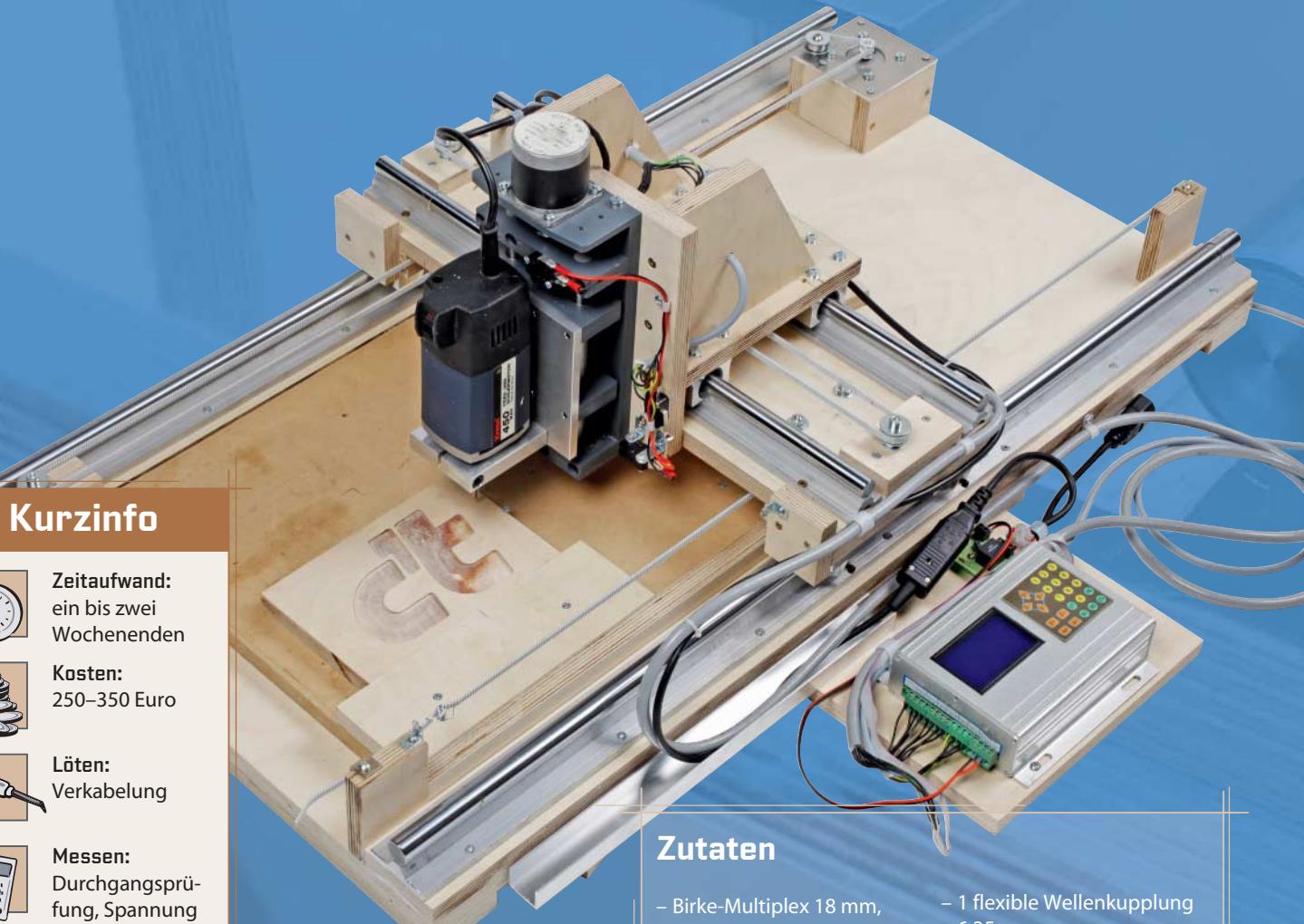


Carsten Meyer

CNC-Sperrholz-Fräse

Es müssen nicht unbedingt Stahl und Aluminium sein: Auch mit Materialien aus dem Baumarkt kann man sich eine formidable Fräse mit CNC-Steuerung bauen. Unsere neue Konstruktion ist für jeden geeignet, der mit Stichsäge und Akkuschrauber umzugehen vermag. Zusammen mit dem Schrittmotor-Controller aus dieser Ausgabe entsteht ein äußerst preiswertes 3D-Bearbeitungszentrum.



Kurzinfo



Zeitaufwand:
ein bis zwei
Wochenenden



Kosten:
250–350 Euro



Löten:
Verkabelung



Messen:
Durchgangsprü-
fung, Spannung



Holzbearbeitung:
Sägen, Bohren



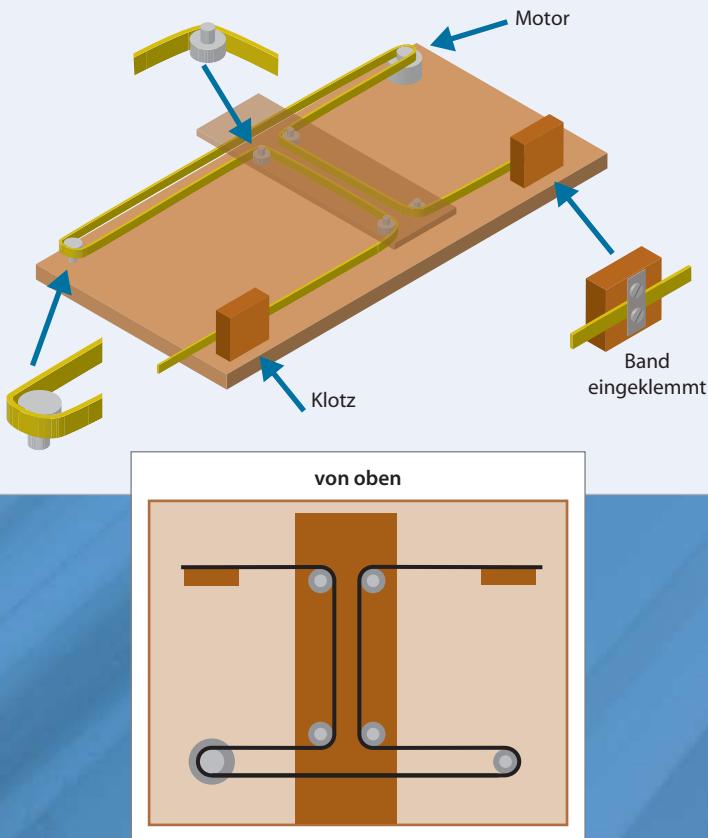
Metallbearbeitung:
Bohren, Feilen,
Sägen

Zutaten

- Birke-Multiplex 18 mm, ca. 0,8 qm
- 2 Linearführungen 1000 × 20 mm breit
- 2 Linearführungen 600 × 16 mm
- 10 Kugellager
- Z-Achse fertig montiert
- 1 flexible Wellenkupplung 6,35 mm
- 6 m Zahnriemen T2,5 6 mm breit
- Spanplattenschrauben
- 4 Stuhlwinkel 25 mm
- 3 Schrittmotoren NEMA23
- 2 Zahnriemenscheiben T2,5

X-Antrieb

Durch Umlenkung des Riemens wird der Y-Schlitten entlang der X-Achse von einem „Flaschenzug“ gezogen – und zwar beidseitig. Dadurch verdoppelt sich die verfügbare Kraft, während sich die (zu hohe) Geschwindigkeit halbiert.



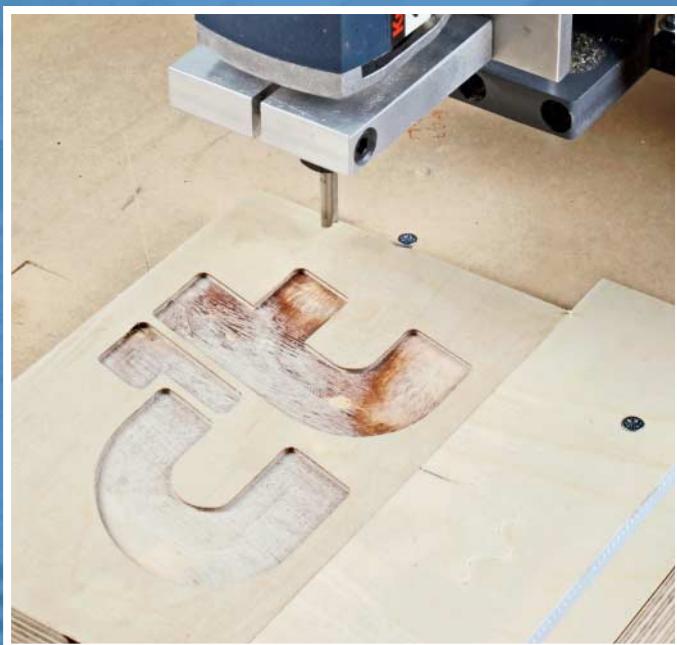
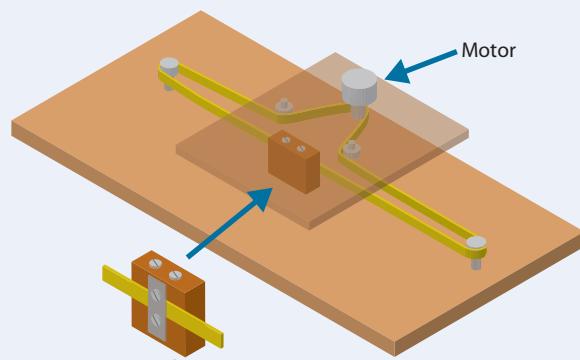
Vor recht genau einem Jahr veröffentlichten wir die Bauanleitung für die c't-Hacks-Portalfräse, die zwar komplett ohne Spezialteile auskam, aber trotzdem ein gerütteltes Maß an handwerklichem Sachverständ und feinmechanischem Geschick erforderte: Das Gewindeschneiden von Sacklöchern in hochfestem Aluminium gehörte ebenso dazu wie die spielfreie Montage von Trapezspindelmuttern und Flanschlagern. Dessen ungeachtet fand die Bauanleitung zahlreiche Nachbauer, wenn auch das Gros der Bastelkeller-Bewohner außen vor blieb.

Das soll mit dem vorliegenden Entwurf anders werden: Als tragende und verbindende Elemente kommen bei unserer neuen 3D-Fräse ausschließlich Holzbretter zum Einsatz – genauer gesagt Birke-Multiplex und mitteldichte Faserplatten (MDF). Die gibt es millimetergenau und preiswert in jedem Baumarkt als Zuschnitt, und als Werkzeuge zur Bearbeitung genügen Stich- und gegebenenfalls Tischkreissäge sowie ein Akkuschrauber. Auch die benötigten Kleinteile und eine Flasche Holzleim finden sich in jedem gut sortierten Hobbyraum.

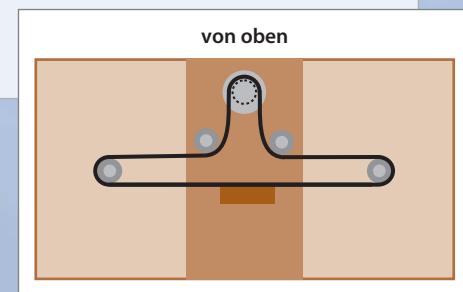
Die größte Vereinfachung und Nachbau-Erlichterung aber betrifft die Art des Antriebs: Bei unserer Aluminium-Fräse aus c't Hacks 1/2013 war der noch mit doppelt ge-

Y-Antrieb

Auch der Antrieb der Y-Achse wurde mit der flaschenzugartigen Riemenführung realisiert, nur dass sich hier der Motor auf dem Z-Schlitten mitbewegt und die Umlenkrollen („Flaschen“) feststehen. Das Ergebnis auch hier: doppelte Kraft bei halbiert Geschwindigkeit des Schlittens.



Mit Sperrholz kommt unsere Fräse locker zurecht.





Import-Kugellager kosten in der Standardausführung 636RS (22 mm Außen- und 6 mm Innen-Durchmesser) weniger als einen Euro, sodass es kaum lohnt, die alten Inline-Skater auszuschlachten – deren hochgepriesene ABEC-Lager oft noch nicht einmal einen Dichtring aufweisen, sondern nur Abdeckscheiben. Wenn der Innendurchmesser nicht passt, kann man sich mit einem Stück Alu- oder Messingrohr als Distanzhülse helfen.

BESCHLEUNIGUNG

Auch wenn der Riemenantrieb hohe Verfahrgeschwindigkeiten zulässt, begrenzt eher die mögliche Beschleunigung das Arbeitstempo der Maschine. Damit Schrittmotoren nicht aus dem Tritt kommen, dürfen die vom Gesamtsystem bestimmten Beschleunigungsrampen nicht zu steil werden. Für unseren GRBL-Schrittmotor-Controller auf Seite 128 haben wir praktikable Werte bereits voreingestellt, bei anderen Steuerungen sind die Beschleunigungen empirisch zu ermitteln.

lagerten Trapezgewindespindeln realisiert. Das dürfte viele potenzielle Nachbauer abgeschreckt haben: Genauestes Arbeiten und sorgfältiges Justieren der Achsantriebe waren hier die Grundvoraussetzung für einen „reibungslosen“ (auch im näheren Wortsinn) Betrieb. Bei unserer Neuauflage besorgt dagegen ein trickreich geführter Zahnriemen den Achsvortrieb.

Zähne statt Gewinde

Der Antrieb mit Zahnriemen erinnert zunächst an die zahlreichen 3D-Drucker-Konstruktionen, bei denen die X- und Y-Achsen ebenfalls über Schrittmotoren und Riemens bewegt werden. Vorteil hierbei ist der fast verschleißfreie und dazu noch recht schnelle Antrieb. Allerdings sind weder die erreichbare Kraft noch die Positioniergenauigkeit ausreichend, um präzise Frästeile herzustellen.

Ein kleines Rechenexample soll dies verdeutlichen: Man darf die antreibende Riemenscheibe am Motor nicht hemmunglos verkleinern, sonst wird irgendwann der zulässige Biegeradius des Zahnriemens unterschritten. Weniger als 16 Zähne sollte man einem Zahnriemen mit 2,5 mm Teilung – ein gängiges Maß – bei 180° Umschlingung nicht zumuten. Bei einer Umdrehung des Schrittmotors legt der Zahnriemen und mit ihm der Schlitten also 16 x 2,5 = 40 mm zurück, bei 200 Schritten pro Umdrehung ergibt sich eine Auflösung

von 0,2 mm im Vollschrittbetrieb. Das mag für einen 3D-Drucker ausreichend sein, für feinere Fräsaarbeiten sind dagegen 0,1 mm oder weniger anzustreben. Zum Vergleich: Mit einer Trapezgewindespindel TR12x3 ergibt sich ein Vortrieb von nur 3 mm pro Motorumdrehung und eine entsprechend geringe Verfahrgeschwindigkeit, die theoretische Auflösung beträgt dagegen 0,015 mm.

Statt eines aufwendigen Unterstellungsgetriebes vor der Zahnriemen-Antriebsscheibe haben wir uns etwas anderes ausgedacht: Mit nur einer zusätzlichen Umlenkung des Riemens kann man eine Art „Flaschenzug“ realisieren, bei dem der Weg des Riemens verdoppelt und die nötige Zugkraft halbiert wird. Somit bewegt sich der Schlitten bei einer Motorumdrehung nur noch 20 mm, aber die Auflösung verbessert sich auf 0,1 mm pro Vollschritt und die Kraft des Motor wird verdoppelt.

Nimmt man eine moderate Motordrehzahl von 400 U/min an, ergibt sich mit der vorliegenden Konstruktion eine maximale Verfahrgeschwindigkeit von 8000 mm/min – ein hervorragender Wert, den professionelle Portalfräsen nur mit teuren Kugellumlaufspindeln und fetten Schrittmotoren oder gar Servo-Antrieben erreichen. In Sachen Tempo bietet unsere Konstruktion also reichlich Reserven.

Im Prinzip könnte man noch eine weitere Flaschenzug-Rolle hinzufügen und die am Schlitten verfügbare Kraft insgesamt vervierfachen. In der Praxis, so unsere Ex-

perimente, führt der nun viel längere Riemen aber irgendwann ein Eigenleben – brummende Resonanzen und die Dehnung des Riemens bei hoher Last setzen dem Vorhaben natürliche Grenzen.

Auf und nieder

Der Riemenantrieb wäre für die Z-Achse allerdings nur bedingt geeignet, weil die Umlenkrollen und die Riemenumleitung recht viel Platz benötigen. Wir haben bei der Z-Achse deshalb auf den klassischen Spindelantrieb zurückgegriffen – ohne jedoch die Nachbausicherheit zu gefährden: Statt einer Eigenkonstruktion kommt hier ein fertig montiertes Teil zum Einsatz, das wir bei einem Anbieter im Internet für knapp 90 Euro gefunden haben. Dem geneigten Leser steht es frei, auch bei der Z-Achse eine Eigenkonstruktion mit Riemenantrieb einzusetzen.



Die Umlenkrollen für den Zahnriemen-„Flaschenzug“ bestehen aus M6-Schraube, Kugellager, Karosserie-, Pass- und Zahnscheibe(n) und M6-Mutter. Man kann sie in eine M6-Einschlagmutter drehen oder einfach mit einer zweiten Mutter auf der Rückseite des Brettes befestigen, sofern es die Platzverhältnisse zulassen. Für breitere Zahnriemen (10 statt 6,5 mm) sind Kugellager mit Bund geeigneter, die man paarweise verwendet (rechts).

DREHMOMENT

Das erzielbare Drehmoment nimmt bei Schrittmotoren mit steigender Drehzahl stark ab – bis auf Bruchteile der Werte bei Stillstand („Haltemoment“). Erhöht man die Schrittfréquenz zu stark, kann der Motor irgendwann nicht mehr folgen, er „verliert Schritte“ oder bleibt brummend ganz stehen. Bei optimaler Auslegung der Treiberstufen sind mit gängigen Schrittmotortypen zwar Drehzahlen bis 1000 U/m erreichbar, für einen zuverlässigen Betrieb sollte man aber sehr deutlich unter diesem Wert bleiben.



Damit der Kugellager-Außenring nicht an den großen Karosseriescheiben schleift, setzt man beidseitig sogenannte Passscheiben (hier 6 × 12 × 0,2 mm, notfalls tun es auch dünne, kleine Unterlegscheiben) dazwischen. Eine Zahnscheibe sichert die Befestigungsmutter gegen Lösen.

Eine spindelgetriebene Z-Achse erreicht natürlich nur sehr viel geringere Verfahrgeschwindigkeiten als die rie mengetriebenen Achsen – was aber für die meisten Fräsarbeiten kein Problem darstellen sollte. Sollten Sie mit unserer Maschine jedoch vornehmlich Platinen bohren oder 3D-Reliefs fräsen wollen, sollten Sie sich auch über eine schnelle Z-Achse Gedanken machen.

Konzeptionelles

Der Aufbau unserer Sperrholzfräse folgt ansonsten dem bewährten Prinzip des 3D-Portalroboters: Ein beidseitig auf Linearlagern geführter Y-Schlitten trägt auf senkrecht zur X-Achse verlaufenden Y-Linearlagern den Z-Achsen-Aufbau, womit sich die drei Raumrichtungen ergeben. Traditionell wählt man die längste Achse als X-Richtung, bei uns vorgegeben durch die Länge der Grundplatte von exakt einem Meter. Da wir vorhaben, vornehmlich flache Teile wie Frontplatten oder Modellflugzeug-Spannen anzufertigen, wählten wir die Z-Drucklasshöhe mit rund 60 mm bewusst klein, was der Stabilität zugute kommt.

Unsere Konstruktion hat – im Unterschied zum Entwurf aus c't Hacks 1/2013 – eine „flachgelegte“ Y-Traverse, womit sich eine aufwendige Winkelkonstruktion über die gesamte Maschinenbreite erübrigkt. Als Baumaterial verwenden wir wasserfest verleimtes Multiplex-Sperrholz von 18 mm Stärke, das in jedem Baumarkt vorrätig sein sollte. Alternativ ginge auch MDF, das wir der Erfahrung nach eine Nummer dicker wählen würden; die angegebenen Maße in der Einkaufsliste (siehe c't-Link am Schluss des Artikels) stimmen dann aber teilweise nicht mehr.

Von einer Eigenkonstruktion der Linearführungen haben wir abgesehen, zumal es preiswerte Angebote chinesischer Hersteller auch in Deutschland gibt – schon eine simple Ebay-Suchanfrage mit dem Stichwort „Linearführung“ fördert hunderte von Offerten zutage. Für einen Satz bestehend aus zwei Führungsschienen und vier Laufwagen in 1000 mm Länge muss man etwa 80 Euro anlegen. Selbst die preiswertesten Angebote sind um Größenordnungen steifer und stabiler als die von manchen Low-

SPAX

(„Spanplattenschraube mit Kreuzschlitz“) ist übrigens ein eingetragener Markenname; korrekterweise spricht man von „Universalschrauben“, auch wenn sich „Spax-Schraube“ wie Pril und Maggi als Sammelbegriff durchgesetzt hat.



Pozidriv-Schrauben (links) erkennt man an der sternförmigen Prägung im 45°-Winkel zum Kreuzschlitz. Unbedingt PZ-Schraubendreher oder -Bits verwenden, mit einem normalen PH-Schraubendreher vernudelt man den Schraubenkopf. Torx-Schrauben lassen ein höheres Anzugsmoment zu, ohne dass der Schraubendreher abrutscht.

WICHTIG:

Spanplattenschrauben haben traditionell einen Pozidriv-Kopf, den Anfänger gern mit einem normalen Kreuzschlitz verwechseln. Also Akkuschrauber mit passendem PZ-Bit verwenden – mit Phillips-Kreuzschlitz (PH) ruiniert man jede Pozidriv-Schraube im Handumdrehen (auch umgekehrt)! Der Trend geht mehr und mehr zur Torx-Schraubendreher-aufnahme, bei der man weniger schnell abrutscht. Wer passende TX-Akkuschrauber-Bits besitzt, sollte zur Torx-Universalschraube greifen.

Budget-Bastlern favorisierten Laufrollen und -schienen aus der Möbelindustrie.

Wählt man wie wir die Ausführung mit halboffenen Laufwagen und „unterstützter“ Schiene (hier ist die tragende Präzisionswelle auf ein durchgehendes Alu-Profil mit pyramidenförmigem Querschnitt geschraubt), kann man die Holz-Unterkonstruktion recht simpel halten, zumal die Führungsschiene viel zur Steifigkeit der Maschine beiträgt. Die „freitragenden“ Linearführungen mit nur stiernseitig aufgehängter Führungswelle sind hier weniger geeignet – bei einem Meter Länge würden sie schon erheblich durchhängen.

Den Zahnrämen erhielten wir als Metterware von einem Versender, der sich auf Ersatzteile für 3D-Drucker spezialisiert hat, ebenso die Zahnrämenscheiben. Die Umlenkrollen für den Riemen bestehen aus einfachen Kugellagern, denen wir große Unterlegscheiben (sogenannte Karosseriescheiben) als Riemenführung zur Seite (oder besser gesagt: zu beiden Seiten) gestellt haben, was die Breite des Zahnrämens allerdings auf 6,5 mm begrenzt. Der alternative Aufbau mit Bund- oder Flanschkugellagern wie im Bild gezeigt ist übrigens deutlich teurer – man braucht dop-

pelt so viele Lager, und jedes einzelne kostet rund drei statt knapp ein Euro.

Männerboutique

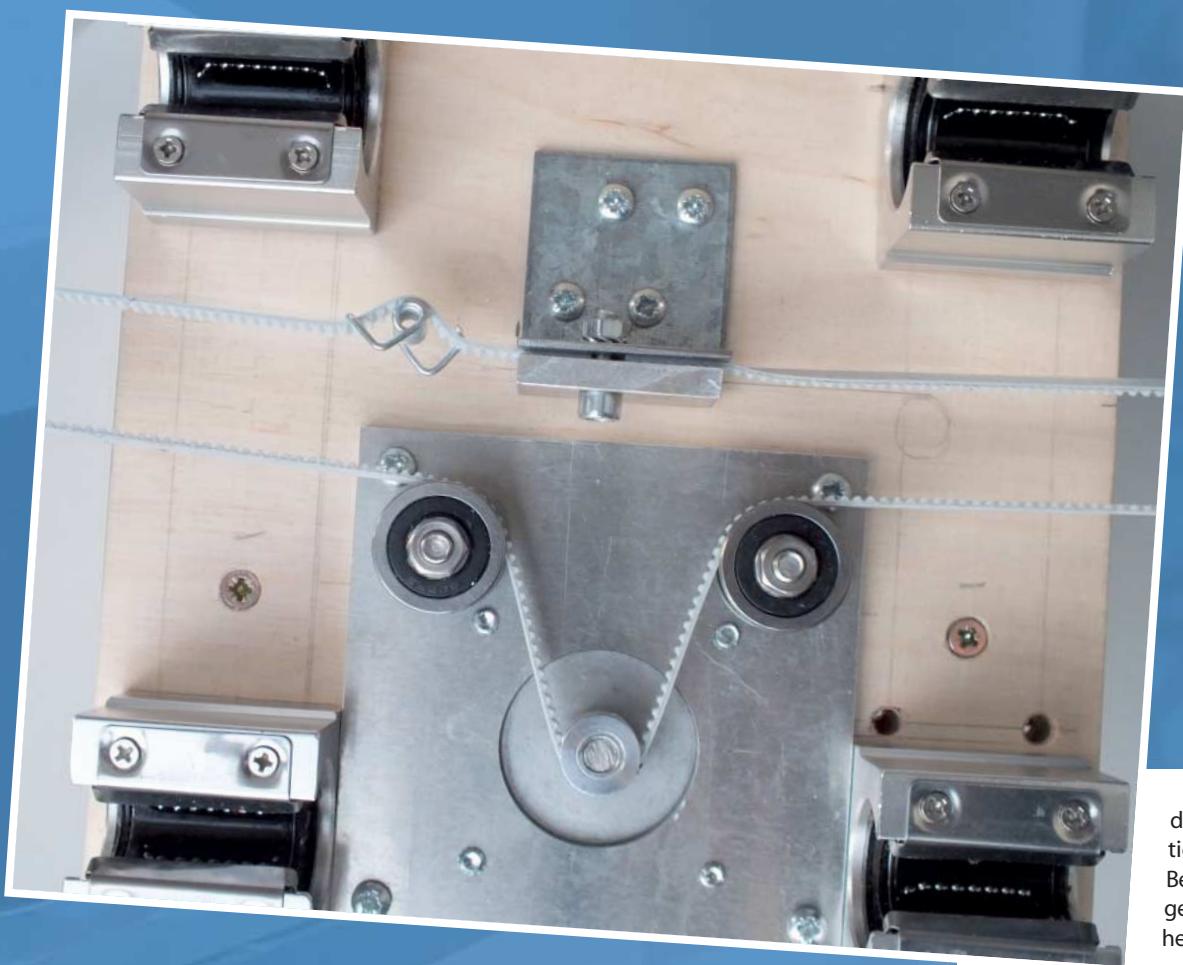
Nachdem Sie die benötigten Kugellager und Linearführungen bestellt haben (deren Abmessungen nicht in Stein gemeißelt sind – sie dürfen durchaus den eigenen Erfordernissen angepasst werden), sollten Sie einen gut sortierten Baumarkt besuchen. Bei unserem hiesigen Hornbach war die Auswahl an Holz im Zuschnitt nicht sonderlich berauschend, dafür übertraf das Schraubensortiment alle Erwartungen. Hier erhielten wir die M6-Innensechskantschrauben (Inbus) in jeder Länge preiswert nach Gewicht, ebenso die Karosseriescheiben nebst Muttern und Zahnscheiben. Nur die dünnen Passscheiben haben wir im Internet bestellen müssen – die hatte wiederum der Kugellager-Versand auf Lager.

Etwas Pech hatten wir mit unserem ersten Holzzuschnitt: Den hatte der mäßig gelaunte Hilfstischler an der Plattsäge gründlich versemmt, denn wir erhielten statt rechteckiger Bretter windschiefe Parallelogramme, die auf 55 cm Länge um

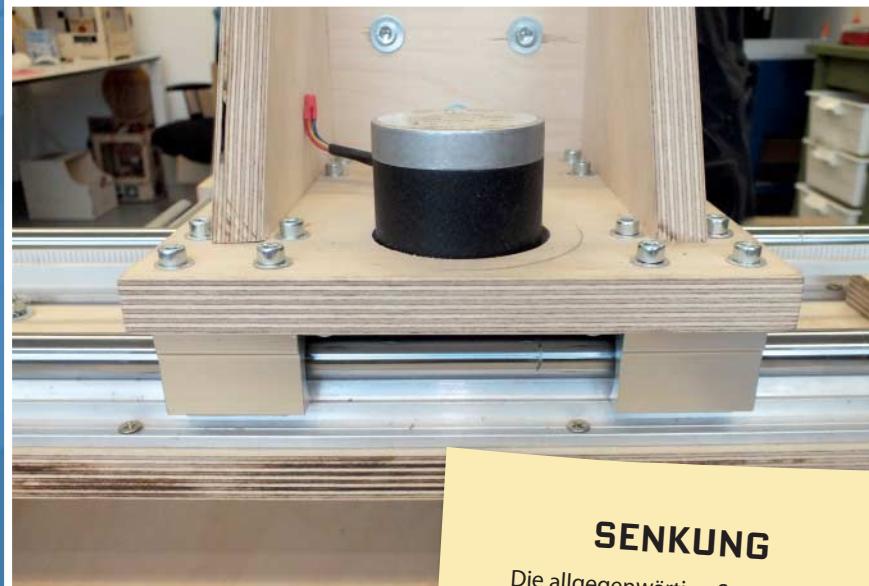
satte 2 mm aus der Spur drifteten. Achten Sie also auf einen exakt rechtwinkligen Zuschnitt; das erleichtert den späteren Zusammenbau anhand unserer kleinen Bildergalerie enorm.

Wir beginnen mit dem Aufleimen der zwei 7 cm breiten Seitenstreifen auf die Grundplatte, die mit ein paar Universalschrauben angespant werden; ein Pressen mit Schraubzwingen kann man sich so sparen. Die Platte sollte kippelfrei auf dem Werktafel aufliegen, damit sich später nichts verzieht. Die vier Querversteifungen kommen von unten auf die Grundplatte, hierfür reichen einige Reste vom Zuschnitt, sofern sie mindestens 4 cm breit sind. Holzleim immer dünn und gleichmäßig auftragen!

Auch die Y-Traverse (bei uns 55 cm lang) erhält zwei Verstärkungsleisten an den Schmalseiten, hier werden gleich die vier X-Laufwagen montiert. Wir hatten für die X-Führungen solche mit breiter Auflage gewählt; die haben den Vorteil, dass man sie auch von „oben“, also der Schienenseite her, mit ein paar kräftigen Spax-Schrauben am Brett befestigen kann. Die schmale Version der Linearführungen müssen zwingend mit M5- beziehungsweise M6-Gewin-



Durch die gekürzten Motorachsen waren wir gezwungen, den Y-Motor von unten in die Z-Traverse einzulassen. Hier erkennt man auch die Riemenführung über zwei Umlenkrollen und die Befestigung der Riemenenden mittels Klemmstück an einem simplen Stuhlwinkel.



Die Z-Achse besteht aus zwei (exakt!) rechtwinklig verleimten und verschraubten Multiplex-Brettern, verstärkt durch senkrechte Brettchen auf der Rückseite.

SENKUNG

Die allgegenwärtige Spanplattenschraube eignet sich natürlich auch für MDF- und Multiplex-Platten. Es empfiehlt sich allerdings, das Holz für den Schraubenkopf etwas anzusenken (90°-Kegelsenker im Hause? Notfalls einen größeren Metallbohrer nehmen), damit der Schraubenkopf bündig abschließt. Soll die Schraube stirnseitig in ein Brett gedreht werden, sollte man es einige Millimeter tief vorbohren, damit es nicht splittert oder aufreißt.

deschrauben befestigt werden, da die Befestigungsbohrungen nicht durchgehend sind.

Bevor die insgesamt 16 Befestigungsschrauben der Laufwagen (Spax Halbrundkopf, 4,5 × 30 mm) fest angezogen werden, muss man die Führungen parallel zueinander ausrichten. Das klappt am besten, indem man die Führungsschienen provisorisch einschiebt, den Abstand an beiden Enden mit einem Stahl-Lineal kontrolliert und dann die vier Schrauben jedes Laufwagens endgültig anzieht – aber bitte nicht so fest, dass der Wagen ins Holz einsinkt! Der absolute Abstand ist weniger kritisch, da die aufgeleimten Abstandsleisten der Grundplatte etwas breiter sind.

Nicht verklemmt

Dann die Schienen lose auf die Abstandsleisten auflegen, zentrieren und zunächst nur eine Schiene parallel zum Grundplatten-Rand anschrauben (Spax Halbrundkopf 4,0 × 25). Bei korrekter Ausrichtung der Führungswagen wird die Y-Traverse klemmfrei über die Länge der Grundplatte verschiebbar sein, ohne dass sich die noch lose Schiene verschiebt.

Die zweite Linearführung kann nun ebenfalls verschraubt werden: Y-Traverse knapp bis zum einen Ende der Grundplatte schieben, dort die Linearführung mit zwei Schrauben fixieren,



Detail der Grundplatte mit aufgedoppelten Rändern aus Zuschnittresten. Den Motor-Block haben wir ebenfalls aus Resten zurechtgesägt.

dann Traverse zum anderen Ende schieben und den Schienenfuß auch dort befestigen. Läuft die Konstruktion gleichmäßig leicht, dürfen auch die restlichen Befestigungslöcher bevölkert werden – dabei die Schrauben schrittweise in mehreren Durchgängen fester anziehen.

Die 20 cm breite Z-Achsen-Traverse besteht aus zwei rechtwinklig verleimten und verschraubten Brettchen, die mit zwei senkrecht stehenden „Knotenblechen“ (hier natürlich aus Multiplex-Sperrholz) verstärkt werden. Gerade bei diesen Verstärkungsbrettchen ist der rechte Winkel genauestens einzuhalten, sonst läuft die Z-Achse später schräg.

Nun dürfen bereits die Y-Führungen montiert werden – hierbei geht man analog zur X-Achse vor. Unsere schmalen Y-Linearführungen mit Gewinde-Sacklöchern verlangen allerdings eine Befestigung mit M5-Gewindeschrauben. Das ist durchaus kein Nachteil, denn es erleichtert durch die von oben zugänglichen Innensechskant-Schrauben die orthogo-

nale Ausrichtung zur Grundplatte und die parallele Ausrichtung der Y-Linearführungen. Mit 6-mm-Löchern für die Befestigungsschrauben hat man genügend Spiel zur Verfügung – sofern man sorgfältig angezeichnet und gebohrt hat.

Zahn um Zahn

Endlich wird es etwas spannender: Die Montage der Umlenkrollen und der Schrittmotoren ist sicher der anspruchsvollste Teil beim Selbstbau. Beginnen wir mit dem Y-Antrieb: Unser Flaschenzug-Prinzip und die nicht allzu üppigen Platzverhältnisse brachten uns auf die Idee, den Y-Motor auf der Z-Traverse zu montieren. Zwei Umlenkrollen nahe am Motor sorgen dafür, dass der Zahnrämen die Motorachse samt Ritzel um wenigstens 100° umschlingt.

Bei unserem Schrittmotor-Flohmarktfund hatte der Vorbesitzer leider die Achse stark gekürzt, sodass wir den Motor

Die Y-Traverse von unten: Bei der Montage der Umlenkrollen unseres „Flaschenzugs“ muss man auf einen exakt fluchtenden Treibriemen achten – und beim Anzeichnen unbedingt die Riemandicke berücksichtigen!

NEMA

Der US-amerikanische Branchenverband National Electrical Manufacturers Association hat für Motoren und Generatoren einige Flanschmaße genormt, die auf der Daumenbreite des englischen Königs Heinrich I. basieren (will heißen: Inch).

Bei Schrittmotoren haben sich die Baugrößen NEMA 17 (Schraubenabstand 42 × 42 mm), NEMA 23 (56 × 56 mm) und NEMA 34 (86 × 86 mm) durchgesetzt. Die NEMA-Nummer sagt nichts über die Länge des Motors aus – längere Motoren mit größerer Wicklung haben gemeinhin auch ein höheres Drehmoment.

SCHRITTMOTOREN

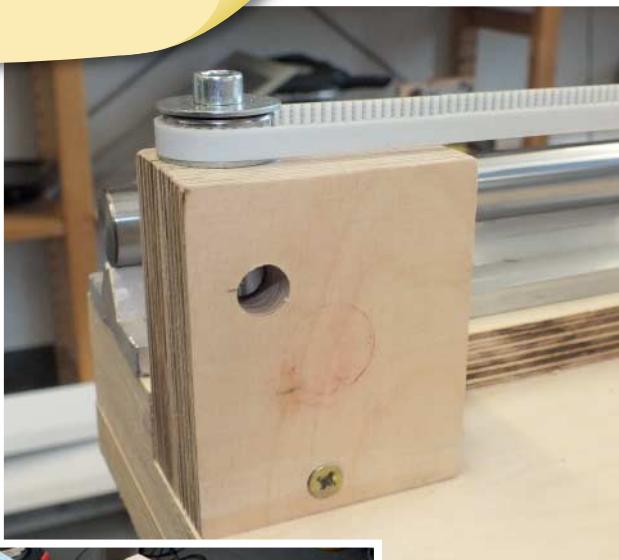
Im Vergleich mit spindelgetriebenen Portalfräsen kommt unsere Konstruktion mit relativ kleinen Antrieben aus. Die Baugröße NEMA 23 sollte es aber schon sein, die kleineren NEMA-17-Motoren, wie sie gern in 3D-Druckern verwendet werden, sind für unser Vorhaben zu schwachbrüstig.

NEMA-23-Motoren gibt es mit 6,35- und 8-mm-Achsen. Für das relativ kleine 16-Zähne-Ritzel sind 6,35-mm-Varianten geeigneter. Die uns gelieferten Zahnrämenscheiben wiesen leider nur einen Innendurchmesser von 5 mm auf, so dass wir sie mit einem 6,4-mm-Bohrer aufweiten mussten. Nur 6,5-mm-Bohrer zur Hand? Geht notfalls auch, wenn man die Achse mit einer Lage Alu-Folie umwickelt. Eine gewisse Eierigkeit muss man dann aber in Kauf nehmen.



Unter der Y-Traverse erkennt man die Umlenkung des Zahnriemens.

Riemenführung der Grundplatte, vorn: Gut sichtbar ist der Querkloben (auch als Quermutterbolzen bekannt) im Haltebrettchen.

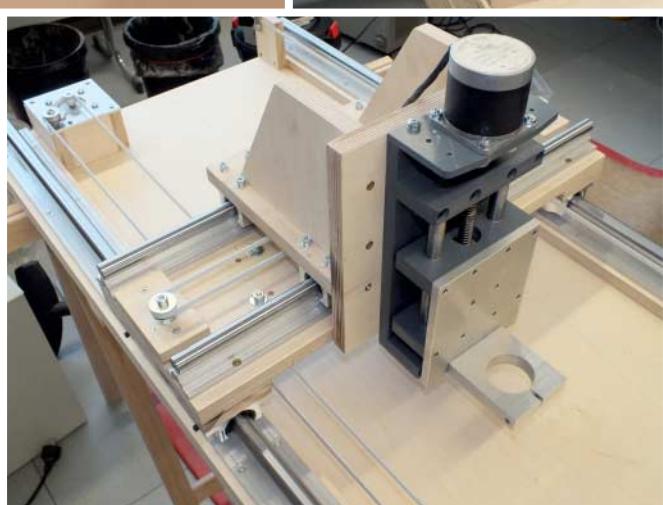


nicht einfach von oben montieren konnten – dann hätte die Zahnrämenscheibe einfach unten herausgeragt. So aber mussten wir ein kleines Flanschblech anfertigen und den darauf montierten Schrittmotor in einen Ausschnitt der Z-Traversen-Grundplatte einpassen. Eine 60-mm-Lochsäge reichte für unseren runden NEMA-23-Motor, die Ecken haben wir etwas ausgeraspelt.

Unsere Flanschplatte trägt auch gleich die zwei Umlenkrollen, die den Zahnrämen wieder in geordnete Bahnen lenken. Aus Platzgründen wählten wir hier kleinere Kugellager mit Bund, paarweise verschraubt. Die genaue Lage des Riemens ist nicht kritisch, er sollte halt nur nicht an Holzteilen oder den Linearführungen schleifen.

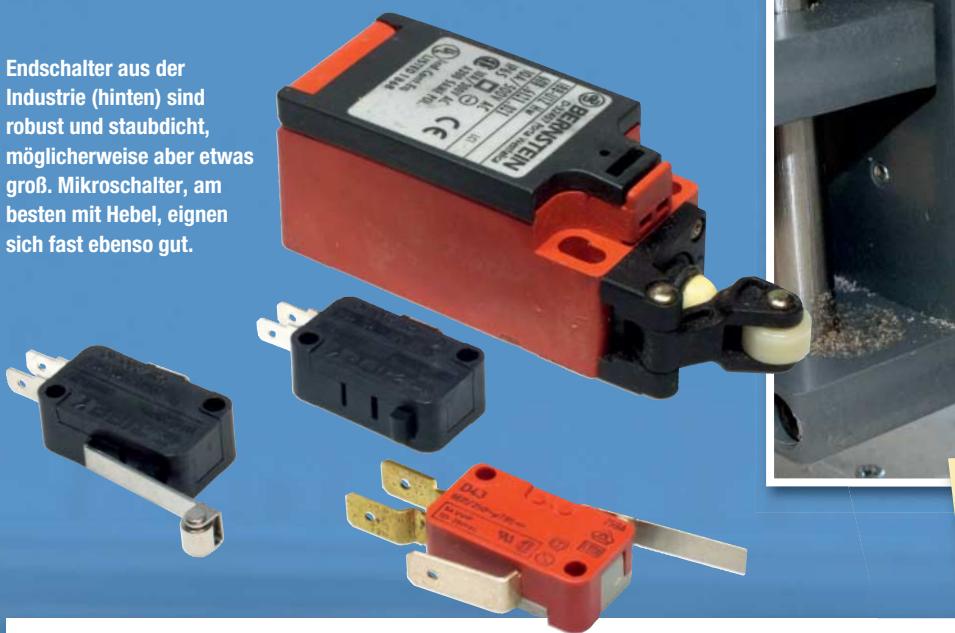
Bei der Montage der 180°-Umlenkrollen (den „Flaschen“) auf der Y-Traverse ist allerdings peinlich genau auf eine zur anzutreibenden Achse parallele Riemenführung zu achten: Ein auch nur leicht schräg laufender Riemen wird seine Spannung über die Gesamtstrecke stark ändern – da hilft dann auch kein Riemenspanner mehr.

Apropos: Selbstverständlich muss der Zahnrämen stets unter recht kräftiger Spannung gehalten werden, sonst wäre ein präzises Arbeiten der Maschine nicht möglich. Zum Spannen verwenden wir die Feder einer Wäscheklammer, die wir



Fräsen-Rohbau nach Montage aller Baugruppen. Die Verkabelung der Motoren steht noch aus.

Endschalter aus der Industrie (hinten) sind robust und staubdicht, möglicherweise aber etwas groß. Mikroschalter, am besten mit Hebel, eignen sich fast ebenso gut.



wie im Bild gezeigt etwas zurechtgebogen haben. Bei der Montage der Klemmstücke sollte der Riemen aber auch ohne Wäsche-klammer-Feder schon eine gewisse Grundspannung aufweisen.

Die Riemenführung auf der Grundplatte ist etwas aufwendiger – weil die Anlenkung der Y-Traverse für einen verkanntungsfreien Lauf beidseitig erfolgen soll. Während beim Y-Antrieb die Flaschen feststehen und sich stattdessen der Antrieb bewegt (Münchhausen-Prinzip), liegen die Verhältnisse bei der X-Achse andersherum: Hier bildet die bewegte Y-Traverse die Flasche, der Motor zieht „am losen Ende des Seils“.

Alternativen

Der Zahnriemen läuft knapp unterhalb der Y-Traverse, um die Z-Durchlasshöhe nicht unnötig einzuschränken. Prinzipiell wäre auch eine Riemenführung oberhalb des Y-Grundbretts denkbar, wenn man dieses etwas verlängert und die Maschine entsprechend verbreitert – der X-Riemen könnte dann jeweils zwischen Y-Linearführung und Y-Riemen verlaufen.

Ebenso möglich scheint uns die Alternative, den X-Riemen weiterhin unterhalb der Y-Traverse, aber zwischen den Laufwagen hindurch nach außen zu führen. Beide Varianten würden den Y-Fahrweg um einige Zentimeter vergrößern; der ist bei uns ja durch den beidseitig innen verlaufenden X-Riemen begrenzt. Unsere (kompatktere) Version ist denn auch nur als Vorschlag zu verstehen – vielleicht sagen Ihnen die Alternativen ja mehr zu.

In jedem Fall muss man den X-Motor in einer stabilen Konsole ($10 \times 10 \times 7$ cm) unterbringen, die wir aus Holzresten und einer Deckplatte angefertigt haben. Bei ausreichend langer Motorachse kann die Deckplatte ebenfalls aus Multiplex bestehen; wir mussten leider auch hier zu Metallsäge und Feile greifen, um eine (dünnerne) Alu-Platte als Motorträger zurechtzudrehn. Bei größeren (d. h. längeren) Motoren könnte es erforderlich sein, einen Ausschnitt in die Grundplatte zu sägen. Vergessen Sie nicht, seitlich ein kleines Loch für die Anschlusskabel in die Konsole zu bohren.

Die Riemenführung erfordert auf der Maschinen-Grundplatte nur zwei Umlenkrollen, eine davon wird auf der Motorplatte montiert. Die auf der anderen Seite bekommt einen Unterbau aus zwei miteinander verleimten Multiplex-Brettchen, zur Befestigung des Kugellagers dient ein sogenannter Möbelverbinder mit M6-Schraube und Quer-Kloben, den der Autor aus unerfindlichen Gründen nach der Montage eines Ikea-Bettgestells übrig hatte. Eine kräftige Holzschraube sollte es zur Not aber auch tun.

An dieser Stelle können Sie sich auch schon Gedanken darüber machen, wie Sie Ihre Werkstücke einzuspannen gedenken. Praktisch, aber teuer ist eine T-Nutenplatte aus Aluminium oder ein flacher Maschinenschraubstock mit zentrierter Einspannung, ganz luxuriös ein Vakuumtisch mit Pumpe. Uns reicht vorerst eine „Opferplatte“ aus MDF-Material, auf die wir unsere (vornehmlich flachen) Werkstücke einfach aufschrauben oder mit simplen Spannpratzen niederhalten.

SCHRAUBENLÄNGE

Die Schraubenlänge ist bei metrischen Gewinden so zu bemessen, dass bei angezogener Sechskantmutter noch einige Gewindegänge überstehen. Beachten Sie, dass bei Verbindungen mit Holzteilen große Unterlegscheiben die Anzugskräfte verteilen müssen, sonst drückt sich der Schraubenkopf oder die Mutter ins Holz. Bei der Längenberechnung sind die Dicken der Unterlegscheiben wohlwollend zu berücksichtigen.

Absoluter Nullpunkt

Zwar ist ein Betrieb ohne Endschalter möglich, eine Referenzfahrt zum Maschinen-Nullpunkt muss dann aber entfallen. Zum mindest eine mechanische Begrenzung des Fahrweges durch einen (entfernbaren!) Holzklotz oder einen Metallwinkel sollten Sie vorsehen – das gibt bei Anschlag zwar unschöne Rattergeräusche der blockierten Schrittmotoren, aber keine größeren Unfälle.

Wir empfehlen trotzdem dringend, an jeder Achse einen Mikroschalter anzubringen, der den Fahrweg über die Steuerung elektrisch begrenzt. Geeignet sind die abgebildeten etwas größeren Ausführungen. Bei denen mit Hebel hat man nach Auslösung noch etwas „Karenzweg“, sodass die Maschine kontrolliert abbremsen kann. Im Rahmen des Artikels zu unserem G-Code-Controller auf Seite 128 gehen wir genauer auf die Endschalter ein. Ein weiterer Bei-

trag widmet sich dem Anschluss der Schrittmotoren.

Gekauft

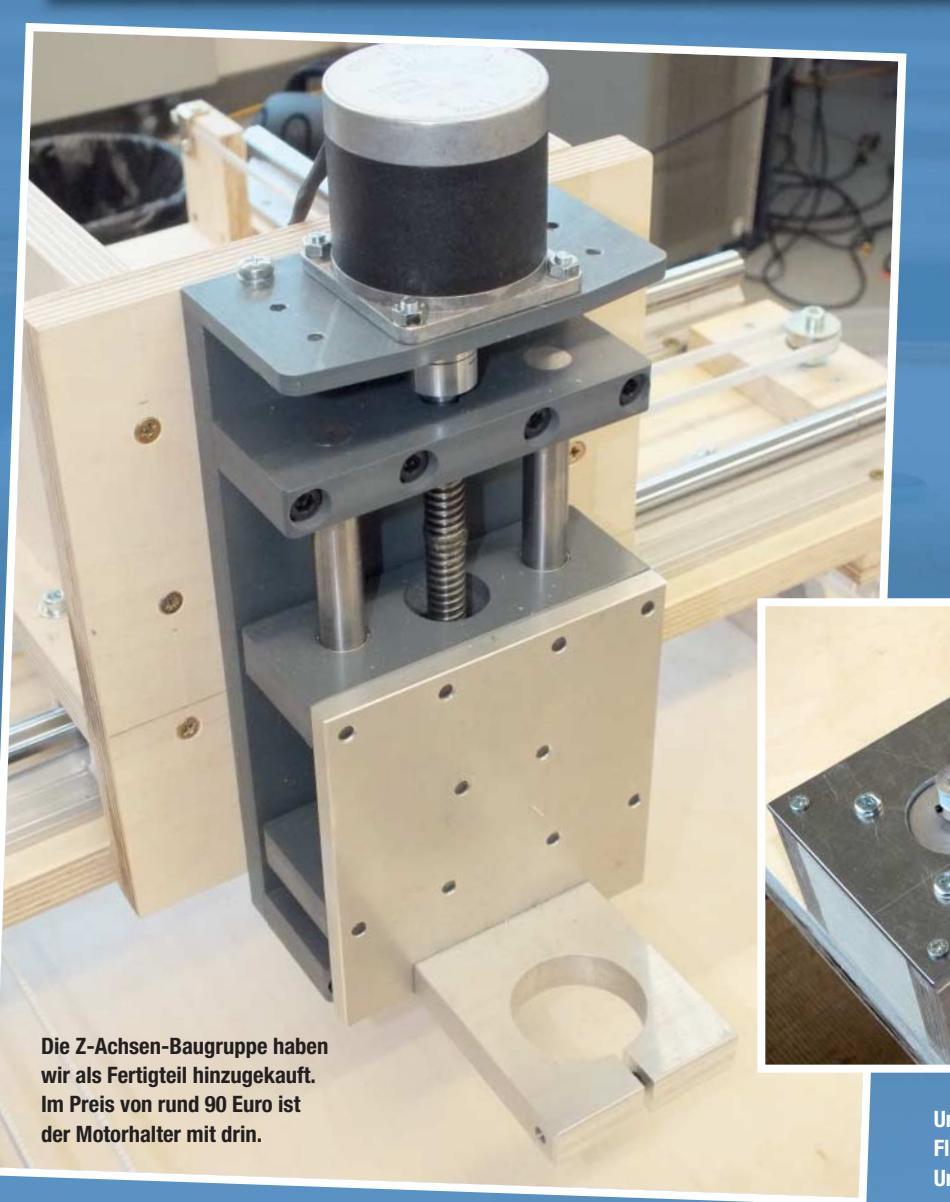
Wie bereits angesprochen, haben wir die Z-Achse als Fertigteil erworben – die rund 90 Euro erscheinen uns gut angelegt. Praktischerweise hat der Hersteller in den zähen Kunststoff der Trägerplatte gleich ein paar Gewinde geschnitten, für die man nur deckungsgleich Löcher in das senkrechte Brett der Z-Traverse bohren muss. Auch ein Motorhalter ist im Kaufpreis enthalten, der Fräsmotoren mit genormtem 43-mm-Hals aufnimmt. Eine etwas günstigere Ausführung hat stattdessen eine 20-mm-Aufnahme für Dremel, Proxxon & Co. zu bieten.

Unseren Fräsmotor haben wir aus einer Kress-Oberfräse vom Flohmarkt ausgebaut, der sich als echtes Schnäppchen herausstellte. Einen ganzen Beutel mit Fräswerkzeugen (allerdings nur für Holzarbeiten) bekamen wir obendrauf. Billige Oberfräsen findet man natürlich auch im Baumarkt; hier muss man allerdings Abstriche bei Lebensdauer und Rundlaufgenauigkeit in Kauf nehmen.

Bevor wir auf den nächsten Seiten zum Anschluss und Betrieb der Schrittmotoren kommen, noch ein Hinweis zur Kabelführung: Das Fräsmotor-Netzkabel und die mehrpoligen Leitungen für Schrittmotoren und Endschalter sind unbedingt so zu führen, dass sie weder scheuern, sich verheddern oder gar in den Werkzeugweg geraten können. Bei guten Portalfräsen setzt man sogenannte Energieketten ein, in

denen die Kabel vor grobem Ungemach geschützt sind. Uns reichen als Kabelführungen U-Profile aus Aluminium, in denen die Kabel unseres Musteraufbaus entlanglaufen. Wenn irgendwann Absaugung, Kühlmittelzufuhr, Werkstückbeleuchtung oder eine USB-Kamera (zur Null- und Referenzpunktsuche am Werkstück) hinzukommen, werden wir um eine Energiekette aber nicht herumkommen. (cm)

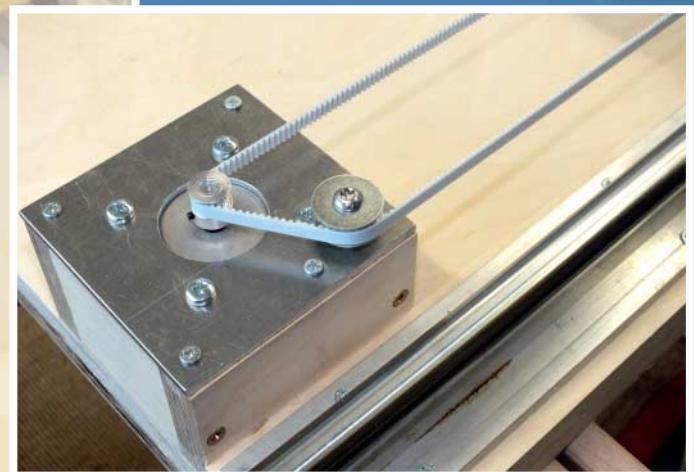
 Links und Foren
www.ct.de/ch1401118



Die Z-Achsen-Baugruppe haben wir als Fertigteil hinzugekauft. Im Preis von rund 90 Euro ist der Motorhalter mit drin.



Die zurechtgebogene kräftige Feder einer Wäscheklammer hält den Zahnrämen auf Spannung. Zum Festklemmen des Zahnrämens dient ein kleiner Stahlwinkel, den wir einseitig etwas gekürzt haben.



Unser „kurzachsiger“ Motor verlangte eine dünne Flanschplatte, hier aus Alu gefertigt. Sie trägt auch eine Umlenkrolle für eine „ordentliche“ Riemenführung.