und der 3D-Drucker druckt, müssen Sie wieder Entscheidungen treffen, diesmal ist die Elektronik dran: Die Nema-17-Motoren können Sie auf zig Arten ansteuern. Der Entwickler schlägt unter anderem das RAMBo-Board als Steuerung vor. Wir haben uns stattdessen dafür entschieden, einen Arduino UNO mit dem „CNC Shield“ (unter diesem Suchbegriff leicht zu finden) und Treibern vom Typ A4988 als Grundlage zu nutzen. Das Shield könnte maximal vier Achsen ansteuern, für die MPCNC brauchen Sie aber nur drei Treiber. X- und Y-Achse haben zwar je zwei Motoren, diese werden aber jeweils von nur einem Treiber angesteuert. Mit einem anderen Board und weiteren Treibern könnte man noch mehr Kraft auf die Achsen bringen – diese Kraft ist aber beim Fräsen meist nicht der limitierende Faktor. Das Arduino-Shield wird Ihnen für um die 12 Euro zahlreich im Netz angeboten, manchmal sind die Treiber-Platinen schon in einem Set enthalten.

Zur Ansteuerung der Maschine vom PC haben wir die Software Estlcam ausgewählt. Das Programm stammt von einem deutschen Entwickler, die Hilfetexte in der Oberfläche sind also alle von einem Muttersprachler verfasst. Die Software erzeugt nicht nur G-Code, sondern kann den Arduino auch mit seiner Firmware programmieren. Zum Einsatz kommt eine Firmware, die dem Funktionsumfang der populären Open-Source-Firmware

GRBL entspricht. Für Einsteiger ins Zerspanen besonders hilfreich ist, dass die im Programm integrierten Hilfetexte auch ganz konkrete Tipps zum Fräsen enthalten. Testen kann man Estlcam mit allen Funktionen kostenlos. Solange man die Vollversion für 49 Euro nicht gekauft hat, wird vor dem Starten des Fräsvorgangs eine Pause eingelegt, die bis zu 60 Sekunden dauert. Estlcam funktioniert nur unter Windows, am besten besorgt man sich ein altes Notebook als Werkstatt-Gerät.

Für die Verkabelung von der Steuerung zu den Motoren haben wir geschirmtes Kabel aus dem Anlagenbau vom Typ LiYCY 4 x 0,5 bestellt. Außerdem einen Satz Dupont-Stecker und ein Sortiment Schrumpfschläuche, um ansehnliche und robuste Kabel zu bauen.

Fräsen-Zusammenbau

Der gesamte Zusammenbau der Kunststoffteile und der Rohre ist äußerst gut und Schritt für Schritt dokumentiert. Werkzeuge brauchen Sie kaum: Schraubenschlüssel, Schraubendreher, Inbus-Schlüssel und am besten eine Ratsche reichen aus. Für die Z-Achse müssen Sie für insgesamt vier Löcher einen Akkuschauber zur Hand nehmen. Bei diesem Bauschritt ist eine Standbohrmaschine wirklich von Vorteil.

Wichtig beim Zusammenbau ist, dass das Gestell exakt rechtwinklig ist. Messen Sie also bei allen Rohrabschnitten genau, stellen Sie die Rohre am besten nebeneinander und bringen Sie sie auf gleiche Höhe. Damit Sie ein Rechteck und kein nicht rechtwinkliges Parallelogramm bauen, messen Sie unbedingt die Diagonalen sorgfältig mit einem Maßband. Sind sie gleich lang, ist das Ergebnis rechtwinklig. Am besten schraubt man zwei neben-



Estlcam überträgt eine GBRL-kompatible Firmware auf den Arduino. Damit die Maße stimmen, muss man die Schrittlängen vorher angeben.

einander liegende Füße auf der Platte fest und richtet dann die anderen beiden aus, bis das Rechteck perfekt ist – nur so kann die Fräse später auch perfekte Rechtecke fräsen. Zum Betrieb müssen alle Füße unbedingt fest mit der Grundplatte verbunden sein.

Zu den zahlreichen Kugellagern gibt es wenig zu sagen. Der Zusammenbau der Schlitten ist reine Fleißarbeit. Schraube rein, Kugellager einfädeln und verschrauben. Im letzten Schritt kommen die Zahnriemen ins Spiel. Übertreiben Sie es hier beim Spannen nicht – die Maschine soll leicht über die Rohre gleiten und sich nicht quälen. Beim Zusammenbau der Z-Achse wichen wir von der offiziellen Anleitung ab: Der Entwickler hat sich 3D-gedruckte Halter ausgedacht, in die man Muttern einklebt und in die vorgebohrten Rohre einführt. Nachdem die Muttern bei uns nicht so recht im Kunststoff halten wollten, ließen wir die gedruckten Halter weg und hielten die Muttern beim Zusammenschrauben mit einer ausreichend langen Arterienklemme aus dem Chirurgiebedarf im Rohr fest. Weitere Klippen gab es beim Zusammenbau nicht zu umschießen. Vorsicht sollte man lediglich beim Einsatz einer Ratsche walten lassen. Mit dem langen Hebel kann man die Schrauben schnell so fest anziehen, dass der gedruckte Kunststoff bricht. Nach etwa einem Arbeitstag ist das Gerät mechanisch fertig zusammengebaut.

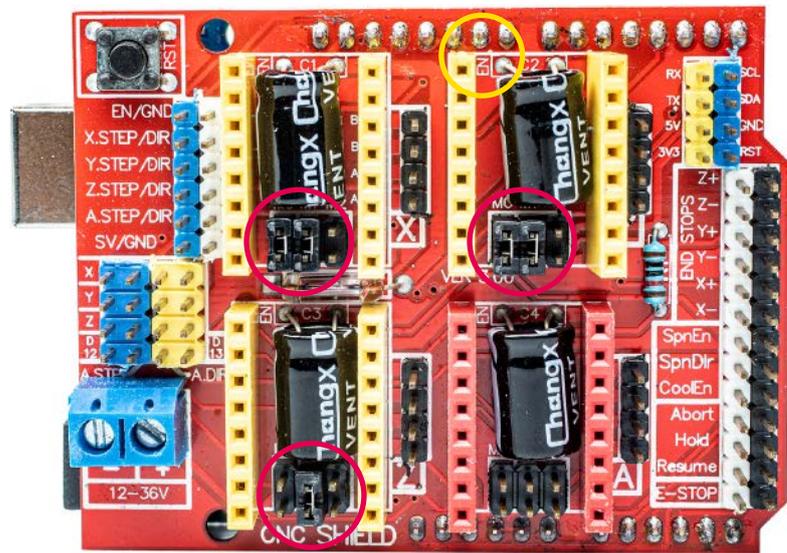
Elektronik-Zusammenbau

Die Arbeiten an der Elektronik kann man problemlos schon beginnen, wenn der 3D-Drucker noch druckt oder man auf Lieferungen warten muss. Beginnen Sie mit dem Zusammenbau des CNC-Shields. Für die drei Achsen müssen Sie die Schrittweite per Jumperstecker einstellen. Leider lagen unserem Shield keine Jumper (Rastermaß 2,54 mm) bei und wir mussten sie separat organisieren (alte Mainboards oder IDE-Festplatten sind gute Teilespenden). Oben rechts sehen Sie, wo die insgesamt fünf Jumper gesetzt und wie die drei Treiber-Platinen gesteckt werden müssen.

Für die X- und Y-Achse müssen Sie sich ein Y-förmiges Kabel anfertigen, um mit einem Treiber zwei Motoren anzusteuern. Auf Seite 156 sehen Sie eine Skizze, wie die Kabel beschaltet werden müssen. Bei unseren Motoren lagen kurze Kabel bei, die wir abschnitten, mit der LiYCY-Leitung verlöteten und die Verbindungen mit Schrumpfschlauch sicherten.

Bestückung des Arduino-CNC-Boards

Für X- und Y-Achse müssen zwei Jumper gesetzt werden, für die Z-Achse einer auf den mittleren Pins (rot markiert). Auf dem Board sowie auf den Treiberplatinen ist der Pin „EN“ gekennzeichnet (gelb markiert). Schauen Sie beim Einbau der Treiber unbedingt genau hin.



Zum Installieren auf dem Arduino-Shield muss man am Ende 4-polige Dupont-Stecker aufcrimpen. Die Stecker müssen richtig beschaltet sein, wenn man sie verpolt einsteckt, richtet man aber keinen Schaden an – die Motoren laufen dann nur verkehrt herum. Das Kabelmanagement muss in der ersten Ausbaustufe noch nicht perfekt sein. Verlegen Sie die Verbindungen zwischen den X- und Y-Motoren durch die Rohre. So kann wenig hängenbleiben.

Der Arduino bekommt seine Spannung über das USB-Kabel. Das aufgesteckte CNC-Shield braucht eine separate Spannungsversorgung, ist aber nicht sonderlich wählerisch. Zwischen 12 und 36 Volt soll es laut Datenblatt verkraften. Empfohlen ist ein recht leistungsstarkes Netzteil, das bei 12 Volt mindestens 3,5 Ampere liefert. Empfehlenswert ist zum Beispiel ein ausgedientes Notebook-Netzteil mit 12 oder 19 Volt. Wir entschieden uns für ein altes ATX-PC-Netzteil und zogen die benötigten Drähte schlicht aus dem Mainboard-Stecker. Eingeschaltet wird ein solches Netzteil, indem man den grünen Draht mit einem schwarzen Masse-Draht verbindet (optional baut man sich hier einen Schalter ein). Die 12 Volt bekommt man, indem man einen gelben Draht für den Plus-Pol und einen schwarzen für Minus benutzt. Angeschlos-

sen werden sie an den Schraubklemmen unten links auf dem Shield.

Anschließend müssen Sie die Ausgangsspannung der Treiber an Ihre Spannungsquelle anpassen. Dafür gibt es auf den Treibern ein Poti, das man mit einem sehr kleinen Kreuzschraubendreher bedient. Am einfachsten ist es, einen Pol eines Voltmeters am Minus-Pol der Spannungszufuhr zu fixieren. Den anderen Pol des Messgeräts klemmen Sie mit einer Krokodilklemme an einen nicht isolierten Schraubendreher, den Sie auf das Poti setzen. Drehen Sie dann so lange vorsichtig am Poti, bis die Spannung ganz knapp unter 0,7 Volt liegt.

Wenn Sie die Kabel für X- und Y-Achse verlötet, mit Dupont-Steckern versehen und mit den Motoren verbunden haben, können Sie mit dem Flashen der Firmware beginnen. Schließen Sie den Arduino per USB-Kabel am Rechner an. Auf diesem Rechner müssen Sie die Arduino-IDE installieren. Diese finden Sie zusammen mit Estlcam über ct.de/ye8h. Öffnen Sie die IDE und wählen Sie oben im Menü unter „Werkzeuge“ zunächst ein Board vom Typ „Arduino Uno“ und als Port den COM-Port aus, den der Rechner ihm zugewiesen hat. Zum Test können Sie ein leeres Programm mit dem Upload-Button in der oberen Leiste auf den Arduino



Bei der Probefahrt sollten Sie nicht gleich die Fräse anwerfen. Ein umgebauter Kugelschreiber mit gefederter Spitze reicht als Werkzeug für erste Experimente.

kopieren. Hat das geklappt, starten Sie Estlcam.

Beginnen Sie dort mit der Einrichtung im Menüpunkt „Einstellungen/Grundeinstellungen“. Wählen Sie im Dialog die Option „GRBL“. Öffnen Sie dann „Einstellungen/CNC Programme“ und wählen Sie wieder „GRBL“. Weiter geht es mit dem Dialog „Einstellungen/CNC Steuerung“. Wählen Sie dort im ersten Feld „GRBL alle“ und darunter den richtigen COM-Port. Auf Seite 159 sehen Sie die weiteren Werte, die zu Ihrer MPCNC passen. Die „Schritte pro Umdrehung“ entsprechen dem Wert, den Sie mit den Jumpers eingestellt haben. Wenn Sie die Daten abgetippt haben, starten Sie den Flashvorgang mit dem Schalter „Steuerung programmieren“. Hat alles geklappt, sollte sich das Steuerungsfenster öffnen. Links finden Sie Pfeiltasten, mit denen Sie Ihre CNC-Maschine fahren lassen können.

Sollte eine Achse in die falsche Richtung fahren, schalten Sie unbedingt zuerst das 12-Volt-Netzteil ab, drehen Sie dann den Dupont-Stecker und aktivieren Sie die Spannung wieder (der Arduino darf am USB-Port angeschlossen bleiben). Reagieren alle Achsen korrekt auf die Steuerbefehle, ist Ihre MPCNC einsatzbereit.

Auf großer Fahrt

Bei der ersten Fahrt sollten Sie noch keine Fräs-Spindel einsetzen – die Gefahr, bei falscher Verkabelung Schaden anzurichten, ist nämlich recht hoch. Am besten basteln Sie sich aus einem alten Kugel-

schreiber einen gefederten Stift: Zerlegen Sie den Kugelschreiber, bauen Sie die kleine Feder hinter statt vor der Mine ein und setzen Sie ihn so wieder zusammen. So kann der Stift kleine Schwankungen in der Höhe ausgleichen. Den Stift montieren Sie mit Kabelbindern provisorisch am Werkzeughalter der MPCNC.

Zeit zur Zerspanung

Die Wahl des Fräsmotors ist die letzte große Entscheidung. Die US-Amerikaner im MPCNC-Forum schwören meist auf Fräsen von DeWalt. Eine weitere Option sind wassergekühlte Motoren ohne Markenname direkt aus China. Zusammen mit einem wenig vertrauenswürdig aussehenden Netzteil gibt es die ab 80 Euro, möglicherweise zuzüglich Einfuhrumsatzsteuer.

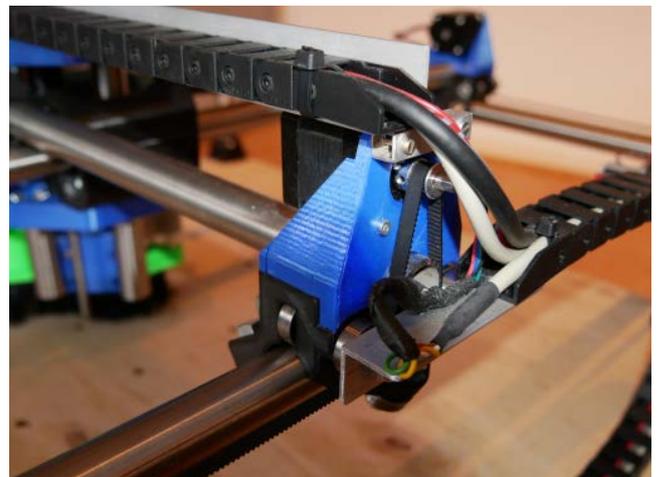
Gehört nicht zur Standardausstattung: Die Energieketten mit 30 Millimeter Breite haben wir mit Alu-Winkeln installiert.

Wir entschieden uns stattdessen für die Oberfräse RT0700 von Makita, die man ohne viel Zubehör für 120 Euro bekommt. Die ist modular aufgebaut: Mit dem aufgesteckten Oberfräsenaufsatz kann man sie mobil als handgeführte Maschine nutzen. Ohne Aufsatz passt das zylindrische Metallgehäuse gut in eine CNC-Fräse. Passende Werkzeughalter zum Ausdrucken gibt es zahlreich bei Thingiverse. Wir entschieden uns für eine Konstruktion mit einer höhenverstellbaren Absaugvorrichtung (siehe ct.de/ye8h). Im gedruckten Absaugschuh ist rundherum eine Nut eingelassen, in die man die Borsten eines billigen Besens oder Handfegers büschelweise mit Sekundenkleber einklebt. Zusammen mit einem leistungsstarken Sauger fliegen dann kaum Späne umher.

Für gute Ergebnisse brauchen Sie auch gute Fräser, am besten aus Hartmetall. Die beste Auswahl gibt es bei Online-Fachhändlern für CNC-Frästechnik. Für den Einstieg empfehlen wir einen 6-Millimeter-Einschneider für Holz und einen weiteren für Alu. Für Gravierarbeiten sollten Sie sich nach einem Gravierstichel mit 1/8-Zoll-, 3- oder 4-Millimeter-Schaft umsehen. Bei der Makita-Fräse liegt je eine Aufnahme für 6 und 8 Millimeter bei. Wenn Sie kleinere Schaftdurchmesser einsetzen wollen, brauchen Sie eine Reduzierhülse zum Beispiel von 3 oder 4 auf 6 Millimeter.

Optimierungen

In den ersten Wochen sollten Sie noch keine großen Fräsprojekte einplanen und sich genug Zeit für Optimierungen der Fräse nehmen. Uns störte die mit Kabelbindern improvisierte Kabelführung so sehr, dass wir direkt nach dem Zusammenbau 30 Millimeter breite Energieketten für



alle drei Achsen bestellten. An den Schlitten der X- und Y-Achse befestigten wir sie mit Alu-Winkeln, die man gut an den bestehenden M8-Schrauben anbringen kann. Für die Versorgung der Z-Achse installierten wir das gleiche Alu-Profil quer über der Y-Achse. Darauf liegt die dritte Energiekette, die am Z-Achsen-Schlitten befestigt ist.

Um Auffahrnfälle am Ende der Achsen zu vermeiden, sollte man schnell in Endschalter für X- und Y-Achse investieren. Insgesamt braucht man vier Mikroschalter (auf Handelsplattformen zu finden über die Suchbegriffe „Mikroschalter Endstop“). An X- und Y-Achse befestigt man sie mit 3D-gedruckten Haltern. Eine Druckvorlage finden dafür Sie über ct.de/ye8h. Zur Verkabelung nutzten wir ungeschirmte Litze und konnten keine Fehlauflösungen beobachten. Die Kabel kann man elegant in den Rohren verschwinden lassen, an den Enden Dupont-Stecker aufcrimpen und auf dem CNC-Board installieren (auf den Steckleisten rechts). Die Endschalter sollte man so positionieren, dass die Fräse nie in einen Bereich fahren kann, in dem sie zum Beispiel mit einem Kabel hängenbleiben kann.

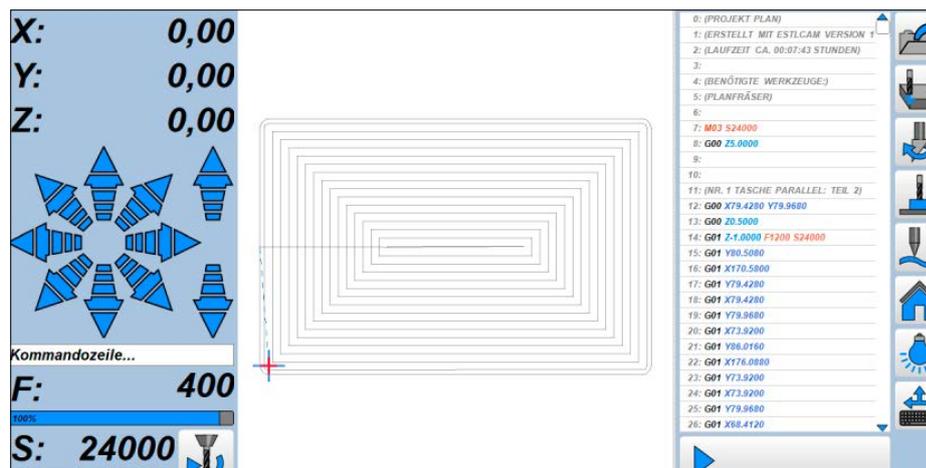
Um Werkstücke zu fixieren, entschieden wir uns dafür, ein Lochraster in die Grundplatte zu bohren, in die wir anschließend M8-Einschlagmuttern von unten einschlugen. Statt zum Akkuschauber zu greifen, überließen wir die Bohrarbeit der CNC-Fräse. Dafür legten wir in Estlcam ein 10-Zentimeter-Raster über die Arbeitsfläche und platzierten darauf Bohrlöcher mit 10 Millimeter Durchmesser, die ein 6-Millimeter-Fräser ausfräste.

Ein detailliertes Video zum Artikel, das unsere Optimierungen und die ersten Fräsungen mit Estlcam sowie die Einrichtung der Endschalter zeigt, finden Sie über ct.de/ye8h.

Erste Projekte

Das Fräsportal besteht zu großen Teilen aus Plastik und die Bestandteile haben inklusive Fräsmotor etwa 600 Euro gekostet. Da man für CNC-Portalfräsen problemlos auch ein Vermögen ausgeben kann, ist durchaus Skepsis angebracht, ob man mit der Konstruktion ernsthaft arbeiten kann. Man kann.

Das erste Projekt entstand aus Holz: Im Online-CAD-Programm Onshape entwickelten wir sogenannte Spannpratzen (die Konstruktion finden Sie über ct.de/ye8h), die die Fräse anstandslos mit einem



Den Umgang mit Estlcam lernt man schnell. Hat man die Fräsbahnen angelegt, kann man den Fräsvorgang starten.

6-Millimeter-Fräser aus Multiplex aus-schnitt. In Verbindung mit M8-Schrauben und den Einschlagmuttern eine flexible und robuste Lösung zum Spannen von Werkstücken. Bei Holzprojekten macht die Fräse eine gute Figur und selbst bei harten Hölzern wie Buche kann man sich auf ansehnliche Vorschubgeschwindigkeiten und Zustelltiefen herantasten. Orientieren können Sie sich bei eigenen Versuchen an unseren Videos (siehe ct.de/ye8h) – beachten Sie aber, dass für Ihre MPCNC womöglich andere Geschwindigkeiten besser funktionieren.

Wenn Sie mit Holz und den Grundlagen von Estlcam vertraut sind, können Sie sich an den Werkstoff Aluminium heranwagen. Auch hier hilft nur Herantasten an geeignete Werte. Ein hervorragendes Übungsprojekt für Alu ist eine sogenannte Tastplatte, die nebenbei auch eine sehr sinnvolle Funktion erfüllt. Die Tastplatte aus Alu wird mit einem Draht mit dem Board verbunden. Sie besteht aus einem rechten Winkel, den man auf die Ecke des Werkstücks legt. Estlcam bringt eine sehr mächtige Funktion mit: Mit einer Tastplatte kann es automatisch den Nullpunkt des Werkstücks und dessen Höhe und auch die Verdrehung ertasten – das Positionieren wird zum Kinderspiel.

Ein weiterer sehr dankbarer Werkstoff für Übungszwecke ist Schaumstoff. Wenn Sie nur verschiedene Frästechniken ausprobieren wollen (zum Beispiel das Wirbelfräsen oder eine Gewindefräsung), beschaffen Sie sich Styrodur als Übungswerkstoff. Um den kompletten Ablauf vom Zeichnen eines Designs in einem Vektorgrafik- oder CAD-Programm Ihrer Wahl

bis zum Fräsen in Estlcam zu üben, sind Werkzeugeinlagen aus Schaumstoff ein schönes Übungsprojekt. Zweifarbigem Schaumstoff für solche Einlagen gibt es in verschiedenen Stärken. Wenn man zum Beispiel seine Schraubenschlüsselschublade aufräumen möchte, legt man diese auf eine weiße Fläche, fotografiert sie parallel von oben und zeichnet die Konturen mit einem Grafikprogramm nach. In Estlcam werden aus der Zeichnung sogenannte Taschen in passender Tiefe. Für Schaumstoff gibt es spezielle Fräser, ein Holzfräser funktioniert aber auch.

Kein Spielzeug

Die Arbeit mit der MPCNC macht Spaß und die Maschine ist ihr Geld absolut wert. Nur weil sie aus Kunststoff ist, ist die MPCNC kein Spielzeug: Die Kunststoffteile sind nicht der limitierende Faktor und das Portal ist stabil genug, um Holz und, etwas langsamer, auch Alu zu verarbeiten. Wie bei 3D-Drucker-Eigenbauten lebt das Projekt von den eigenen Optimierungen. Je nach Anforderung lohnt es, im Thingiverse-Universum unter dem Suchbegriff „MPCNC“ nach Erweiterungen zu suchen. Wer bisher seine Projekte mit dem 3D-Drucker umgesetzt hat, öffnet mit der Eigenbau-Fräse ein ganz neues Kapitel mit neuen Möglichkeiten. (jam@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Johannes Merkert, Bewegungsprogramm, G-Code verstehen, programmieren und mit Python generieren, c't 25/2017, S. 174

Vorlagen, Dokumentationen und Videos:
ct.de/ye8h