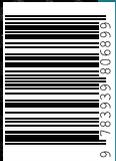


9,80 Euro

# CNC-Technik workbook

*Grundlagen, Technik, Praxis-Tipps*



**TRUCKS** & DETAILS



STEPCRAFT.

---

**Think it. Make it.**



# APPS FÜR MODELLBAUER

Aktuelle News von Firmen, Vereinen und Verbänden – direkt aufs Smartphone.



AVIATOR-News



Berlinski RC



copter.eu



DMFV-News



Graupner



HORIZON HOBBY



MULTIPLX



PREMACON RC



RC-Car-News



RC-CAR-SHOP-HOBBYTHEK



rc-drones



RC-Heli-News



RC-TESTS



RC-TRUCKS



RC Schiffe



Ripmax



Staufenbiel



Vario Helicopter



XciteRC NEWS



ANDROID APP ON  
Google play



Erhältlich im  
App Store



Windows  
Phone

QR-Codes scannen und  
die kostenlosen Apps für  
Modellbauer installieren.

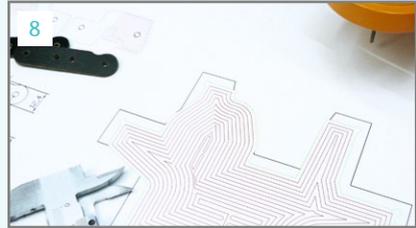
Jetzt App  
installieren

# INHALT

**Vorwort** 6

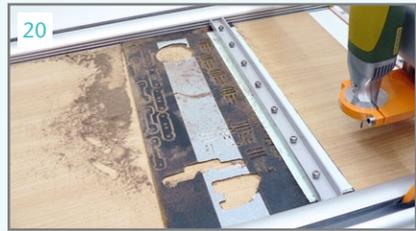
## **Span(n)ende Sache**

Was man über CNC-Technik wissen sollte 8



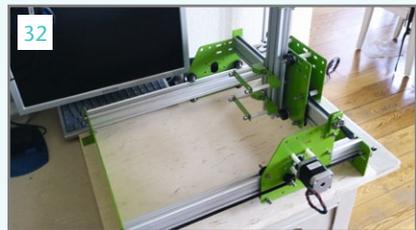
## **Wo gefräst wird, fallen Späne**

Bausatz-Fräse von Stepcraft 20



## **Do it yourself**

Table Top-CNC-Fräse für  
die Hobbywerkstatt 32



## **The Doors**

Konstruktion und Herstellung  
einer Lkw-Tür 48



**Impressum** 66



# ONLINE

## DAS DIGITALE MAGAZIN.



**Auch für  
PC und  
Notebook**

**FÜR JEDES BETRIEBSSYSTEM**

**FÜR JEDEN INTERNET-BROWSER**

**FÜR PRINT-ABONNENTEN KOSTENLOS**

**JETZT ERLEBEN:** [www.trucks-and-details.de/online](http://www.trucks-and-details.de/online)

**NUTZEN SIE UNSER DIGITAL-ARCHIV:**



**ABO ABSCHLIESSEN UND  
ALLE DIGITAL-AUSGABEN  
KOSTENLOS LESEN**

**UND HIER GIBT'S DAS DIGITALE MAGAZIN FÜR MOBILE ENDGERÄTE.**



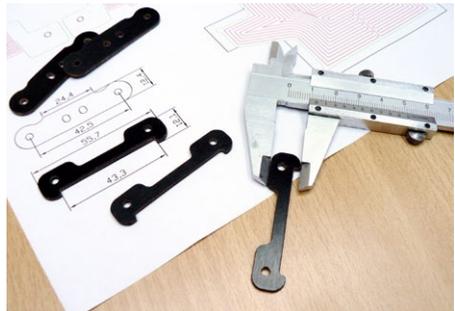
QR-Code scannen und die kostenlose Kiosk-App von TRUCKS & Details installieren



Weitere Informationen unter: [www.trucks-and-details.de/digital](http://www.trucks-and-details.de/digital)

# VORWORT

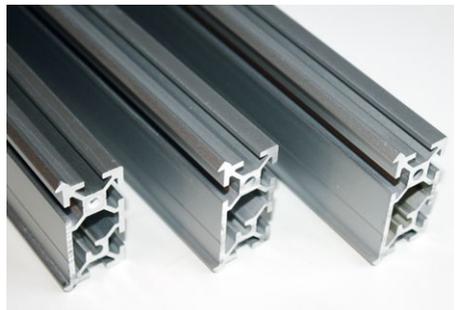
Modellbauer sind Individualisten. Sie möchten ein unverwechselbares Modell, eines mit vielen Details – kurz gesagt, eines, das kein anderer hat. Da gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder man konstruiert einen kompletten Eigenbau oder man arbeitet ein Bausatzmodell um, wertet es mit pfiffigen Detaillösungen auf. Egal, wofür man sich entscheidet, man benötigt in beiden Fällen das richtige Werkzeug – wie zum Beispiel eine CNC-Fräse.



Wer sich bislang noch nicht mit der Thematik beschäftigt hat, der findet im neuen **TRUCKS & Details CNC-Technik workbook** ein übersichtlich gegliedertes Kompendium, in dem unter anderem die Basics der Technik kleinschrittig und reich illustriert erläutert werden. Darüber hinaus stellen wir zwei Systeme ausführlich vor – eine Bausatzfräse von StepCraft sowie eine Table Top-CNC-Fräse für die Hobbywerkstatt. Abschließend wird anschaulich erläutert, wie man mit einer solchen Fräse arbeitet.



Doch nicht nur für Hobbyeinsteiger ist das **TRUCKS & Details CNC-Technik workbook** ein Must-Have. Auch erfahrene Modellbauer bekommen viele Anregungen und Tipps, wie zukünftige Projekte noch schneller und präziser gelingen. Nun wünschen wir Ihnen viel Freude bei der Lektüre.





# RC-TESTS

## Jederzeit & überall: Testberichte einzeln kaufen



### Modellsport-Wissen auf den Punkt

Im RC-Tests-Shop gibt es Testberichte führender Fachzeitschriften über Flug-, Heli- und Multikoptermodelle, über RC-Cars und Funktionsmodelle sowie Zubehörprodukte und Technischequipment.

- Ab 49 Cent pro Artikel
- Als PDF sofort verfügbar
- Alle Sparten, alle Hersteller
- Stetig wachsendes Angebot



# www.rc-tests.de



QR-Code scannen und die Website von RC-TESTS besuchen.

QR-Code scannen und die kostenlose RC-TESTS-App installieren.



das modeflugmagazin des österreichischen vers-cub

# Span(n)ende Sache

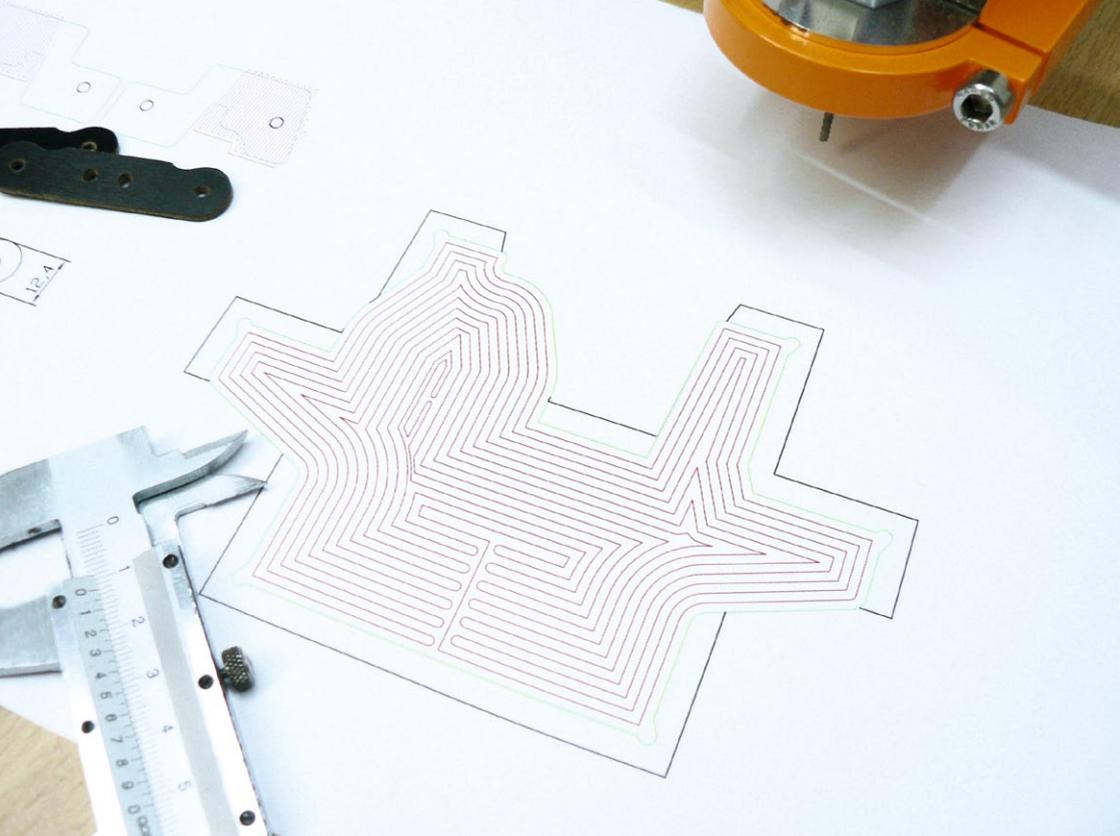
Was man über  
CNC-Maschinen  
wissen sollte

Die Nutzung von CNC-gesteuerten Maschinen ist aus vielen Bereichen des Modellbaus nicht mehr weg zu denken. Doch oftmals sind es Details, die den Unterschied ausmachen. Wer sich von Anfang an mit den Grundlagen der Technologie vertraut macht, hat es bei der Wahl der Maschine deutlich leichter.

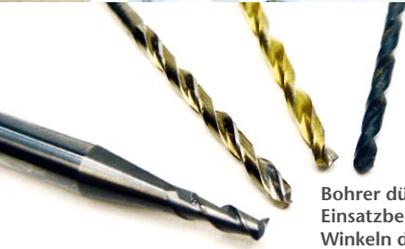
Von Robert Baumgarten







Je nach Software müssen plan zu fräsende Bereiche auch schon in der Zeichnungsebene mit passenden Verfahrenswegen versehen werden. Der Einsatz von farblich gekennzeichneten Layern erleichtert dabei den Überblick enorm



Bohrer dürfen natürlich nicht fehlen, wieder passend zum Einsatzbereich mit unterschiedlichen Beschichtungen und Winkeln der Spiralen zur optimierten Spanabfuhr

Die gern genutzte Werbeaussage, man könne mit einer Maschine sofort und quasi ohne Kenntnisse und mit sehr geringem Zeiteinsatz zu preiswerten und hochwertigen Teilen gelangen, ist ein Märchen. Wer gute Qualität erreichen möchte, muss dabei auch etwas Zeit in die Erstellung der Teile sowie in die clevere Auswahl der richtigen Maschine für den passenden Zweck investieren. Entschädigt wird man nach etwas Fleiß mit wirklich tollen

Bauteilen, die, je nach eigenem Anspruch und Qualität der genutzten Werkzeuge, tatsächlich sofort verwendet werden können.

## Die Qual der Wahl

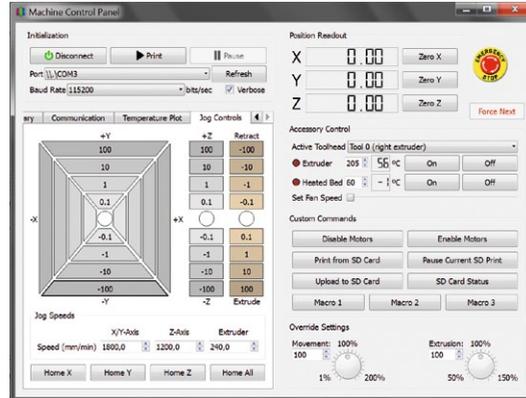
Zur Auswahl der Maschine sollte man schon genauere Vorstellungen vom Einsatzgebiet haben und natürlich etwas „Luft“ nach oben für Erweiterungen oder andere Materialien berücksichtigen. Die Basis einer jeden CNC-

Maschine ist die Wandlung von Daten aus dem PC in Befehle zur Ansteuerung von Schrittmotoren. Je mehr Achsen man bearbeiten möchte, desto komplizierter wird die Wandlung. Üblicherweise nutzen CNC-Maschinen im Modellbau zwei bis vier Achsen und decken damit Bereiche vom reinen Gravieren per Laser oder Plotten von Folien (zwei Achsen) über Fräsmaschinen (drei Achsen) bis hin zu komplexeren Bearbeitungszentren oder 3D-Druckern (drei bis vier Achsen) eigentlich alles Notwendige ab.

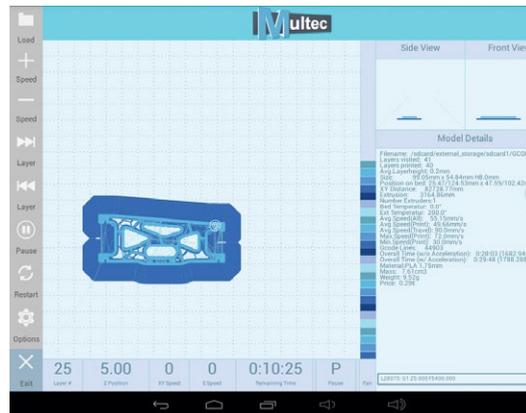
Die Daten müssen zunächst in einem CAD-Programm als 2D-Datei zum Plotten, Gravieren, Fräsen oder Lasern meist in Form einer Kontur samt Bohrungen vorliegen. Reine 3D-Dateien werden selbst beim 2.5D-Fräsen noch nicht zwingend benötigt und kommen erst zum Tragen, wenn es um den echten 3D-Druck von Teilen geht oder man an Industriemaschinen komplexe Fräsvorgänge durchführen möchte. Daher reichen in vielen Fällen einfache 2D-CAD-Programme völlig zur Erstellung der Daten aus. Wichtig ist hier eher eine genaue Eingabemöglichkeit der Daten und winkelgenaue Ausrichtung auf der Konstruktionsoberfläche am PC. Um den Einstieg zu erleichtern, sollte die Software über eine interaktive Hilfe verfügen und natürlich auf Deutsch vorliegen.

Neben sündhaft teuren Profi-Programmen wie Solidworks, Inventor, Autocad oder Catia gibt es eine Reihe von kleineren 3D-Programmen für teils deutlich unter 200,- Euro. Hierzu gehören Programme wie Via CAD 3D 9, Design CAD 3D Max V25 und mit Corel CAD gibt es im Bereich bis 1.000,- Euro ebenfalls eine sehr gut ausgestattete Variante, die vom Funktionsumfang weit in die Bereiche der Profisoftware reicht. Reine Grafiklösungen wie Corel Draw

werden immer noch gerne genutzt, sie stoßen aber schnell an ihre Grenzen und können die Daten mitunter auch nur in sehr wenigen Formaten ausgeben. Im Bereich 2D/3D-Konstruktion sind einige kostenlose Softwarepakete erhältlich, hier wären zum Beispiel Sketchup Make, Libre CAD oder Free CAD zu nennen.



Viele Maschinen ermöglichen über die Software eine Ansteuerung der Schrittmotoren an allen Achsen, beim hier gezeigten Simplify 3D sind sogar kleinste Bereiche von 0,1 mm an aufwärts machbar



Die Ansteuerung von 3D-Druckern erfolgt ähnlich der von anderen CNC-Maschinen, jedoch kommen hier Parameter wie die Hitzesteuerung des Druckkopfs und die Extrudergeschwindigkeit hinzu

Deren grundlegende Bedienung ist in der Regel innerhalb einiger Wochen gut erlernbar, zumal viele Programme eine recht umfangreiche Hilfefunktion enthalten.

## Variantenreich

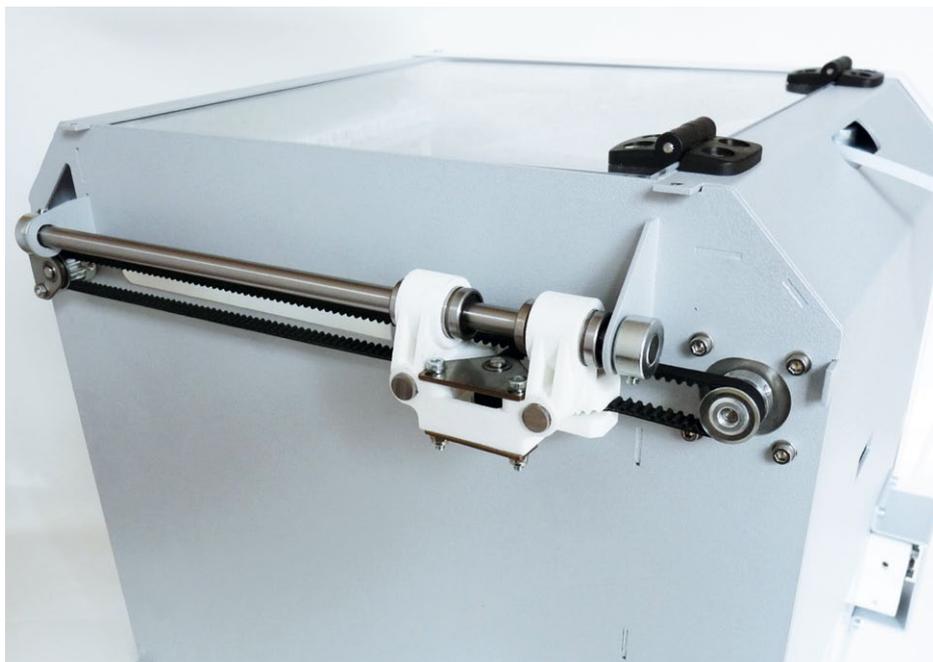
Die so erstellte Datei kann oftmals in mehreren Varianten gespeichert werden, gebräuchliche 2D-Formate wären zum Beispiel DWG, DXF, PLT oder HPGL. Angesichts der sehr vielfältigen CAM-Software-Varianten zur Vorbereitung auf die Verarbeitung und zur Abstimmung oder Wandlung auf die unterschiedlichsten Maschinensteuerungen sind diverse Formate immer willkommen, um bei Problemen weitere Lösungswege zu haben. Das sehr weit verbreitete DWG- (alternativ auch DXF-)Format wird von nahezu allen 2D-Programmen gelesen und die Formate OBJ, STEP oder STL stehen für die Weitergabe von 3D-Daten. Im Internet gibt es zahlreiche, teils kostenpflich-

tige Wandelprogramme. Diese ermöglichen die Adaption von Dateien aus den professionellen Systemen wie etwa SLDPRT-Dateien aus Solidworks oder CATIAPART-Dateien aus dem gleichnamigen System.

Mit einer CAM-Software kann man Fehler wie doppelte Linien aus der Zeichnung holen, beziehungsweise diese nach einer Anpassung der Konturlinie an den Fräserdurchmesser auch in andere Formate wandeln. Hier sei exemplarisch für den 2D-Bereich das sehr bekannte und kostenlose BoCNC genannt, womit sich problemlos Richtungsvektoren ändern lassen oder eine Angleichung der Layerfarbe an den genutzten Frässtift durchgeführt werden kann. Beim Modellbau werden üblicherweise eher einzelne Teile als ganze Chargen gefertigt. Wer aber dennoch den Platz auf einer zu fräsenden Platte optimal nutzen möchte, kann seine Teile auch über die CAD- oder CAM-Software



Das zum Betrieb der Maschine benötigte Werkzeug sollte man auch direkt in der Nähe unterbringen. Dazu sind Werkstattwagen oder Holzboards gut geeignet, um einen raschen Arbeitsablauf zu ermöglichen



Einfachere CNC-Maschinen nutzen eine simplere Linearführung. Diese sind meistens zwar nicht für hohe Belastungen ausgelegt, dafür aber sehr auf Geschwindigkeit optimiert

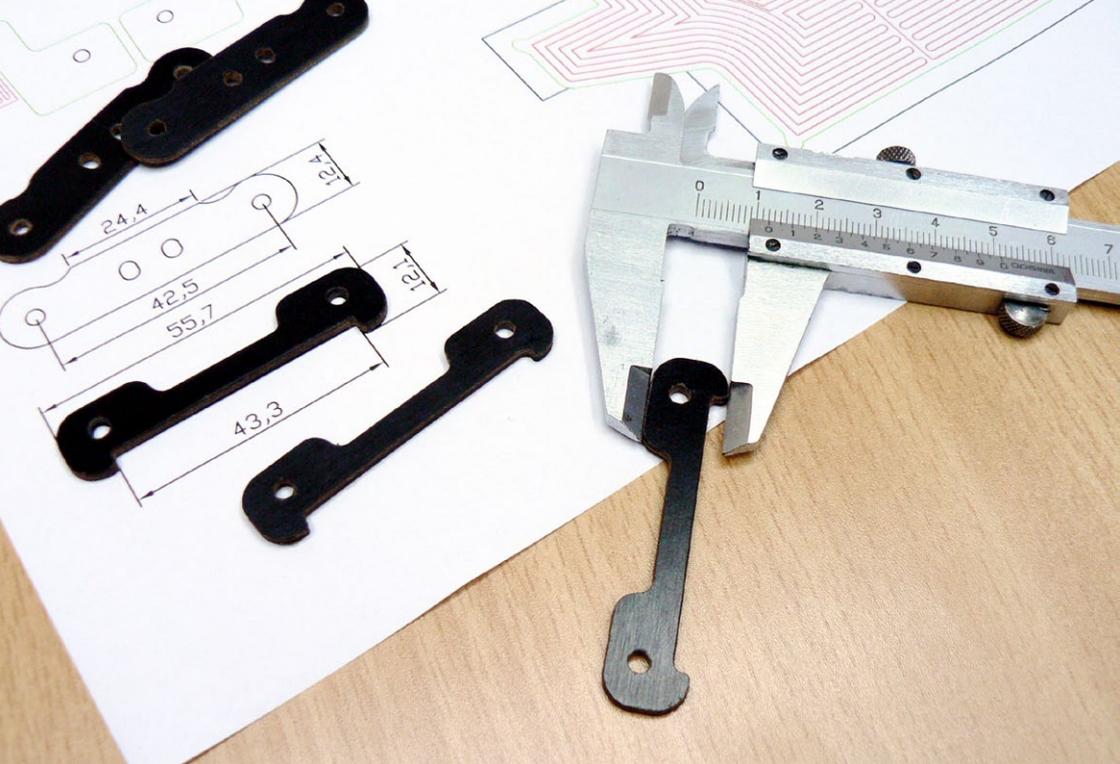
verschachteln. Ausgereifte Software zum raschen Schachteln von Teilen (das sogenannte Nesting) gibt es leider noch nicht im bezahlbaren oder gar kostenfreien Bereich. Neueste Profi Software wie Sigmanest kann das Nesting sogar mit 3D-Bauteilen machen, um den Bauraum eines 3D-SLS-Druckers optimal zu nutzen – das kostet allerdings so viel wie ein gutes Mittelklasseauto.

## Zusammenspiel

Nachdem die Datei mittels CAM-Software auch von nicht geschlossenen Konturen oder anderen kleinen Fehlern befreit wurde, gilt es, vor dem eigentlichen Arbeitsschritt die Steuersoftware auf die Maschine abzustimmen. Üblicherweise ist die Abstimmung zwischen Soft- und Hardware ein wichtiger

und gerade zu Anfang mitunter mit viel Arbeit behafteter Teil. Die Maschine soll die Datei später zu einem maßhaltigen Teil formen und bedient sich daher je nach Komplexität der Steuersoftware etlicher Parameter, um zum Beispiel das Umkehrspiel der Achsen auf null stellen zu können oder die Laufrichtung an die Drehrichtung des Frässtifts anzupassen. Eine bezahlbare und dennoch sehr übersichtliche Software zur 2D-Ansteuerung einer Maschine stellt Win PC NC dar.

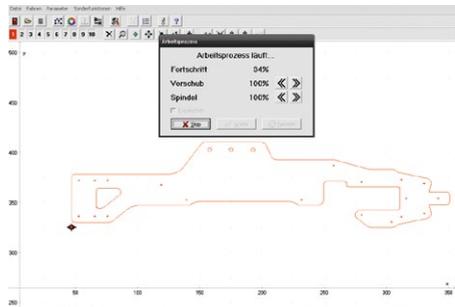
Wer überwiegend 3D-Teile bearbeiten möchte, kann Slicer, Skeinforge, Simplify oder CNCDrive in die engere Wahl fassen. Letzteres Programm übernimmt die Steuerung der Maschine (auch bei älteren, da über Parallelport), wobei die restliche Software



Maßhaltigkeit ist natürlich eine Grundvoraussetzung für das Gelingen des Projekts. Daher sollte man zunächst Probefräsungen in preiswertem Material durchführen

eher der Vorbereitung dient. Die Hardware besteht generell aus einer Steuerplatine für die Schrittmotoren, eventuell dem einen oder anderen Sensor und der Maschinenmechanik samt Schrittmotoren. Die Mechanik lässt sich im Modellbau grob in den Bereich für leichte und schnelle Bearbeitung sowie langsamere, dafür aber kraftvollere Bearbeitung unterteilen. Erstere nutzt oftmals Riemenantriebe zur Kraftübertragung und ermöglicht dadurch leichte Konstruktionen und sorgt damit für sehr hohe Verfahrgeschwindigkeiten.

Die Haltekräfte und die übertragbaren Querkkräfte sind bei derartigen Konstruktionen häufig nicht für den Fräsbetrieb geeignet – erst

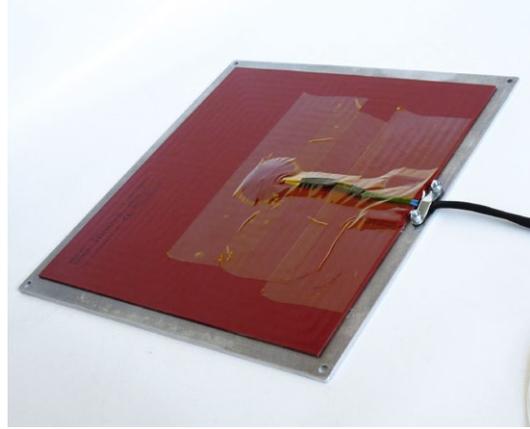


Eine gute Maschinensteuersoftware wie Win PC NC zeigt beim Bearbeiten (oder als Simulation) den Bearbeitungsstand anhand einer Einblendung in der Skizze an

recht nicht in härteren Materialien wie Stahl oder Titan. Diese Technik sorgt aber bei vielen FFF/FDM 3D-Druckern für einen halbwegs schnellen und dennoch sehr präzisen Aufbau des Objekts aus diversen Kunststoffschichten. Beim Einsatz von robusteren Antrieben

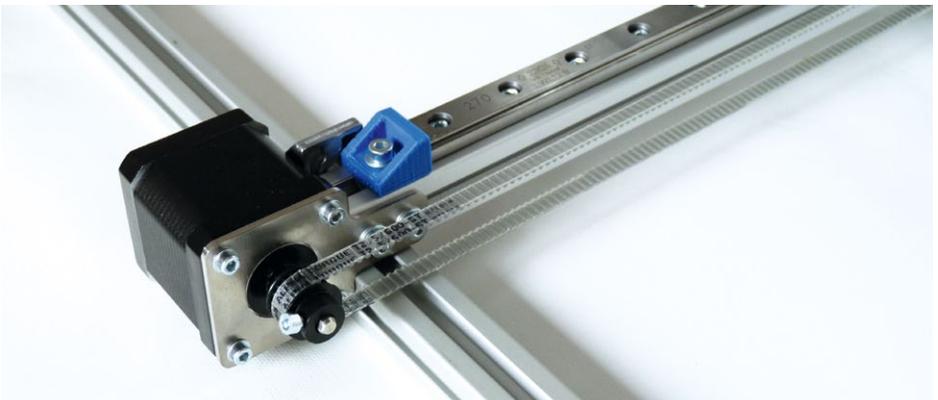
auf Basis einer Trapezgewindespindel und mittels Lagerung auf Linearschienen lassen sich zusammen mit einem bulligeren Gehäuse deutlich höhere Kräfte übertragen. Dies setzt natürlich eine spielfreie, leichtgängige und stabile Grundkonstruktion voraus – einige Gründe, wieso eine Fräse generell deutlich schwerer und bulliger ist als viele andere Maschinen. Hierbei sind die Dauerbelastbarkeit der Motorendstufen und die Größe der Schrittmotoren entscheidend dafür, ob der Fräsvorgang in dickerem Material auch über einen längeren Zeitraum ohne Überhitzungsprobleme abläuft. Ferner spielen die genutzten Materialien, die Fertigungstoleranzen und die Gestaltung der Achsenlagerung und Führung eine große Rolle bei der Langzeitstabilität der Maschine. Es lohnt sich also, im Zweifelsfall immer die etwas bulligeren Bauteile auszuwählen, um dann später auch genügend Reserven zu haben.

Ein weiterer Punkt ist die Wahl der Datenübertragung, ältere Parallelanschlüsse erfordern eine sehr genaue RTC-Taktung (Echtzeituhr unter Windows), genau hier patzt Windows aber



Im FFF/FDM 3D-Druckbereich kommen immer öfter Heizplatten zum Einsatz, um die Haftung des Kunststoffes auf der Druckfläche zu erhöhen

nicht selten. Die mittlerweile veralteten Betriebssysteme 98, 2000, ME oder XP gaben hier mitunter nach einiger Zeit eine fehlerhafte Taktung aus, was den Bearbeitungsvorgang unterbrach, beziehungsweise zu massiven Schrittverlusten und zerstörten Teilen führte. Besser ist daher die zeitgemäße Steuerung via USB-Schnittstelle mit integrierter Taktung, um derartige Fehler komplett zu umgehen. Generell sollte man an einem PC zur Maschinensteuerung auch alle Bildschirmschoner oder sonstige Energiesparmodi abschalten, um Unterbrechungen



Eine eher im Bereich 3D-Druck zu findende Lösung ist die Kraftübertragung via Riemenantrieb. Da weniger und vor allem leichtere Teile zur Übertragung benötigt werden, lassen sich sehr hohe Verfahrgeschwindigkeiten realisieren

zu verhindern. Oftmals reicht zur Ansteuerung der CNC-Maschine ein älterer PC völlig aus, wohingegen vor allem im 3D-Bereich bei komplexeren Programmen sehr schnell wirklich leistungsstarke Hardware zum Einsatz kommen muss, um flüssig arbeiten zu können.

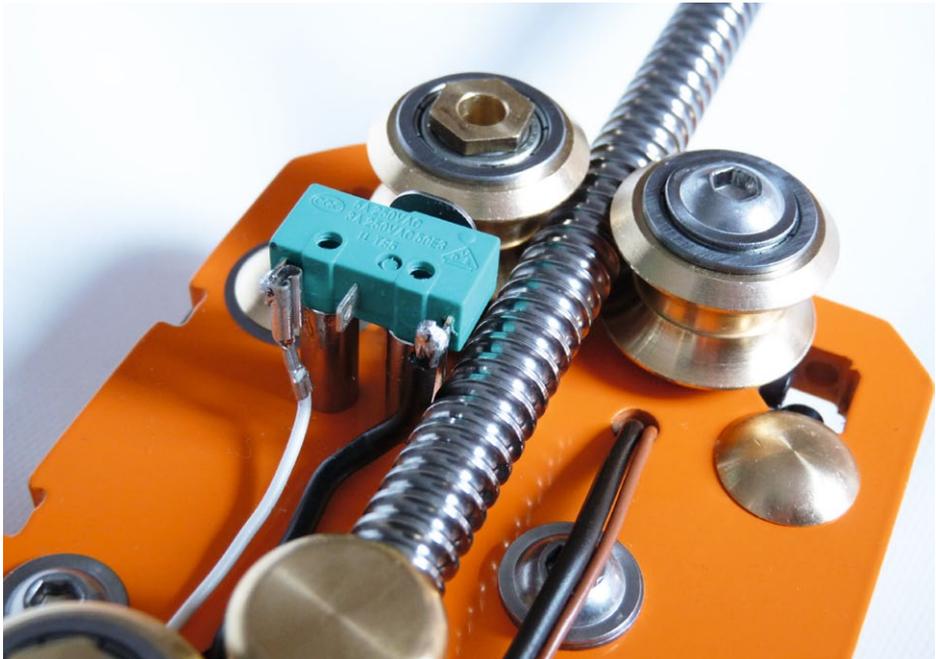
## Sinnvolles Zubehör

Neben der Konstruktionsweise der CNC-Maschine sowie der mitgelieferten oder optional hinzugefügten Software rücken immer öfter Details wie optionale Werkzeugwechsler, Absaugeinheiten oder andere Ausbaustufen in den Fokus und beeinflussen die Entscheidung bei der Anschaffung mitunter recht stark. Zum Absaugen des teilweise beim Bearbeiten entstehenden Staubs ist eine möglichst simpel zu montierende Absaughalterung für den Einsatz



Bei einem Gewindespindeltrieb ist das Material der Mitnehmermutter ausschlaggebend für die lange Haltbarkeit

eines Staubsaugers eine clevere Sache – eine Atemmaske mit FFP3-Filter sollte dann natürlich ebenfalls zur Grundausrüstung gehören. Die in einigen Fällen angebotenen Absaugeinheiten unterscheiden sich in der Einfachheit



Die (Quer-)Kräfte sind bei reinen CNC-Fräsmaschinen natürlich höher, daher ist der Einsatz von Gewindespindeln in Kombination mit einer linearen Führungsschiene das optimale Mittel, um Spielarmut, geringen Verschleiß und hohe Kräfte unter einen Hut zu bringen



Die Kabel lassen sich in Schläuchen führen, von Nachteil ist das schlechte Herankommen an die Kabel im Schadensfall. Besser wären hier Schleppketten die sich auch nachträglich noch öffnen lassen, um in gewissen Grenzen Änderungen vornehmen zu können

der Anwendung und im Wirkungsgrad teils erheblich, in seltenen Fällen lassen sich solche optionalen Teile sogar innerhalb verschiedener Geräteserien austauschen und können so auch bei einem Upgrade auf eine größere Maschine weiterhin genutzt werden.

Beim Zerspanen von Holz ist eine Absaugung immer hilfreich, wenn auch das Entstehen von Staub nicht völlig unterbunden werden kann. Dies ist aber bei gesundheitsschädigenden Stoffen wie CFK oder GFK absolut nötig. Wer also vorhat, seine Maschine später auch zum Fräsen von CFK/GFK zu nutzen, sollte sich nach passenden Möglichkeiten der Integration eines Wasserbeckens umschauen. Nur mit dieser aufwändigen Maßnahme kann der Staub komplett unterbunden werden und zugleich wird die Standzeit des Frässtifts deutlich erhöht. Sinnvolle Zubehörteile können mitunter richtig Geld kosten und sollten daher unbedingt bei der Anschaffung mit berücksichtigt werden, dies gilt auch, wenn die Ausbaustufen erst später hinzukommen sollen. Nur bedingt lässt sich dieser Punkt allerdings auf 3D-Drucker übertragen, denn das eine oder andere Zubehörteil, wie zum Beispiel spezielle Halterungen oder Umbauten am Gerät, lassen sich durchaus auf der Maschine selbst herstellen.

▼ Anzeige



## FÜR DEN FEINEN JOB GIBT ES DIE RICHTIGEN GERÄTE

**Feinfräse FF 500/BL-CNC. Präzision mit hoher Wiederholgenauigkeit - vielseitig einsetzbar für Einzelteil- und Kleinserienfertigung.**

Große Verfahrenwege: X-Achse ca. 290 mm, Y-Achse ca. 100 mm, Z-Achse ca. 200 mm. Komplett mit Kugelumlaufspindeln, kräftigen Schrittmotoren für den Antrieb von Kreuztisch und Fräskopf sowie CNC-Steuereinheit und WINDOWS®-kompatibler Software. Einfache Installation und Programmierung. Aufstellfläche 370 x 350 mm, Tisch 400 x 125 mm, Gesamthöhe ca. 780 mm. Gewicht ca. 47 kg.

FF 500/BL-CNC



Von PROXXON ist auch das Drehmaschinen-System PD 400 als CNC-Version erhältlich! Komplett mit Kugelumlaufspindeln, Schrittmotoren, CNC-Steuereinheit und Software.

**Bitte fragen Sie uns.  
Prospekt kommt kostenlos.**

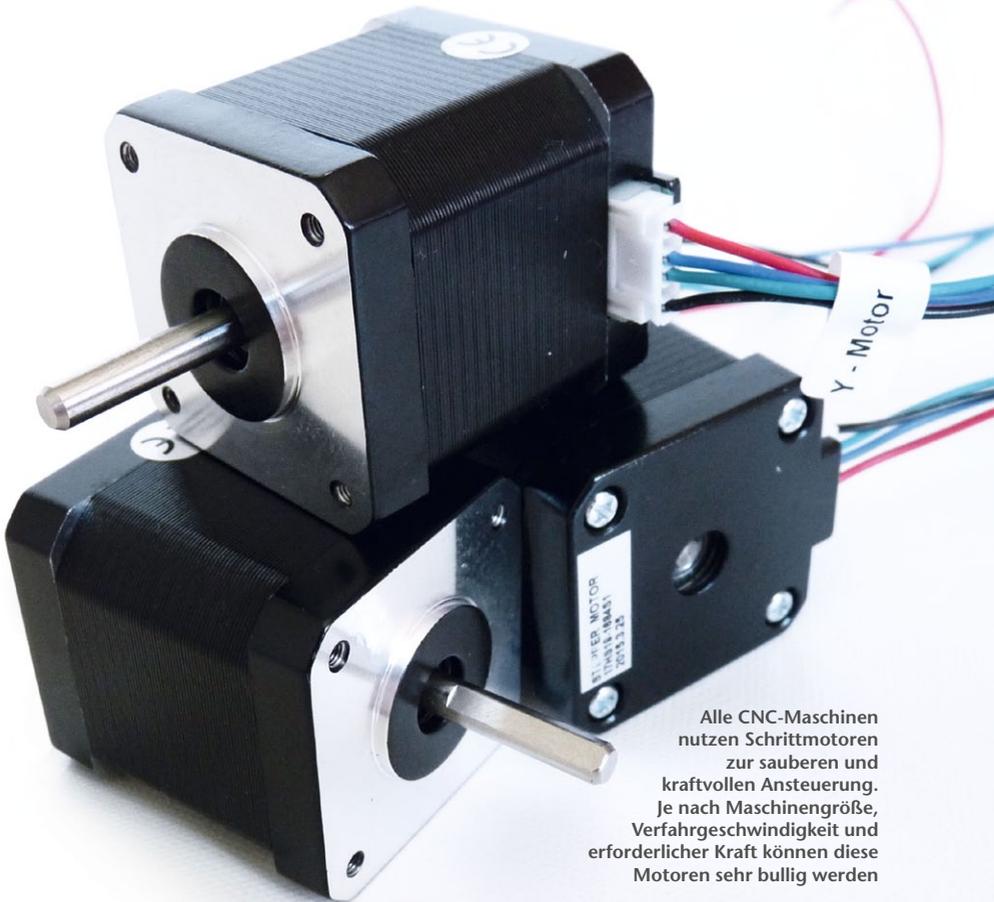
**PROXXON**

— [www.proxxon.com](http://www.proxxon.com) —

PROXXON GmbH - D-54343 Föhren - A-4210 Unterweisersdorf

Andere Optionen wären Heizbetten oder spezielle Zweifach-Druckköpfe – einige Hersteller ermöglichen auch später keine Updates auf derlei Ausrüstung, da das Gerät dies schlicht nicht unterstützt. Um möglichst viele Informationen über eine betreffende Maschine über Internetforen oder Datenbanken zu bekommen, sollte man auch einen Blick auf die Verbreitung der geplanten CNC-Maschine werfen. Eine exotische Maschine ohne deutschsprachige Anleitung oder gar ohne Vertrieb innerhalb der EU kann einen rasch vor unlösbare oder zumindest kostenintensive Probleme stellen. Je mehr Infos zu einer Maschine oder

Software im Internet verfügbar sind, desto höher ist zudem die Wahrscheinlichkeit, dass einem bei einem speziellen Problem mit Tipps und sogar mit speziellen Teilesätzen geholfen werden kann. Eine exakte Vorbereitung ist beim Einstieg in die CNC-Welt extrem wichtig. Dies ermöglicht zwar auch keine tollen Ergebnisse innerhalb von Stunden oder gar Minuten, wohl aber innerhalb von wenigen Wochen. Zudem lässt sich bei einer guten Planung auch in Zukunft etliches aus einer guten Maschine heraus holen – der vermeintlich höhere Anschaffungspreis wird dadurch ohnehin mehr als wettgemacht.



Alle CNC-Maschinen nutzen Schrittmotoren zur sauberen und kraftvollen Ansteuerung. Je nach Maschinengröße, Verfahrensgeschwindigkeit und erforderlicher Kraft können diese Motoren sehr bullig werden

# JETZT DOWNLOADEN

Entdecke, was möglich ist

ALLE 2 MONATE NEU!

AUSGABE 03/2016  
PREIS: 2,99 EURO

**rcdrones**  
www.rc-drones.de

AUSGEMESSEN: Was man unter 3D-Mapping versteht

PROFI-RACER: Das kann der Horizon-Racer Blade Vortex

MULTITALENT: So vielseitig ist der Hornet S von Drohnenstore24

KOOPERATION: DJI und Hasselblad stellen Highend-Luftbild-System vor

100.000 STIMMEN!  
Wichtiger Meilenstein erreicht

HÄNDE W. VON MEINEM HOBBY  
PRO MODELLFLUG  
www.pro-modellflug.de

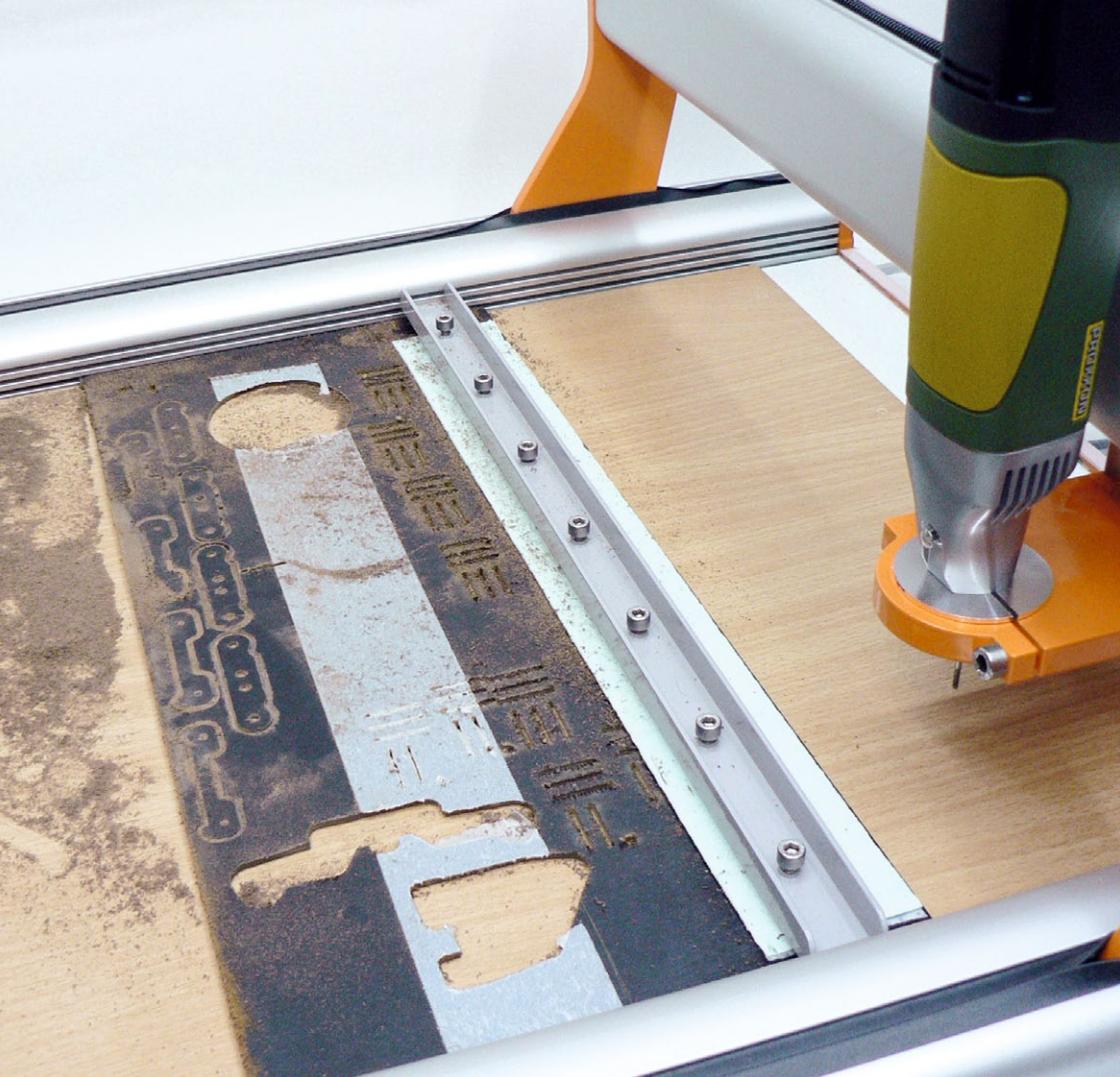
**YUNEEC TYPHOON H  
& DJI PHANTOM 4  
FLAGGSCHIFFE  
IM TEST**

Jetzt in der eigenen App  
  
www.rc-drones.de

DAS DIGITALE MAGAZIN – JETZT ERLEBEN

**rcdrones**

Weitere Informationen unter [www.rc-drones.de](http://www.rc-drones.de)



# Wo gefräst wird, fallen Späne

Bausatz-Fräse von Stepcraft

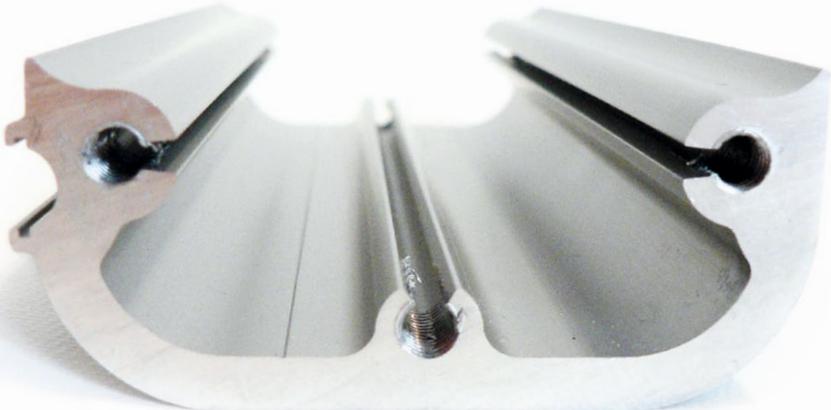
Wer seine eigenen Modelle konstruieren und bauen möchte, kommt zuweilen um adäquate Maschinen nicht herum. Eine kleine CNC-Fräse steht daher bei vielen oben auf der Wunschliste. Die Firma Stepcraft schickt sich nun an, diese Wünsche schon für vergleichsweise kleines Geld zu ermöglichen und bietet das hauseigene CNC-System auch als Bausatz an.

Die CNC-Systeme von Stepcraft verfolgen einen spannenden Ansatz: Wer seine Maschine selbst zusammenbaut, spart nicht nur eine Menge Geld, sondern kennt sich bestens mit den Komponenten aus. So kann man schneller auf Fehler reagieren oder auch eigene Optimierungen und Anpassungen vornehmen. Daher gibt es alle Vertreter dieses CNC-Systems grundsätzlich in zwei Versionen, zum einen als Bausatz und zum anderen als Fertigmaschine. Zur Wahl stehen hier Systeme mit unterschiedlichen Flächen für das Aufspannen von Material, beginnend bei 222 × 380 Millimeter



Trotz dicker Pulverlackbeschichtung ist die Exaktheit aller Teile extrem hoch. Es musste nichts bearbeitet werden. Dies führt zu einem geringen Spiel in der gesamten Maschine und trägt zur hohen Genauigkeit der später produzierten Teile bei

(mm) bei der Stepcraft 300. Wer größere Teile fertigen möchte, kann zur Stepcraft 420 oder sogar zur Stepcraft 600 mit einer Fläche von bis zu 432 × 680 mm greifen. Eine Sonderstellung nimmt die 600 SF ein, denn diese verfügt zwar über dieselbe Länge wie die 600er, nutzt aber wie die kleine 300er-Version nur die Breite von maximal 222 mm. Bedingt durch die speziellen Seitenprofile ist die maximal nutzbare



Die inneren seitlichen Rundungen des speziellen Strangprofils ermöglicht den Rollen eine reibungsarme Führung der Achsen. Zudem sorgt das bullige Design mit integrierten Kabelführungen für eine verwindungssteife Maschine

Die Spannhalsaufnahme beträgt 43 Millimeter im Durchmesser und kann daher mit einer Vielzahl an Fräsmotoren und anderen Zubehörteilen ausgestattet werden. Optional kann an dieser Platte auch eine Halterung zur Staubabsaugung befestigt werden



Fläche entlang der Seitenteile zwar jeweils etwas geringer, dennoch bleibt in jedem Fall viel Raum für das Bearbeiten der eigenen Teile. Die Höhenachse (Z-Achse) ermöglicht bei allen Maschinenvarianten Verfahrswege von 80 mm. Die generellen technischen Merkmale sind bei den Baukästen und Fertigungsmaschinen vollkommen gleich, dennoch sollte man den Zusammenbau nicht zu sehr auf die leichte Schulter nehmen und genügend Zeit einplanen.

Die Maschine dankt den sehr sauberen Zusammenbau mit einer kompletten Spielfreiheit aller Achsen und einem sehr geringen Verschleiß, da alles vorbildlich leichtgängig ist. Geliefert wird die Maschine jeweils inklusive einer Ansteuerplatine, den benötigten Schrittmotoren und einem Netzteil samt komplettem Kabelsatz. Die Ausführungen zum Betrieb an der parallelen Schnittstelle verfügen über keine Software. Bei der USB-Variante liegt hingegen eine reduzierte Version von WINPC-NC bei. Hiermit erhält man alles, um sofort nach der Fertigstellung mit dem Bearbeiten von Teilen loslegen zu können.

## Solide Basis

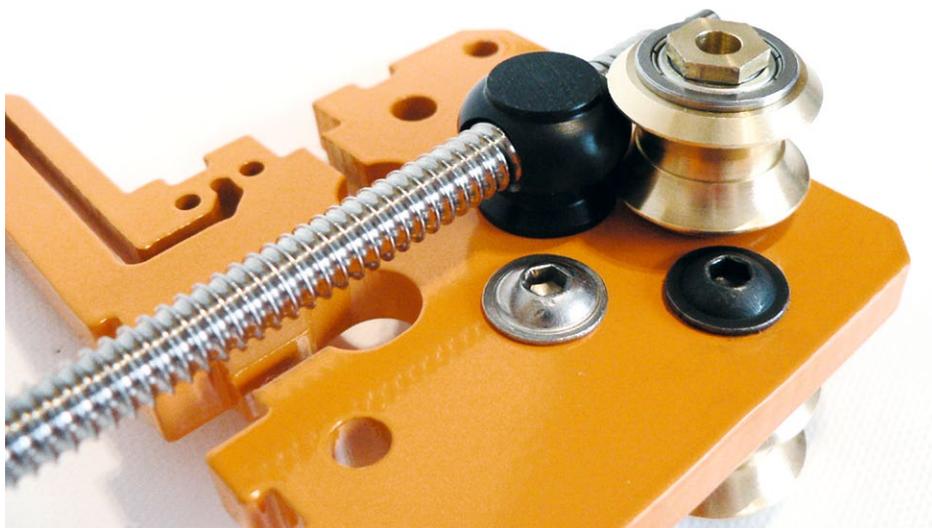
Da die Grundkonstruktion immer aus denselben Profilen aus dickem Aluminium besteht und viele Teile damit direkt zwischen den verschiedenen Größen der Maschinen austauschbar sind, sollte man sich im Klaren sein, dass die größere Maschine auch etwas mehr nachgeben könnte. Der Rahmen erwies sich allerdings schon beim Zusammenbau als sehr steif sowie erstaunlich leicht und später stellten selbst Fräsarbeiten in hochfester Kohlefaser die Maschine nicht vor unlösbare Probleme. Daher sollte die Wahl der richtigen Maschine vor allem von der maximal zu bearbeitenden Teilegröße abhängen, wobei man mit diagonal platzierten Teilen aus jeder Maschine passable Größen herausholen kann. Die mit 3D-CAD-Bildern versehene deutschsprachige Anleitung beschreibt den Zusammenbau in deutlich gekennzeichneten Einzelschritten.

Die Maschine besteht aus solidem, stranggepresstem Aluminium, welches anschließend eloxiert wurde. Die für Stepcraft charakteristi-



Die Rundgewindespindeln sind sehr präzise gefertigt und verfügen an den Enden jeweils über eine Ausfräsung zur Arretierung der Madenschrauben des Antriebs. Vor dem Zusammenbau sollte der Übergang der Spindel zum Schaft auf überstehende Grate kontrolliert werden, um eine Beschädigung der Spindelmutter zu verhindern

schen orangen Aluteile sind mit 8 mm ebenfalls sehr dick und zudem von einer Pulverlack-schicht geschützt. Die zur Führung genutzten Teile bestehen allesamt aus sehr präzise verarbeitetem Messing und ermöglichen über eine in die Halteplatten integrierte Schraube das spätere Einstellen der Vorschubkraft der drei Achsen. Alle Bauteile werden mittels hochfester Inbusschrauben sicher miteinander befestigt – die für den Zusammenbau benötigten Werkzeuge sind daher in jeder halbwegs gut ausgestatteten „Bastlerkiste“ ohne Probleme zu finden. Bei der Montage gilt es vor allem bei den Motoren auf die korrekte Zuordnung zu achten, denn ansonsten wäre die spätere Verkabelung nicht mehr möglich und eine zeitraubende Demontage etlicher Baugruppen notwendig. Dies und andere wichtige Punkte sind aber klar in der Anleitung beschrieben, selbstverständlich zusammen mit der elektrischen Verkabelung der Endlagenschalter oder der Hauptplatine.



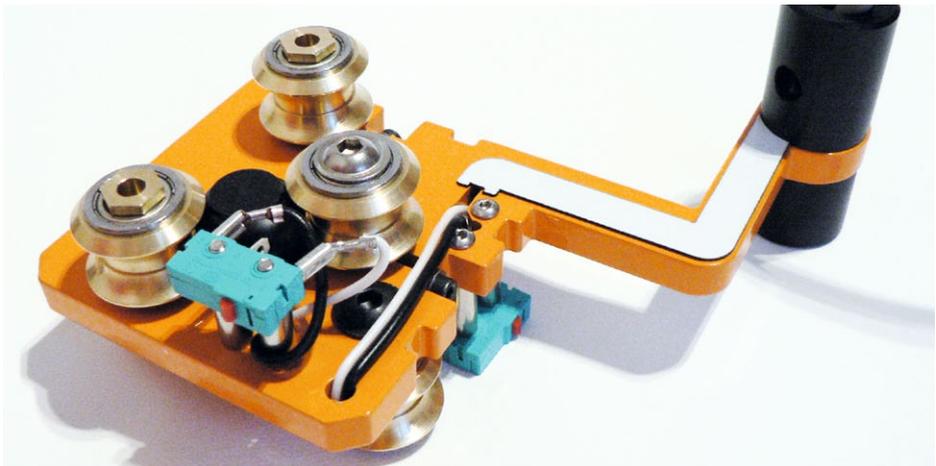
Die Spindelführung folgt an allen Achsen demselben Prinzip, denn die Lagerung der jeweiligen Achse erfolgt immer über eine aus drei Messingrollen bestehende Konstruktion. Eine der drei Rollen ist verstellbar gelagert und ermöglicht eine Einstellung des Spiels

## Abweichung

Dennoch sollte man an der einen oder anderen Stelle etwas abweichen, um eine einfachere Montage zu ermöglichen. Dies gilt vor allem für die Stellen, bei denen die Spindeln zunächst am Schrittmotor und dann in die passende Kunststoffmutter eingeschraubt werden müssen. Hier hat es sich bewährt, dies genau in umgekehrter Reihenfolge zu erledigen, da ein Verkanten der Spindel die Mutter beschädigen könnte und auf diese Weise auch das Eindrehen erleichtert wird. Anschließend kann die Montage des Motors deutlich einfacher erledigt werden, ohne je etwas beschädigen oder dejustieren zu können. Generell ist eine sehr saubere und penible Arbeitsweise vonnöten, denn dies hat später direkten Einfluss auf die Genauigkeit und das Verschleißverhalten. Die Maschine verfügt an allen wesentlichen Stellen über solide und bullige Industriekugellager, welche sehr passgenau in die Messingdrehteile gedrückt werden. Die Montage der Hauptplatte der Y- und Z-Achse mit jeweils drei Führungsrädern und einer Spindelmutter pro



Die Montage beginnt mit der Z-Achse und erstreckt sich von da aus nach und nach über die X- und zuletzt über die Y-Achse, wobei in allen Fällen auf die Leichtgängigkeit aller Teile geachtet werden muss. Hier erfolgen die Montage des Motors und das Aufsetzen der Halteplatte erst nach dem Einsetzen der Gewindespindel



Das Verlegen der Kabel sollte mit Feingefühl und etlichen Tests erfolgen, um sicher zu stellen, dass nirgendwo ein Kabel eingeklemmt oder aufgescheuert werden kann. Die beiden grünen Endlagenschalter dienen bei der Referenzfahrt der exakten Bestimmung des Nullpunkts



Die Konstruktion zur spielfreien Lagerung und Führung der Spindel sowie des Bauteils im Aluprofil ist an allen Stellen ähnlich und erfordert eine saubere Justierung der Verschiebekräfte – die abgebildete Anleitung hilft hier jederzeit weiter

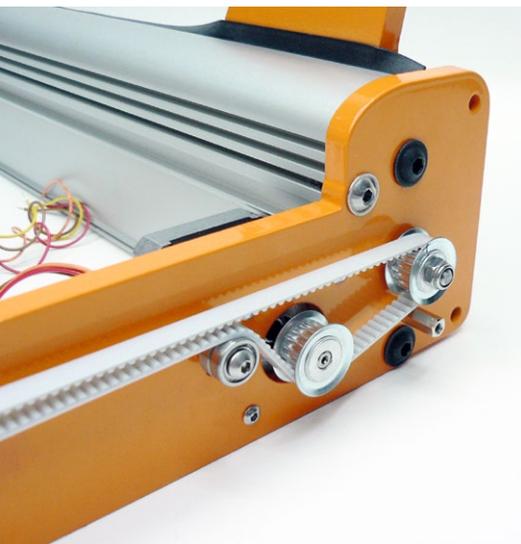
Seite der Aluplatte ist etwas knifflig, wenn man allerdings zunächst alle Teile nur lose montiert und dann der Reihe nach anzieht, passt alles ohne Probleme.

Die Materialqualität und die saubere Verarbeitung der Einzelteile ermöglichen einen verzögerungsfreien Aufbau, wobei einzig die Justierung des Spiels der Rollenführung etwas knifflig ist. In der Anleitung wird eine Schubkraft von einem Kilogramm für die jeweiligen Achsen vorgegeben (bei der Y-Achse gilt dies für die beiden Portalseiten zusammen). Dies kann aber recht einfach vor dem Einsetzen des Motors und der Spindel unter Zuhilfenahme einer Küchenwaage geschehen. Dazu sind die auf den drei Rollen gelagerten Elemente so auszurichten, dass man diese mit der Oberseite der Waage verschieben kann. Nun muss die für die Spieleinstellung zuständige Schraube so lange justiert werden, bis die Waage beim

kontinuierlichen Verschieben in etwa ein Kilogramm anzeigt. Auch das Ausrichten der Portalseitenteile erfordert etwas Akribie, da eine ungleiche Ausrichtung zu erhöhtem Verschleiß der Spindelmuttern führen würde. Die Portalseitenteile werden anschließend durch einen langen Riemen miteinander und mit dem Schrittmotor verbunden. Die Riemenspannung sollte nicht zu fest eingestellt werden, jedoch darf der Riemen in keinem Fall überspringen, da dann ebenfalls die Spindelmuttern in den Seitenteilen gefährdet wären, da diese dann ungleichmäßig laufen würden. Zu guter Letzt widmet sich die Anleitung der Kabelverlegung und dem Anschluss der drei Motoren, der Endlagenschalter sowie des Not-Aus-Tasters. Letzterer ermöglicht einen sofortigen Stopp der Maschine, was allerdings zum Verlust des Bauteils führt, da nicht wieder an der letzten Stelle gestartet



Die schnörkellose Konstruktion ermöglicht einen schnellen Wechsel der Bauteile, sollte im Laufe der Zeit irgendwo übermäßiges Spiel auftreten. Gut zu erkennen ist auch die direkte Verbindung der Motorwelle und der Spindel über ein Messingdrehteil



Der Riemen verbindet den Motor der Y-Achse mit den beiden Portalseiten und wird von einer Stahlblechabdeckung vor Schmutz geschützt. Gut zu erkennen ist auch der Riemenspanner, dessen Spannung allerdings nicht zu hoch sein sollte (zu hoch abgebildet), da sich sonst die Zähne des Riemens behindern können

werden kann. Die Steuerplatine hat im Bereich der Anschlüsse passende Markierungen und ermöglicht auch den Anschluss des einen oder anderen Zubehörs.

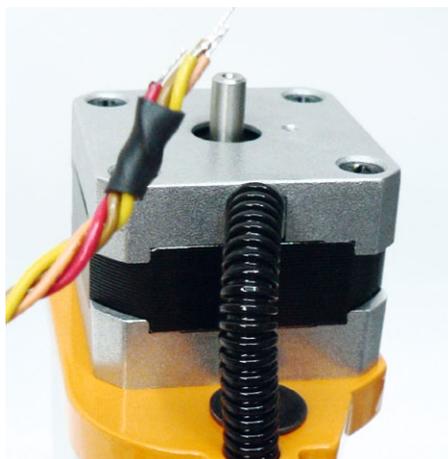
## Voraussetzungen

Zu behaupten, diese Maschine wäre auch ohne vorherige CAD/CAM-Kenntnisse sehr schnell und einfach zu benutzen, wäre irreführend. Aber gerade der auf das Wesentliche reduzierte Funktionsumfang der WINPC-NC-Starter-Software soll Fehler verhindern und für eine schnelle Einarbeitung sorgen. Die Software ermöglicht allerdings lediglich die Ausgabe einer bereits vorbereiteten Datei. Deren Erstellung sollte natürlich sauber mit einem CAD-Programm erfolgen. Generell reicht zum Betrieb des CNC-Systems ein eher

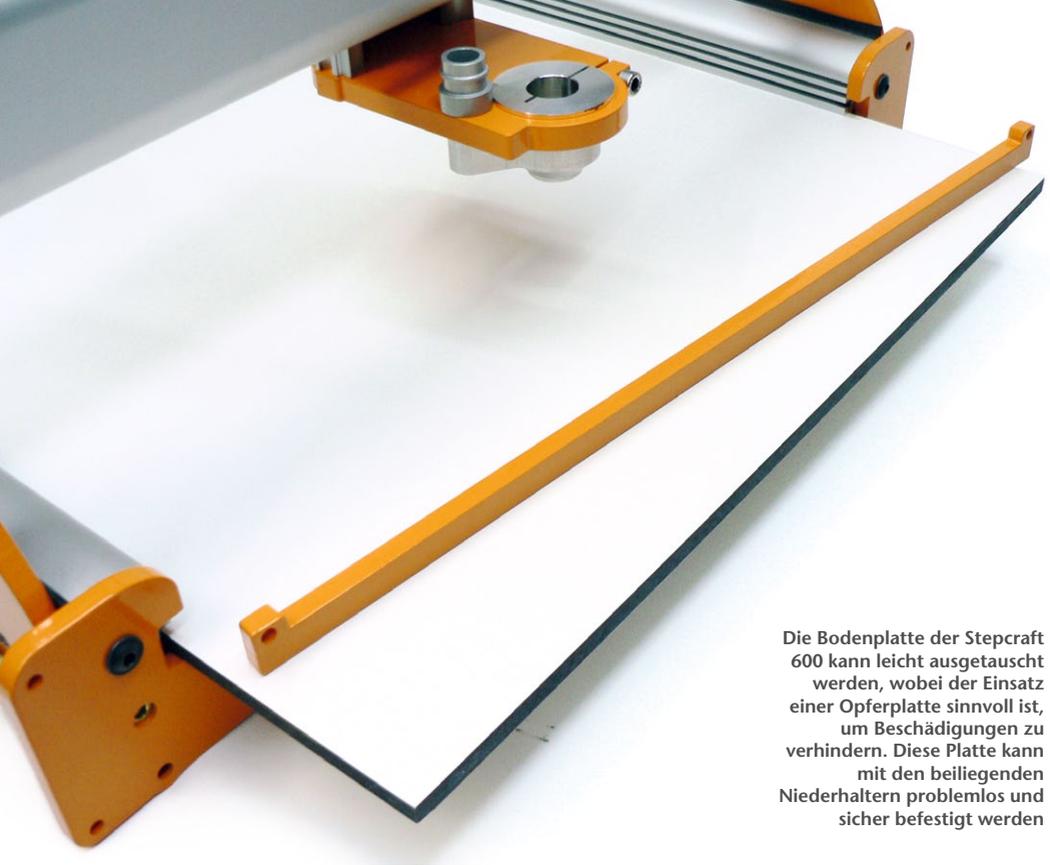
## TECHNISCHE DATEN STEPCRAFT 600

Stepcraft 600ker); **Breite:** 554 mm; **Höhe:** 285 mm; **Gewicht:** ca. 15,2 kg; **max. Aufspannfläche:** 432 x 680 mm; **max. Arbeitsraum:** 420 x 600 x 80 mm; **Stromanschluss:** 230-Volt-Netzteil über Eurostecker; **PC-Anschluss:** wahlweise Parallel oder USB; **weitere Anschlüsse:** Längentaster, Fräsmotor, Ein-aus-Steuerbox

gemächlicher PC ab 1 Gigahertz-Taktfrequenz und mit einer 20 bis 30 GB großen Festplatte samt Windows XP vollkommen aus. Wer die Konstruktion und die Vorbereitung der Datei ebenfalls auf diesem Rechner erledigen möchte, sollte die Werte in etwa verdoppeln, um flüssiger arbeiten zu können. Der Einsatz unter 64bit-Systemen (ab Windows 7 und 8 sowie 8.1) kann zu Problemen mit der einen oder anderen CAD/CAM-Software führen.



Zur besseren Identifikation der Motoranschlusskabel sollten diese vorher mit einer unterschiedlichen Anzahl an Ringen aus Schrumpfschlauch eindeutig gekennzeichnet werden, da alle vier Aderfarben jeweils dreimal vorhanden sind



Die Bodenplatte der Stepcraft 600 kann leicht ausgetauscht werden, wobei der Einsatz einer Opferplatte sinnvoll ist, um Beschädigungen zu verhindern. Diese Platte kann mit den beiliegenden Niederhaltern problemlos und sicher befestigt werden

Diese traten im Test allerdings nicht auf und sind mitunter auch stark von der eingesetzten Hardware und deren Treibern abhängig. Am einfachsten ist die Konstruktion in einem CAD-Programm, denn die dabei entstehende Datei kann ohne Probleme in das für derartige Maschinen gebräuchliche HPGL-Format gewandelt werden. Doch selbst Zeichenprogramme wie Corel Draw oder Inkscape können genutzt werden, wobei hier leicht doppelte Linien oder ungenaue Bohrungen entstehen können. Solche Fehler schleichen sich aber mitunter selbst beim Einsatz von CAD-Software in die HPGL-Datei ein. Sie sind oftmals schwer zu finden und erfordern etwas Übung mit der jeweiligen Software, um deren Eigenarten kennen zu lernen. Jegliche Fehler kann man

vor dem Fräsen sehr gut mit der frei erhältlichen Software BOCnc finden und oftmals auch entfernen. Die Software ermöglicht neben der Überprüfung der Kontur oder den Ausfräsungen auf offene, doppelte oder versteckte Linien auch das Verändern der Fräsrichtung (CW oder CCW zur Erzielung besserer Kantenglattheit zum Beispiel) oder das Setzen von Haltestegen. Selbstverständlich beherrscht BOCnc auch die Fräser-Radiuskorrektur und ist damit ein tolles CAM-Hilfsmittel beim Erstellen der HPGL-Dateien für die Stepcraft CNC-Maschine.

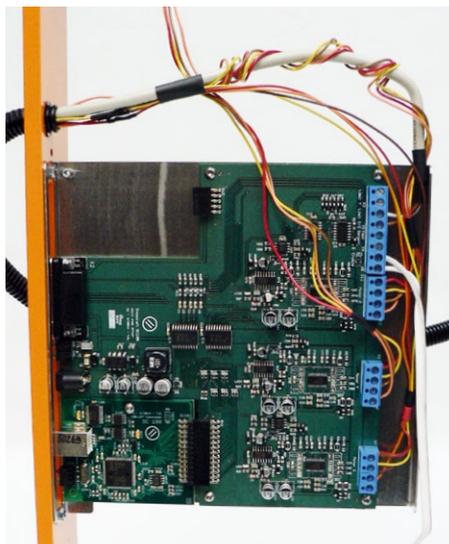
In jedem Fall erwartet WINPC-NC eine farblich kodierte HPGL-Datei, wobei die einzelnen Farben dem jeweiligen Werkzeug zugeordnet werden. Dadurch können Innen- und

Außenkonturen ebenso wie unterschiedliche Werkzeugdurchmesser schnell und einfach definiert werden. Hier bietet die Starterversion gerade zwei Werkzeuge an, was für eine Innen- und eine Außenkontur ausreicht. Auch sonst hat die Software alles Wesentliche, um die Maschine ansteuern zu können. Einzige Einstellbarkeit des Umkehrspiels fehlt. Wer sich länger mit der Maschine beschäftigt und komplexere Teile angehen möchte, dem sei die Vollversion empfohlen, da man hier sehr viele Möglichkeiten hat. Das Ergebnis ist dafür in beiden Fällen gleich, denn auf Anhieb hatte die Maschine die Bauteile absolut passgenau gefertigt, etwas Entgraten war nötig, aber danach konnte man bereits montieren. Natürlich muss jeder zunächst für sein bevorzugtes Material den passenden Fräser sowie die optimale Drehzahl auswählen. Hierzu gibt es aber im Internet sehr viele Tipps. Um die Belastbarkeit der Maschine zu testen, wurde auch mit Kohlefaser experimentiert. Natürlich nicht ohne eine FFP3-Maske. Bei etwas verlangsamer Geschwindigkeit konnten sehr gute Ergebnisse erzielt werden, wobei es mit Blick auf die Zubehörteile sicherlich noch spannend werden wird.

## Geniale Optionen

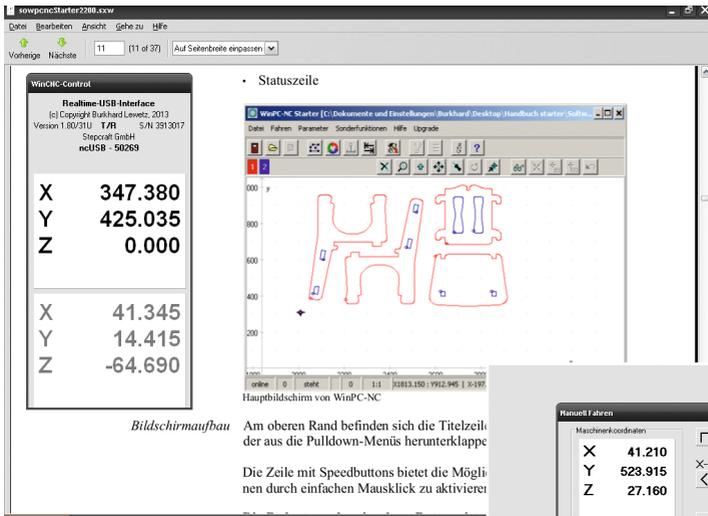
Ebenfalls eine willkommene Ergänzung für viele Sparten des Modellbaus sind die Zubehörteile. Neben einem Schleppmesserhalter zum Plotten von Folien und einem Heißdrahtschneider für die Styropor- und

Eines der optionalen Bauteile ist die von der Software ansteuerbare Schaltbox zum Ein-aus-Schalten des Fräsmotors oder anderer Geräte, wie zum Beispiel eines Staubsaugers



Die Motorkabel und das Kabel der beiden Endlagenschalter der X- und Z-Achse werden in einem Kunststoffschlauch geschützt unter die Maschine geleitet. Die Anleitung zeigt die Verdrahtung sehr übersichtlich und die Schraubterminals der Ansteuerungsplatine sind zudem entsprechend gekennzeichnet



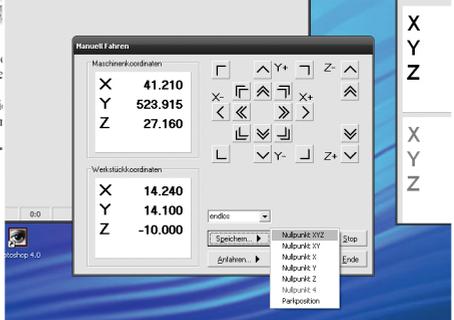


Links ist die Positionsanzeige der Maschine unter WINPC-NC-Starter zu erkennen, in der darunterliegenden Anleitung sind alle Schritte sauber dargestellt und wenn möglich mit Bildschirmkopien verdeutlicht

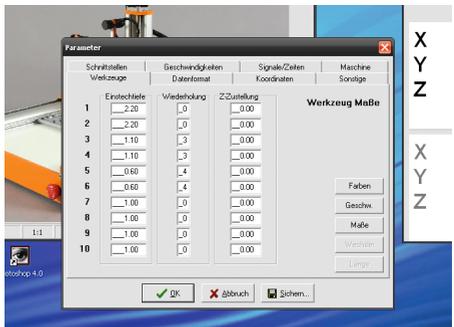
*Bildschirmaufnahme* Am oberen Rand befinden sich die Titelleiste, die aus der Pulldown-Menüs herunterklappe. Die Zeile mit Speedbuttons bietet die Möglichkeit durch einfachen Mausclick zu aktivieren

Schaumstoffbearbeitung sind auch Optionen wie ein Längentaster, eine Absaugvorrichtung oder eine per Software schaltbare 230-Volt-Steckdose für den Fräsmotor erhältlich. Einige dieser Zubehörteile setzen den Einsatz der Software WINPC-NC als Vollversion voraus. Diese ist beim Softwarehersteller Lewetz ([www.Lewetz.de](http://www.Lewetz.de)) erhältlich und bietet einen stark erweiterten Funktionsumfang an. Neben vielen definierbaren Werkzeugen, zusätzlich schaltbaren Aufgaben (Absaugung, Kühlung) oder der Anfahrt des Längentasters nach einem Fräserbruch gehört vor allem die bei der Basis-Version vermisste Funktion der Einstellung des Umkehrspiels zum verbesserten Umfang der Vollversion von WINPC-NC.

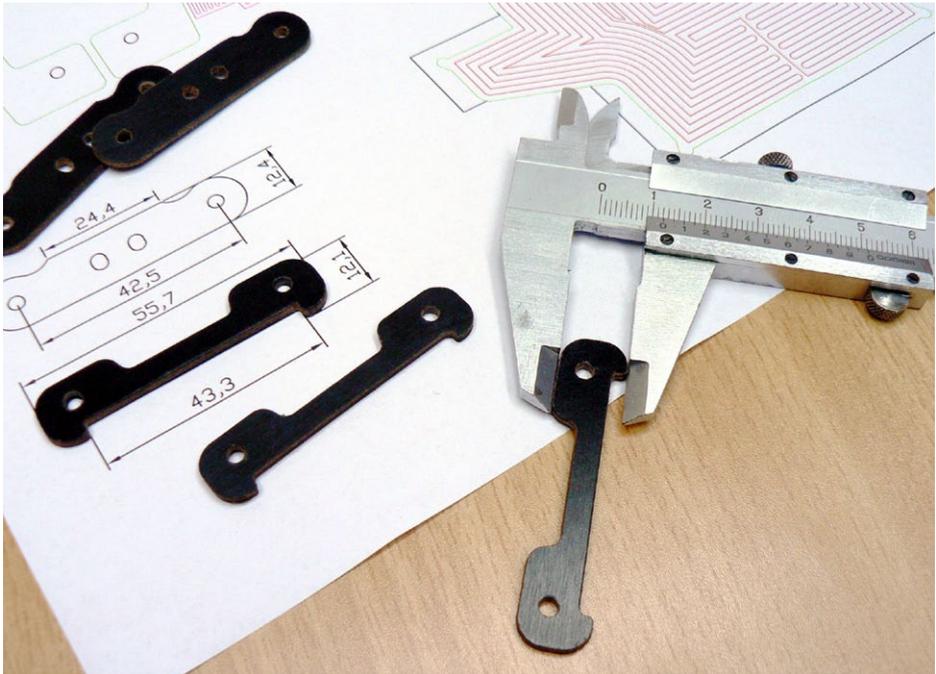
Selbstverständlich können reine Konturteile (mit oder ohne Ausfräsungen sowie Bohrungen) ohne Probleme mit der Basissoftware bearbeitet werden. Doch spätestens beim Einsatz des einen oder anderen Zubehörs wird die Vollversion benötigt. Mit diesem sinnvollen Upgrade kann auch die neueste Option eines 3D-Druckkopfs zum Erstellen



Beim Einrichten der Maschine können per Hand verschiedene Punkte angefahren und gespeichert werden. So lassen sich mit zwei Geschwindigkeiten ein sehr exakter Nullpunkt, eine Park- oder eine Wechselposition für einen Fräserwechsel abspeichern und später auf Tastendruck anfahren



In der Vollversion können anstelle von zwei Werkzeugen bis zu zehn definiert werden. Die passenden Parameter wie Durchmesser, Wiederholung oder auch Verfahrgeschwindigkeit lassen sich im Menü hinterlegen



Die Maßhaltigkeit der Maschine ist auf hohem Niveau. Diese Teile konnten direkt nach einer kleinen Reinigung verbaut werden. Gut zu erkennen sind auch die in den Werkzeugfarben gehaltenen 1:1-Ausdrucke zur schnellen Kontrolle

von Modellen oder Teilen im FDM-Verfahren (Fused Deposition Modeling) genutzt werden. Hierbei wird ein zuvor am CAD-Rechner erstelltes 3D-Modell in Scheiben zerlegt, welche anschließend nach und nach mit erhitztem Kunststoff übereinander gedruckt werden. Das hierzu verwendete ABS ermöglicht durchaus gut belastbare und stabile Bauteile.

## Überzeugend

Das Konzept, eine Maschine für den Modellbau auch als Baukasten anzubieten, um damit einen günstigen Preis bei dennoch guter Qualität zu erreichen, geht auf. Mechanisch überzeugt das Produkt von Stepcraft mit einer erstaunlichen Robustheit und Vielseitigkeit. Wer neben der klassischen Fräsarbeit auch

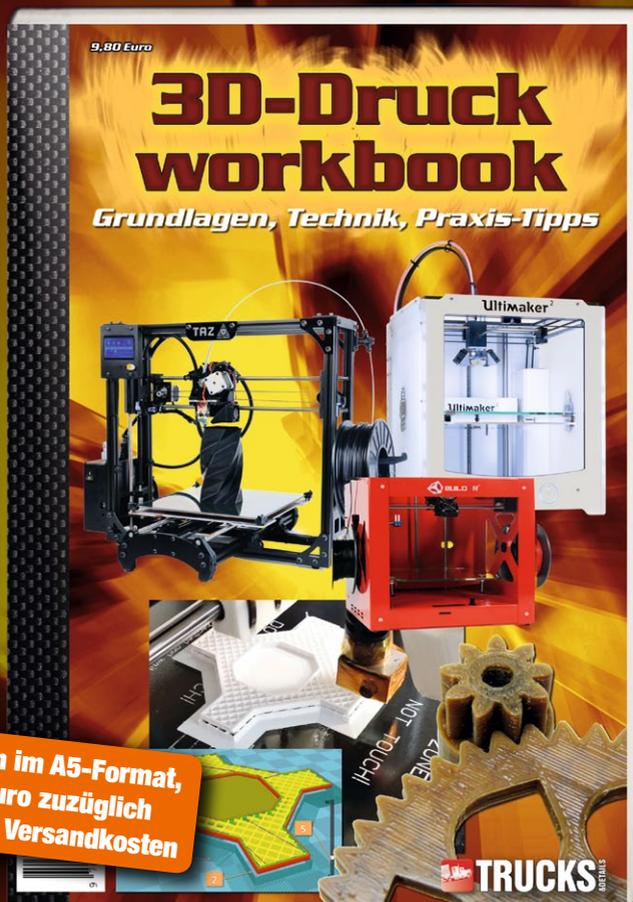
exotische Bearbeitungswege wie CNC-Styroporschneiden oder 3D-Druck ausprobieren möchte, kommt hier voll auf seine Kosten. Eine ganz klare Kaufempfehlung für alle „Selbsterbauer“.

## BEZUG

Stepcraft  
 An der Beile 2  
 58708 Menden  
 Telefon: 023 73/179 11 60  
 Fax: 023 73/179 11 59  
 E-Mail: [info@stepcraft-systems.com](mailto:info@stepcraft-systems.com)  
 Internet: [www.stepcraft-systems.com](http://www.stepcraft-systems.com)  
 Preise: Stepcraft 2/300: ab 829,- Euro  
 Stepcraft 2/600: ab 1.279,- Euro  
 Bezug: direkt

# Jetzt bestellen

Grundlagen, Technik, Praxis-Tipps



68 Seiten im A5-Format,  
9,80 Euro zuzüglich  
2,50 Euro Versandkosten



Auch digital als  
eBook erhältlich

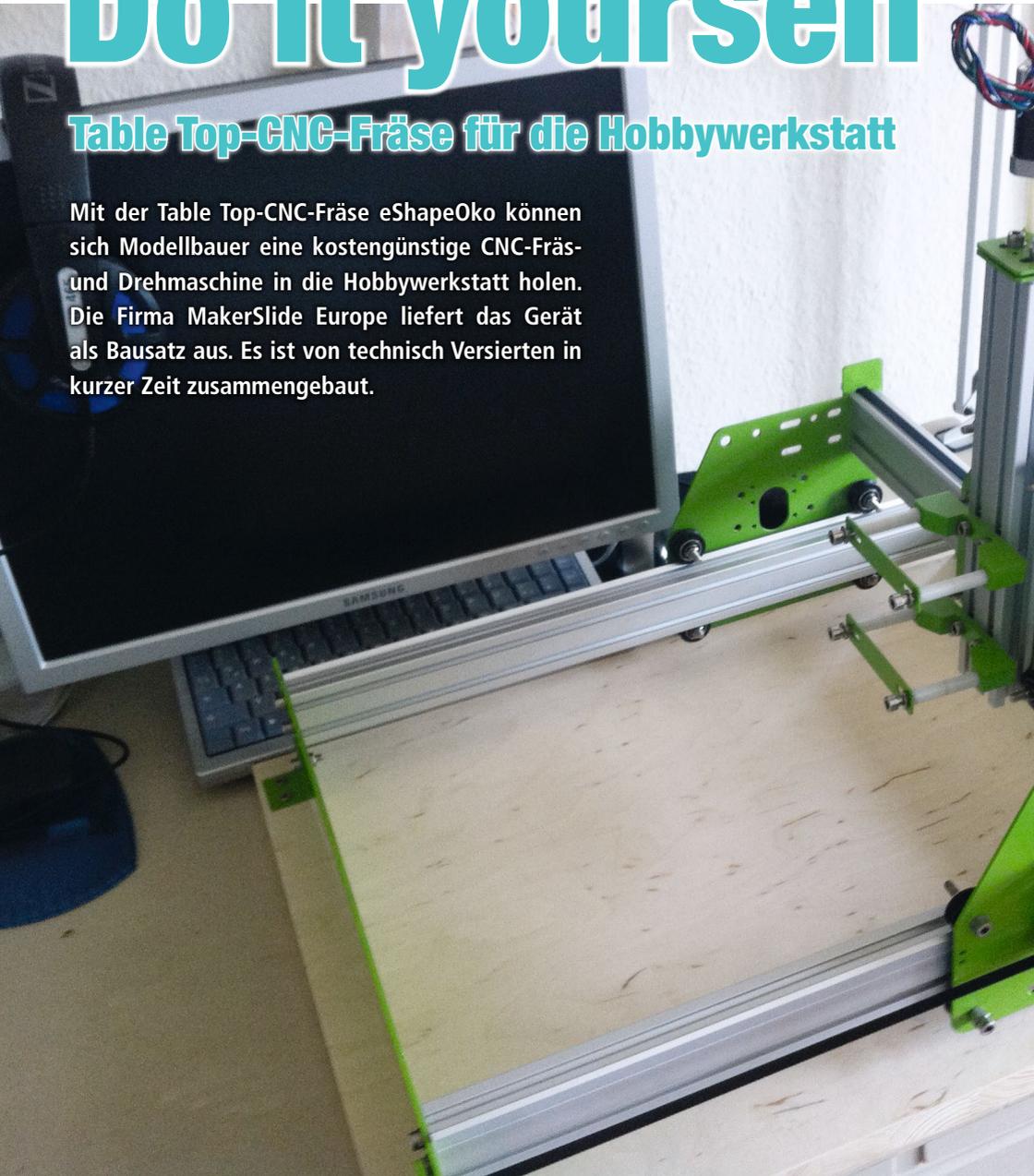
Die 3D-Druck-Technologie gehört zu den bemerkenswertesten technischen Innovationen, die in den letzten Jahren Einzug in den Modellbau gehalten haben. Im aktuellen 3D-Druck workbook aus der TRUCKS & Details-Redaktion finden Interessierte alles, was man zum Start in diese Fertigungsmethode wissen muss: von Grundlagen und Basiswissen über konkrete Praxis-Tipps bis hin zur Vorstellung unterschiedlicher 3D-Drucker.

Im Internet unter [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de)  
oder telefonisch unter 040 / 42 91 77-110

# Do it yourself

## Table Top-CNC-Fräse für die Hobbywerkstatt

Mit der Table Top-CNC-Fräse eShapeOko können sich Modellbauer eine kostengünstige CNC-Fräs- und Drehmaschine in die Hobbywerkstatt holen. Die Firma MakerSlide Europe liefert das Gerät als Bausatz aus. Es ist von technisch Versierten in kurzer Zeit zusammengebaut.





Die Table Top-CNC-Fräse eShapeOko von MakerSlide Europe gerät automatisch in den Blick des Hobbyisten, der neben dem limitierenden Faktor des Geldbeutels auch wenig Platz zur Verfügung hat. Die zunehmende Verfügbarkeit von preisgünstiger CAD-Software für die Konstruktion von 3D-Bauteilen und die Verbreitung erschwinglicher Hardware – Schrittmotoren mit passender Steuerung – hat CNC-Maschinen den Einzug in die Hobbywerkstatt geebnet. Bisheriges Resultat sind in erster Linie jedoch CNC-Fräs- oder Dreh-Maschinen für gut situierte Hobbyisten. Die Table Top-Maschinen hingegen passen quasi auf den Schreibtisch. Solche kostengünstigen und platzsparenden Geräte machen CNC auch für den finanziell durchschnittlich ausgestatteten Modellbauer möglich.

Mit der eShapeOko haben Tüftler aus den USA durch geschickte Kombination vorhandener Hardware, insbesondere bei den Schrittmotoren, der Steuerung und speziellen Linearführungen eine preiswerte CNC-Table Top-Maschine für den Heimgebrauch realisiert, mit der Bauteile mit einer Größe von zirka 215 x 335 x 200 Millimeter bearbeitet werden können.

Zentral für die eShapeOko sind ihre speziellen Linearführungen namens MakerSlides, die es möglich machen, auf die sonst üblicherweise verbauten hochpreisigen Varianten zu verzichten. Die CNC-Maschine ist gerade im Modellbau gut für die Verarbeitung von Leichtholz- und Kunststoff-Platten geeignet. Aber auch weichere NE-Metalle, wie übliche Aluminium-Legierungen, lassen sich noch gut zerspanen. Gesteuert wird die eShapeOko wahlweise über einen PC mit Druckeranschluss oder einen Arduino Microcontroller, welcher mit der Schrittmotorensteuerung verbunden ist.



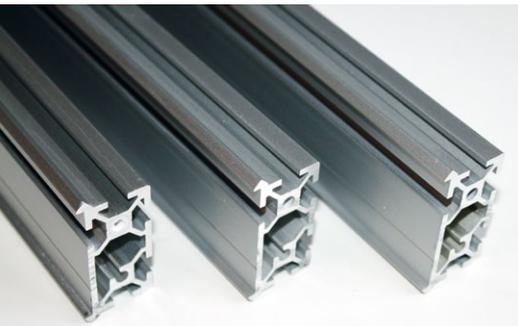
Verschiedene Rollen  
mit Kugellagern



## Das Baukasten-Prinzip

Die Bestandteile der eShapeOko kommen in einem handlichen Paket zum Kunden. Schön ist, dass alle Teile fein säuberlich in eindeutig beschrifteten Tütchen verpackt sind. Die großen Bauteile wie die Aluminium-Führungen und die gelaserten Stahlbleche sind gut gepolstert verpackt. Vor der Montage fiel die Entscheidung, den Blechteilen einen werkstattmäßigen Look

zu verpassen. Dazu werden diese nach entsprechendem Anschliff grundiert und mit grünem Acryl-Sprühlack aus dem Baumarkt lackiert. Nach ausreichender Trocknungszeit ging es an die Montage. Eines vorweg: Jeder, der gerne in seiner Kindheit mit Lego-Technik herumgespielt hat, wird mit dem Zusammenbau der Fräse keinerlei Probleme haben. Dank der im Internet zur Verfügung gestellten englischsprachigen Bauanleitung im eigens eingerichteten Wiki ist die Montage ein Kinderspiel. Wer die Anleitung lieber auf Papier haben möchte, kann sich diese auch ausdrucken.



Die MakerSlide-Profile,  
Stirnseite noch ohne Gewinde

Doch bevor es an den Zusammenbau der einzelnen Baugruppen geht, noch ein kurzer Einschub vorweg: Der Hersteller der eShapeOko gibt einem die Möglichkeit, die Fräse in unterschiedlichen Varianten zu bauen. So kann die Y-Achse mit einem Schritt-Motor oder, so ist es zu empfehlen, mit zwei Schritt-Motoren ausgestattet werden. Die Motorisierung mit

zwei Motoren verhindert ein Verkanten des Portalwagens. Weiterhin gibt es die Möglichkeit, die X-Achse durch eine zweite MakerSlide-Linearführung zu versteifen. Diese Variante ist allen Modellbauern zu empfehlen, die prinzipiell mehr harte Materialien bearbeiten wollen. Die hier vorgestellte eShapeOko wurde bisher nur als sogenannten Single-Rail-X gebaut. Es kann aber auch sinnvoll sein, die Fräse als sogenannten Dual-X-Rail umzurüsten. Und zu guter Letzt kann statt der Nema-17-Schrittmotoren auf stärkere Nema-23-Motoren ausgewichen werden. Ob das wirklich notwendig ist, sollte jeder selbst beurteilen. Da aber 23er-Motoren von Natur aus mehr Strom brauchen, würde das auch eine stärkere Motorsteuerung notwendig machen. Das führt dann zwangsläufig zu höheren Kosten.

### Zusammenbau

Grundsätzlich läuft der Zusammenbau der Fräse in gut 20 Schritten ab. Dann sind die Elektrik und auch die Spindel montiert beziehungsweise angeschlossen. Wer konzentriert

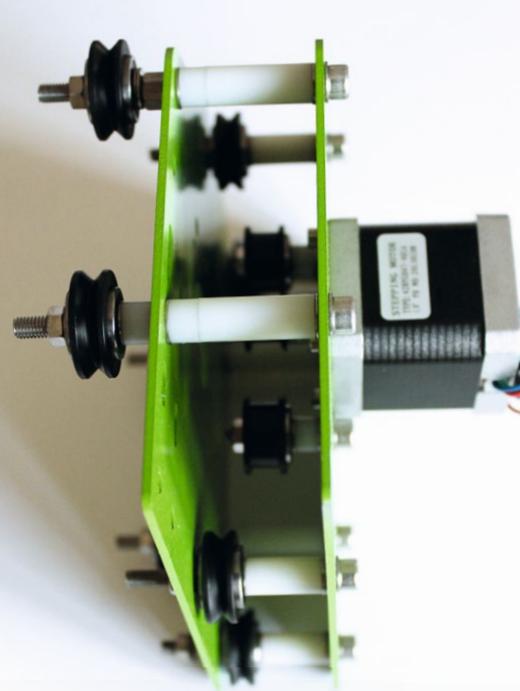


Die eShapeOko noch verpackt. Eine CNC-Tischfräse für kleines Geld

arbeitet, kann die Fräse an einem guten Tag zusammenbauen, sofern alles für die Elektronik bereit liegt. Die Mechanik selbst wurde an einem längeren Samstagabend montiert. Die Verkabelung inklusive des Einbaus der Elektronik in ein Gehäuse hat dann nochmal zirka acht Stunden benötigt.

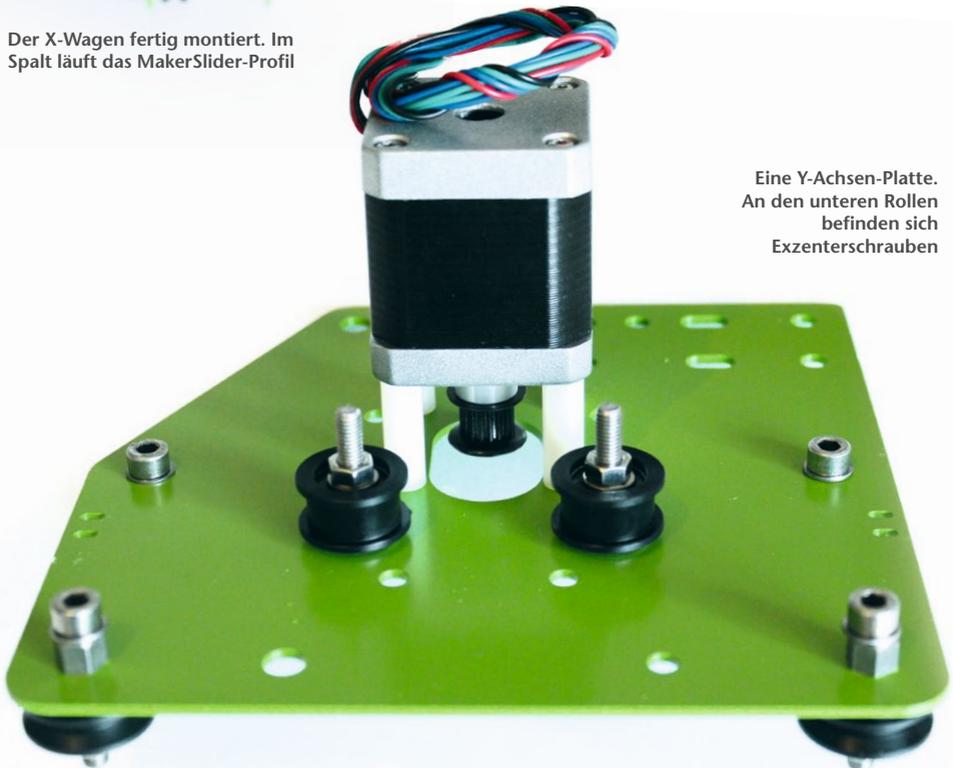


Es wird nur wenig Werkzeug für den Zusammenbau benötigt



Vor der eigentlichen Montage sollte man sich zunächst einen Überblick über die vielen Tütchen und deren Inhalt verschaffen. Auch die MakerSlides, das sind die Linear-Führungsschienen, wollen an den abgesägten Enden entgratet werden. Im ersten Montageschritt geht es zunächst rund – das ist wirklich so gemeint: Es werden unzählige Führungs- und Umlenkrollen mit 5 x 16 x 5-Millimeter-Kugellagern bestückt. Als nützliches Hilfsmittel schlägt die Montageanleitung die Verwendung einer langen M5-Schraube vor. Jede Kunststoffrolle wird dabei mit einer U-Scheibe und zwei Lagern ausgerüstet. Ist diese etwas monoton anmutende Arbeit erledigt, geht es an den Anbau der Rollen für die Y-Achse an die Seitenplatten des Portal-Wagens.

Der X-Wagen fertig montiert. Im Spalt läuft das MakerSlider-Profil

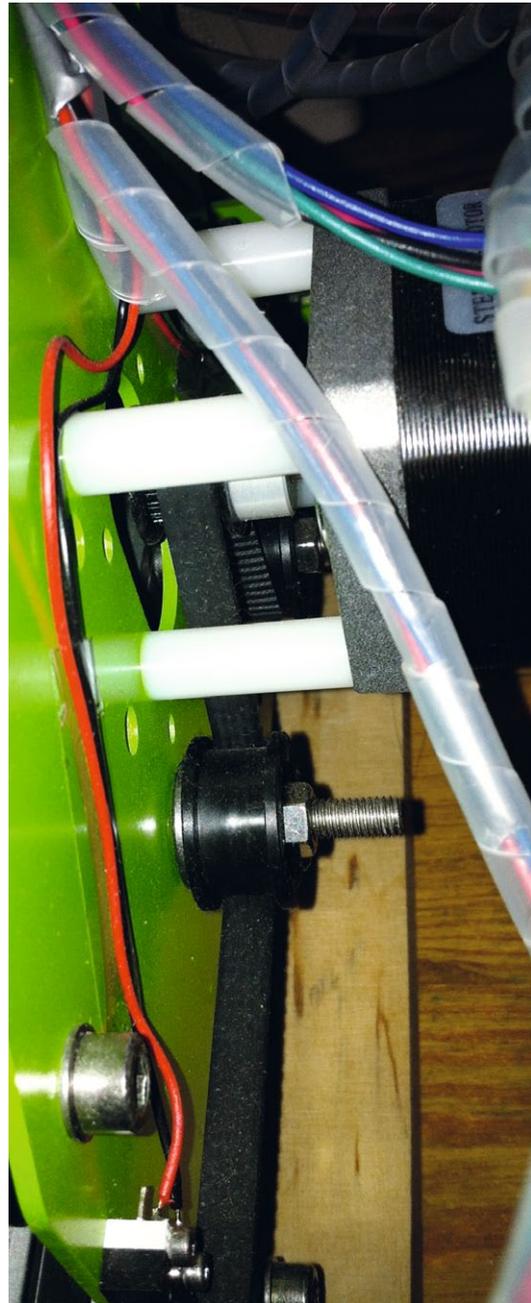


Eine Y-Achsen-Platte.  
An den unteren Rollen  
befinden sich  
Exzentrerschrauben

## Zwei Motoren

Interessant gelöst haben die Konstrukteure die Spannmöglichkeit der Rollen, um so das Laufspiel auf den MakerSlides zu justieren. Die beiden unteren Rollen sind mit Schrauben als Achsen versehen, die durch Exzenterstücke geführt werden. Diese werden mit einem Maulschlüssel so justiert, dass das Laufspiel einfach einzustellen ist. Nachdem die Führungsrollen auf der Y-Platte montiert sind, werden der Motor und die dazugehörigen Umlenkrollen für den XML-Zahnriemen montiert. Dabei wird der Nema-17-Motor durch Kunststoff-Distanzstücke entsprechend in Position gebracht. Wenn man die Y-Achse, wie oben erwähnt, mit zwei Schrittmotoren betreiben will, wird die zweite Y-Platte analog dazu aufgebaut. Ich hatte zunächst nur einen Motor für die Achse vorgesehen, musste dann aber im Probetrieb feststellen, dass der Portalwagen tatsächlich auf der unmotorisierten Seite nachzieht. Daher fiel die Entscheidung, einen zweiten Motor zu montieren – leider musste dann aber den Portalwagen zerlegt und die Verkabelung nochmal auseinander gerissen werden. Es bleibt die Empfehlung: Y-Achse unbedingt mit zwei Motoren betreiben.

Der Zusammenbau des X-Achsen-Transportwagens ist prinzipiell ähnlich der Montage der Y-Achse. Der X-Transportwagen besteht aus zwei Blechplatten, die sich gegenüberstehen und mittels Schrauben und Distanzhülsen auf Abstand gehalten werden. In dem dadurch entstehenden Spalt sitzen die Zahnriemen-Umlenkrollen und ein Teil der Führungsrollen für den MakerSlide. Der andere Teil der Führungsrollen sitzt außen am anderen Blech. Das Laufspiel der Führung wird auch hier mit den Exzenter-Stücken per Maulschlüssel eingestellt. Im Gegensatz zu den Y-Seitentteilen wird der



Der Zahnriemen wird über Umlenkrollen geführt

Schrittmotor aber nicht durch Distanzhülsen auf Abstand gehalten sondern direkt auf das Blech montiert.

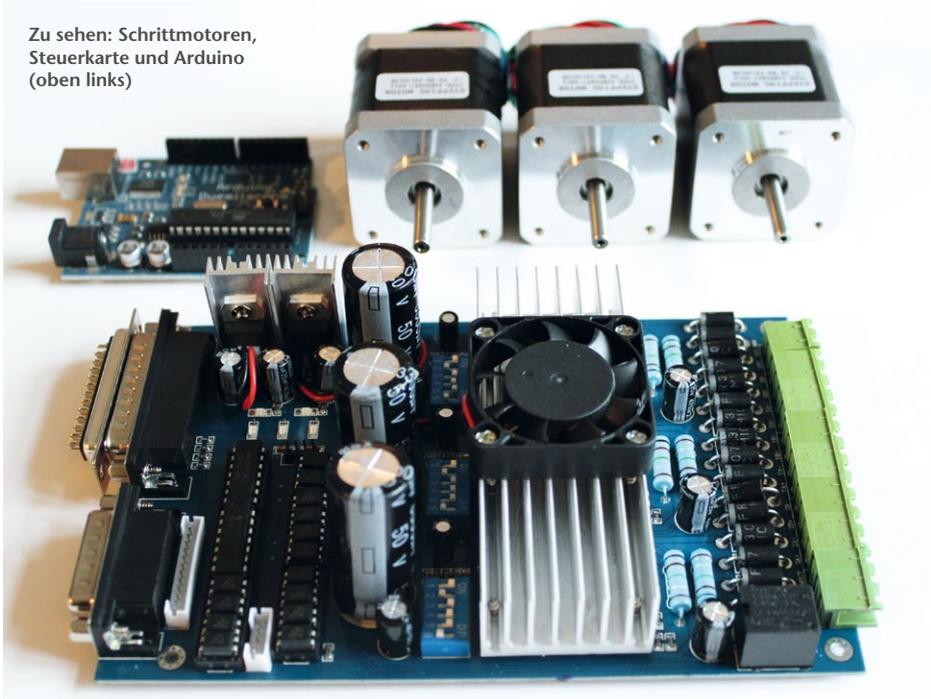
## Hochzeit

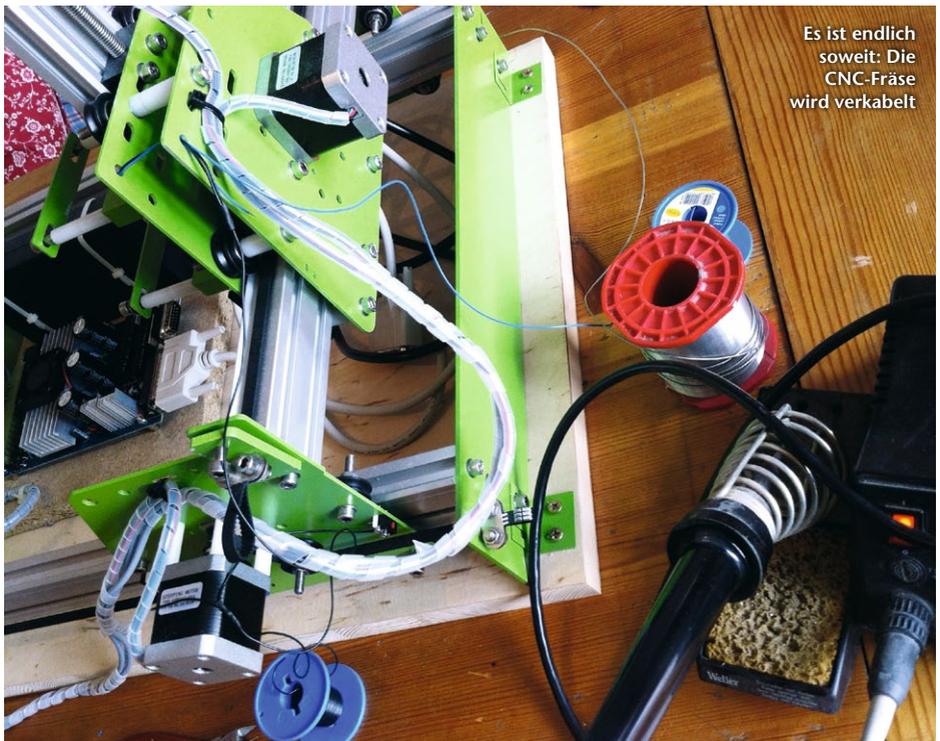
Sind diese Bauabschnitte beendet, kommt die „Hochzeit“ der Teile zum Portalwagen. Dazu müssen an dem X-Achsen-MakerSlide zunächst noch beidseitig jeweils zwei M5-Gewinde in das Profil geschnitten werden. Das ist generell kein großes Unterfangen – man sollte nur tunlichst darauf achten, die Gewinde auch wirklich senkrecht einzubringen. Ist das vollbracht und das Gewinde von Spänen gereinigt, werden der X-Wagen aufgeschoben und die beiden Y-Seiten-Platten verschraubt. Um den Portalwagen auf die Y-MakerSlides zu bringen, müssen diese ebenfalls mit M5-Gewinden an deren Enden



Die Vakuumpalte von unten. Der Unterdruck wird durch einen einfachen Staubsauger erzeugt

Zu sehen: Schrittmotoren, Steuerkarte und Arduino (oben links)





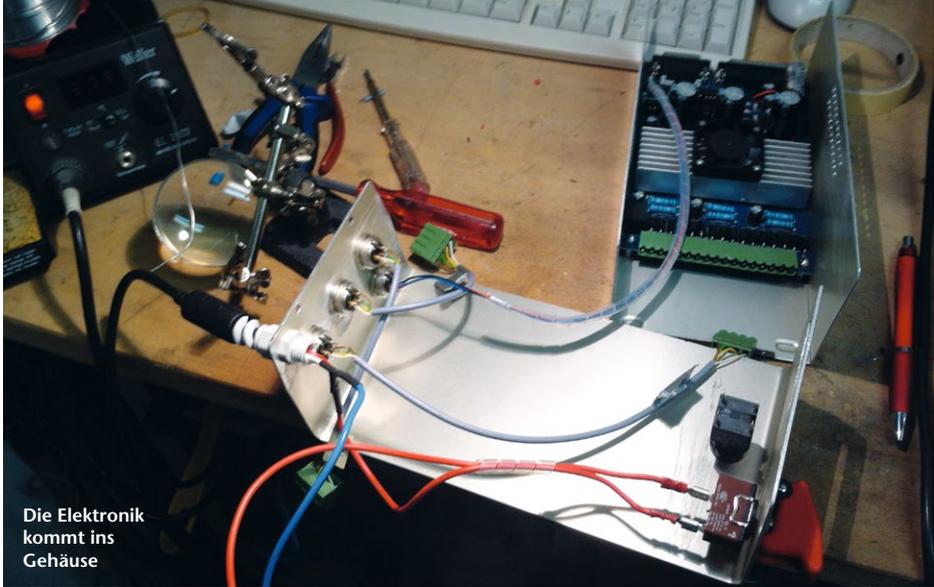
versehen werden. Anschließend schraubt man eine Seitenplatte an und schiebt dann den Portalwagen auf die Slides. Jetzt noch schnell die andere Seitenplatte anbringen und schon ist eine Portalfräse zu erkennen.

Nun geht es an die Z-Achse: Hier kümmert man sich zunächst um die Spindel. Diese ist nichts anderes als eine 150 Millimeter lange M8-Gewindestange, an der zwei Muttern ein Kugellager halten und an deren Ende ein flexibler Wellenverbinder sitzt, an den später der Schrittmotor angeschlossen wird. Bei dieser Baugruppe ist erstmalig etwas Fingerspitzengefühl notwendig, denn es gilt, den Gewindestab möglichst rundlaufend mit dem Kugellager zu verbinden. Mit Hilfe von Silikondichtband wurde der Gewindestab an der Stelle umwi-

ckelt, an dem später das Kugellager sitzt. Darüber kam dann noch eine Schicht Aluminium-Klebeband. Nach einigen Versuchen ist mir eine verhältnismäßig rundlaufende Spindel geglückt. Ist dieser Schritt, bei dem es ruhig etwas länger dauern darf, bewältigt, geht es an die Montage der Befestigung der Motorhalterung für den Z-Schrittmotor. Abgeschlossen wird diese Baugruppe mit der Befestigung der Motor-Spindereinheit an dem 250 Millimeter langen MakerSlide. Für die Frässpindel wird noch die Klemmvorrichtung auf das Slide montiert und nun noch die gesamte Z-Komponente am Portalwagen angebracht.

## XML-Zahnriemen

Um die Drehbewegung der Schrittmotoren der X- und Y-Achse in lineare Fahr-Bewegungen zu



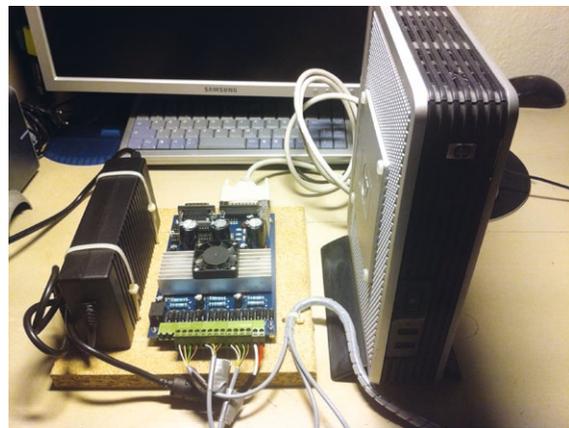
Die Elektronik  
kommt ins  
Gehäuse

ändern, werden XML-Zahnriemen eingesetzt. Diese werden nun eingefädelt und gemäß der Anleitung befestigt. Die gesamte eShapeOko wurde anschließend auf eine 19 Millimeter starke MdF (Mitteldichte Holzfaserverplatte) geschraubt. Innerhalb des Arbeitsbereichs der Fräse folgte dann noch eine selbst gebaute Vakuum- und Vorrichtungsbefestigungsplatte, ebenfalls aus MdF. Diese Platte hat auf der Unterseite eingefräste Luftkanäle, die auf der Oberseite mit Bohrungen versehen sind. In den Bohrungen sitzen M4-Einschlag-Gewinde, um darin zum Beispiel Befestigungsschrauben für einen Schraubstock zu fixieren. Das Vakuum wird durch einen angeschlossenen Staubsauger erzeugt.

## Elektrifizierung

Bevor man die Verkabelung vornimmt, sollten die jeweiligen Kabellängen großzügig bemessen werden, um die Fräse im späteren Betrieb ausreichend weit vom Steuercomputer und der Steuerkarte aufstellen zu können. So läuft man nicht Gefahr, dass zum Einsatz kommendes Kühlmittel sein Unheil über die Elektronik bringt. Eigentlich ist das Strippenzie-

hen keine komplizierte Sache. Einzig bei den Motoren der Y-Achse muss man darauf achten, die beiden Stepper in einer Parallelschaltung auf einen Kanal gegenläufig zu polen, damit sie später auch in dieselbe Richtung laufen. Dazu kann man einen Motorpol gedreht mit dem gegenüberliegenden Motorkabel verbinden. Die drei Achsen werden an den Polen der TB65503-Dreischachsen-Motorsteuerungskarte entsprechend des Belegungsplans angeschlossen-



Testaufbau des Thin-PC mit  
Steuerkarte und Netzteil

sen. Die insgesamt vier Endschalter von X- und Y-Achse werden in Schließer-Konfiguration an den Board-Pins 1 bis 4 angeschlossen und in LinuxCNC den Belegungen P10 bis P13 zugewiesen. Empfehlenswert ist es zudem, an der Steuerkarte noch einen Notauschalter anzuschließen – man weiß ja nie.

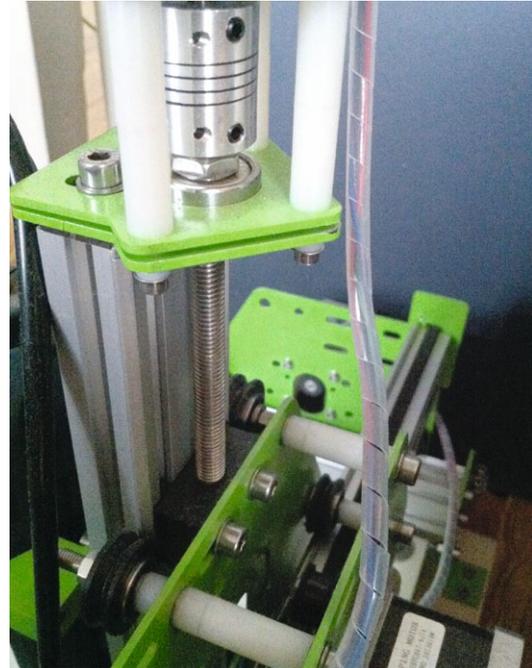
Die Spannungsversorgung der Steuerkarte übernimmt ein 19 Ampere Laptop-Netzteil. Dies macht lästige Lüftergeräusche überflüssig und ist bei einem großen Online-Auktionshaus günstig zu bekommen. Die Schrittmotorenkarte wird auch China-Steuerung oder Blueboard-Motor-Driver genannt, da die Platine blau ist und die Modellvariante aus fernöstlicher Fertigung im Internet zu Hauf angeboten wird. Die Karte verbindet man über den Parallel-Port mit einem PC. Im hier vorgestellten

ten Fall wurde eine für 18,- Euro erstandenen HP Thin-PC genutzt, auf dem die Steuersoftware LinuxCNC werkelt. Als Alternative kann über die Steuerung der Schrittmotorenkarte via Arduino und dann einer USB-Verbindung zum PC ausgewichen werden, sollte man keinen Rechner mit Parallel-Port besitzen. Als Software kämen dann Gbri als G-Code-Interpreter und G-Code-Sender als software-seitiger Übermittler zum Zuge.

Die passende Frässpindel zu finden ist so eine Sache. Die einfachste Baumarkt-Version eines Dremels ist für gelegentliches, kurzzeitiges Fräsen ausreichend. Doch wenn es mal länger dauert, das heißt die zu fräsenden Abschnitte groß oder lang sind, dann macht das Gerät komische sowie sehr laute Geräusche und wird warm. Aus dem Grund ist es ratsam, einen



Die Fräse Kress 1050 FME (rechts) hat sich gegen die Baumarkt-Version eines Dremels durchgesetzt



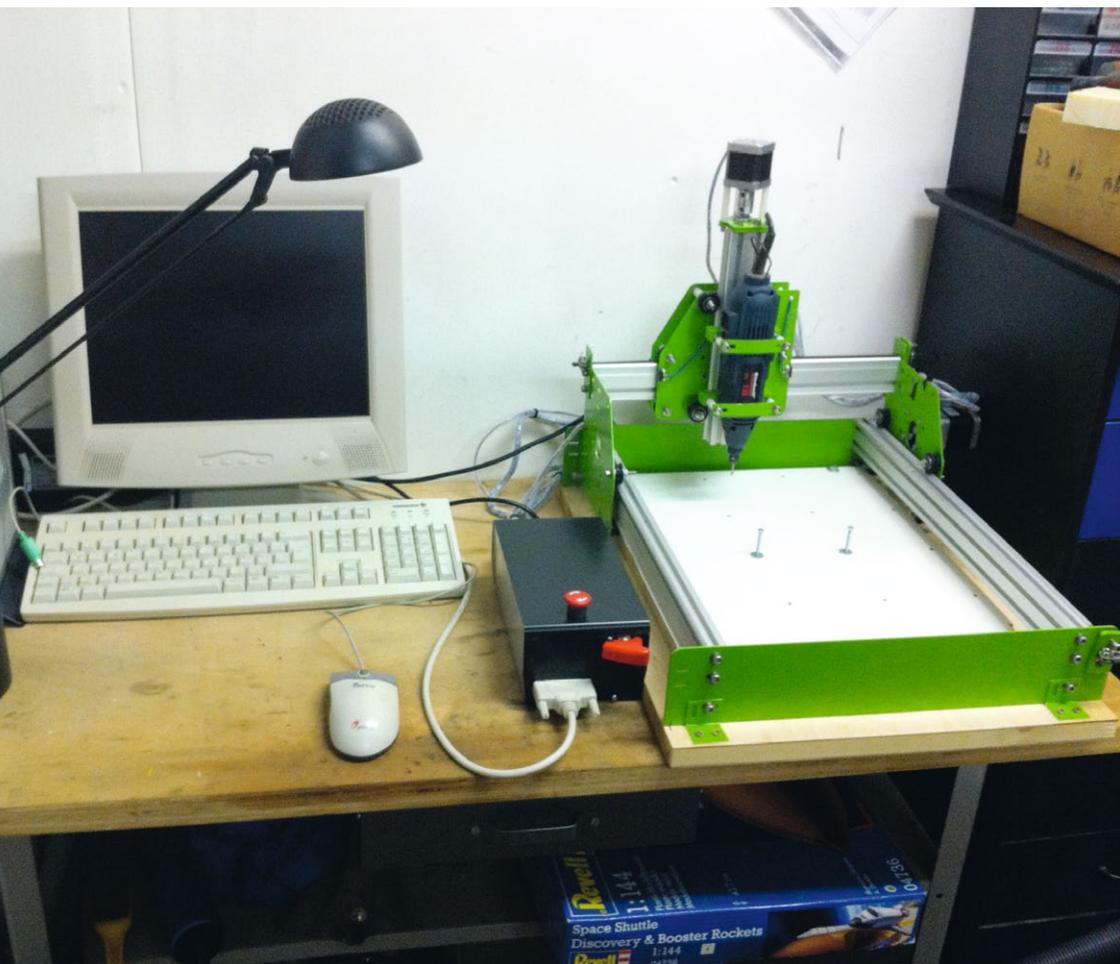
Die Z-Achsen-Spindel

bewährten Fräsmotor zu verwenden. Der 1050 FME von Kress beispielsweise ist ein solider Motor, der zudem auch mit unterschiedlichen Fräser-Aufnahmen ausgestattet werden kann. Durch den standardisierten Aufnahmezylinder kann an die eShapeOko auch ein handelsüblicher Haltewinkel zur Befestigung genutzt werden. Vergleicht man die Fräsoberflächen, so zeigt die Kress-Fräse ein deutlich harmonischeres Fräsbild als es bei dem Baumarkt-Gerät der

Fall ist. Und zu guter Letzt: Der Kress-Motor ist leiser als das Baumarkt-Pendant.

## Software ist (fast) alles

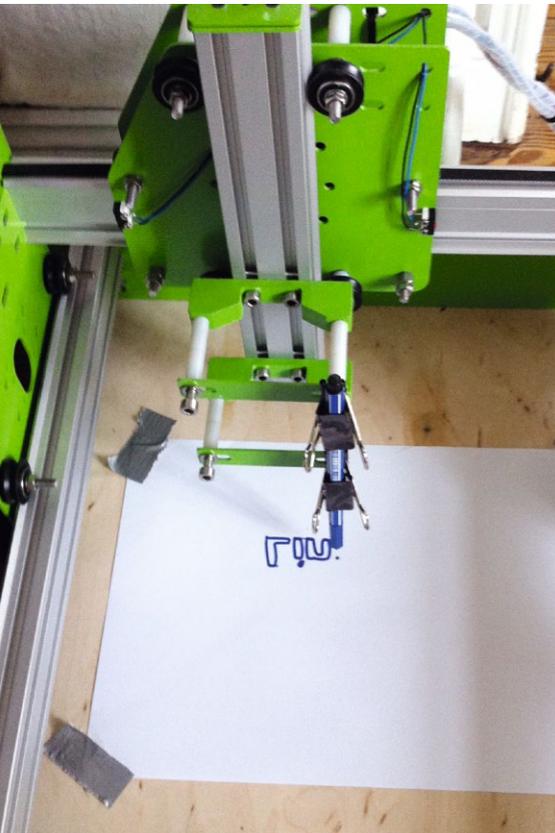
Ursprünglich war geplant, die eShapeOko nicht über einen eigens dafür vorgesehenen PC zu steuern. Stattdessen sollte mittels eines Arduino Microcontrollers, auf dem die Software Grbl und einer Java-Software namens G-Code-Sender geflasht sind, die



So könnte der fertige CNC-Arbeitsplatz nach richtiger Montage aussehen

Fräse an einem MacBook via USB-Schnittstelle betrieben werden. Doch nachdem ein Thin-PC günstig erworben werden konnte, fiel die Entscheidung anders aus.

Jetzt fiel die Wahl auf LinuxCNC, das eine sehr große und internationale Anhängerschaft hat und dazu noch ein OpenSource-Projekt ist, wird daran ständig weiterentwickelt und man kann eine große Anzahl hilfsbereiter Menschen um Rat fragen, sollte man einmal nicht weiter wissen. So findet man zum Beispiel im Rahmen der Konfiguration der Software auf der eShapeOko den Rat der Gemeinde im LinuxCNC-Forum. Denn



Eine „Fräsung“ im Test mit einem Stift

## NACHGESCHLAGEN

**CAD:** Die Abkürzung CAD steht für Computer Aided Design. Darunter versteht man das Konstruieren und Zeichnen eines Produktes oder Bauteils mittels Computer. Dazu werden in der Regel PC mit entsprechenden Software-Paketen eingesetzt. Im Bereich CAD gibt es Konstruktionssoftware, die 2D- und 3D-Modelle ermöglichen. Populäre Software-Pakete sind unter anderem AutoCAD, Solidworks, CATIA, Sketchup oder AlibreCAD.

**CAM:** ist die englische Abkürzung für Computer Aided Manufacturing. Der Begriff bezeichnet Software, die zur Erstellung des sogenannten NC-Codes, dies ist der Befehlssatz zur Steuerung von CNC-Maschinen, notwendig ist. Ein NC-Code ist der standardisierte G-Code. Dieser wird von der CAM-Software direkt aus den am Computer hergestellten CAD-Modellen abgeleitet.

**Linearführungen:** Unter einer Linearführung versteht man ein Maschinenelement, das eine möglichst reibungsfreie Bewegung in eine Richtung garantiert. Dabei bewegen sich alle Punkte des Elements parallel auf einer linearen Bahn.

**NEMA:** Eine Reihe von Schrittmotoren sind durch den US-amerikanischen Branchenverband National Electrical Manufacturers Association genormt. Im Hobbybereich bekannte Normen sind zum Beispiel NEMA 17 und NEMA 23.

**Portalwagen:** Im Portalwagen wird die Fräse befestigt und zur Frässtelle bewegt.

**Schrittmotoren:** Ein Schrittmotor ist ein Synchronmotor, bei dem das drehbare Motorteil mit Welle (Rotor) durch ein gesteuertes elektromagnetisches Feld (Statorspulen – nicht drehbarer Motorteil) um einen minimalen Winkel (Schritt) oder sein Vielfaches gedreht werden kann. Das Magnetfeld rotiert dabei schrittweise.

**Spindel:** Gewindespindeln sind Maschinenelemente, die zusammen mit anderen Elementen in einem Schraubgetriebe dazu dienen, eine rotierende Bewegung in eine gleichmäßige, parallele Verschiebung umzuwandeln.

anfangs fällt es etwas schwer, die Z-Achse richtig einzustellen. Ursächlich für manche Probleme ist die Tatsache, dass eine viel zu hohe Schrittgeschwindigkeit für den Z-Motor gewählt wird. So „verschluckt“ die Steuerung eine gewisse Anzahl von Steps, was im Ergebnis dazu führt, dass die Achse sich immer wieder an unterschiedlichen Null-Positionen befindet – so ist genaues Fräsen natürlich unmöglich. Um Nachbauern der eShapeOko diese Einstellungsmühen zu ersparen, ist hier einmal ein mögliches Konfigurationssetting tabellarisch dargestellt.

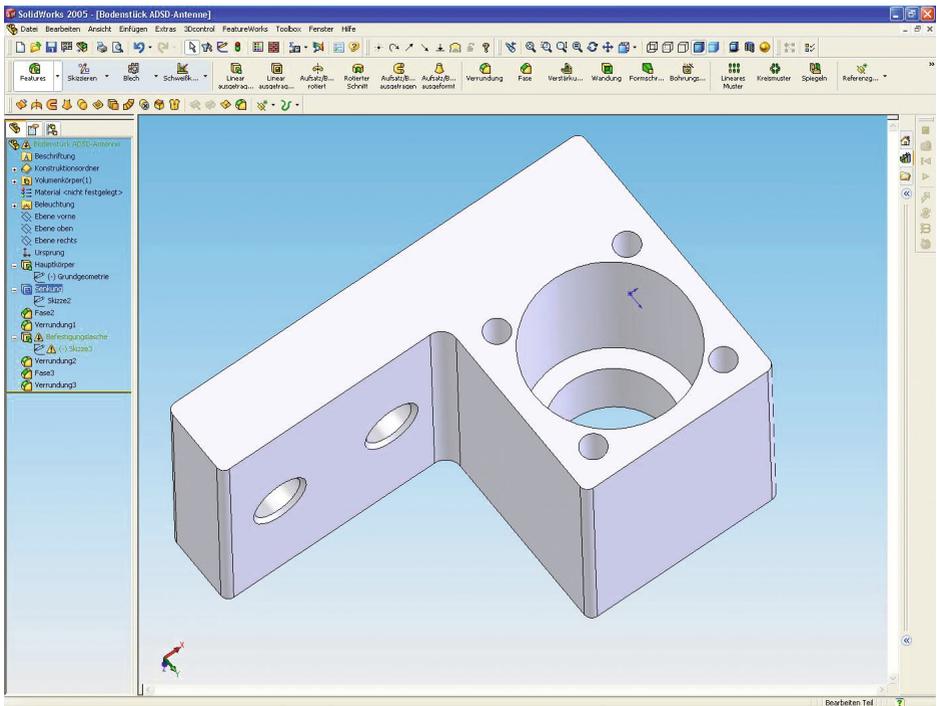
## Von der Idee zum Werkstück

Wie genau man von der Idee zum gefrästen Werkstück kommt, ist ein Kapitel für sich. Aber um zumindest einen kleinen Überblick zu geben, werden nachfolgend die wichtigsten Arbeits-

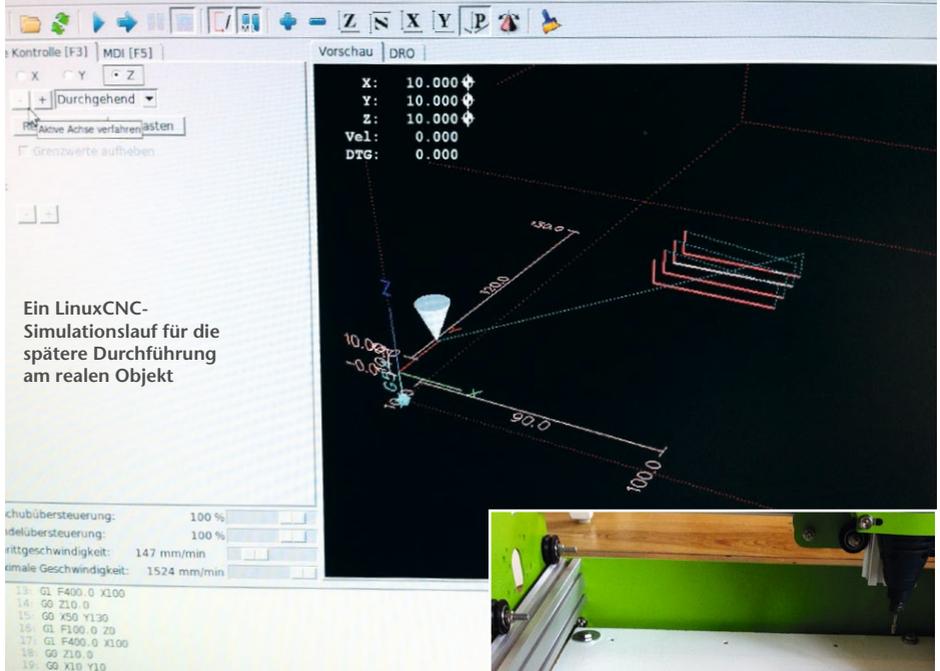
## LinuxCNC-KONFIGURATION

Position	Einstellung
Step Time	50.000
Step Speed	5.000
Dir Hold	20.000
Dir Setup	20.000
Current	75 %
Acc (Z-Achse)	70 mm/s
Max Speed (Z-Achse)	11 mm/s

schritte einmal zusammengefasst. Von einer Handskizze legt man in einem CAD-Programm, zum Beispiel LibreCAD oder Sketchup, ein entsprechendes Modell und eine Konstruktionszeichnung an. Damit ist die Grundlage für den zu erstellenden G-Code, das ist die CNC-Maschinen-Programmiersprache, gelegt. Nun wird die als dxf-Datei vorliegende Zeich-



Ein Bodenstück als 3D-Modell am Computer



Ein LinuxCNC-Simulationslauf für die spätere Durchführung am realen Objekt



So spannt man ein Testwerkstück auf

nung in ein sogenanntes CAM-Programm geladen. Für den Hobby-Bereich haben sich zwei Pakete gut bewährt, zum einen die deutsche Software EstlCAM und das englische CAMBam. Die CAM-Software erstellt aus den CAD-Daten mehr oder weniger automatisch ein entsprechendes NC-Programm, welches aus G-Code-Commandos zusammengesetzt ist. Damit die Software auch alle wesentlichen technologischen Informationen hat, muss man sich im Vorwege die entsprechenden Informationen wie idealer Vorschub und Drehzahl – immer passend zum Werkstoff – zusammensuchen. Diese findet man etwa im Tabellenbuch für Metallberufe. Ist das NC-Programm erstellt, überträgt man dieses an LinuxCNC und macht eine Simulationsfahrt.

## Fräse ausrichten

Ist diese virtuelle Werkstückbearbeitung im Rechner ohne Probleme verlaufen, wird das Werkstück in der Fräse eingerichtet und der Werkstücknullpunkt ermittelt. Bei Plattenmaterial-Draufsicht ist das beispielsweise die linke

untere Ecke – vom Maschinennullpunkt aus betrachtet. Für die Z-Achse fährt man den Fräser in langsamer Fahrt an die Werkstückoberfläche. Zwischen Werkstück und Fräse legt man für gewöhnlich ein Stück Papier. Nun wird der Fräser langsam auf das Papier gefahren, bis dieses nur noch schwer unbeschädigt unter dem Fräser herausgezogen werden kann. Dies ist dann der Z=0-Punkt. Nun nullt man noch in LinuxCNC das Werkstück und schon kann mit dem Fräsen begonnen werden. ■

## BEZUG

eShapeOko  
 MakerSlide Europe  
 Internet: [www.makerslideeurope.com](http://www.makerslideeurope.com)

# RC-TRUCKS

Alles, was Nutzfahrzeug-Freunde wissen müssen.

Direkt aufs Smartphone



Szene-News, aktuelle Termine und Produkt-Tipps aus erster Hand.



QR-Code scannen und die kostenlose News-App von TRUCKS & Details installieren.



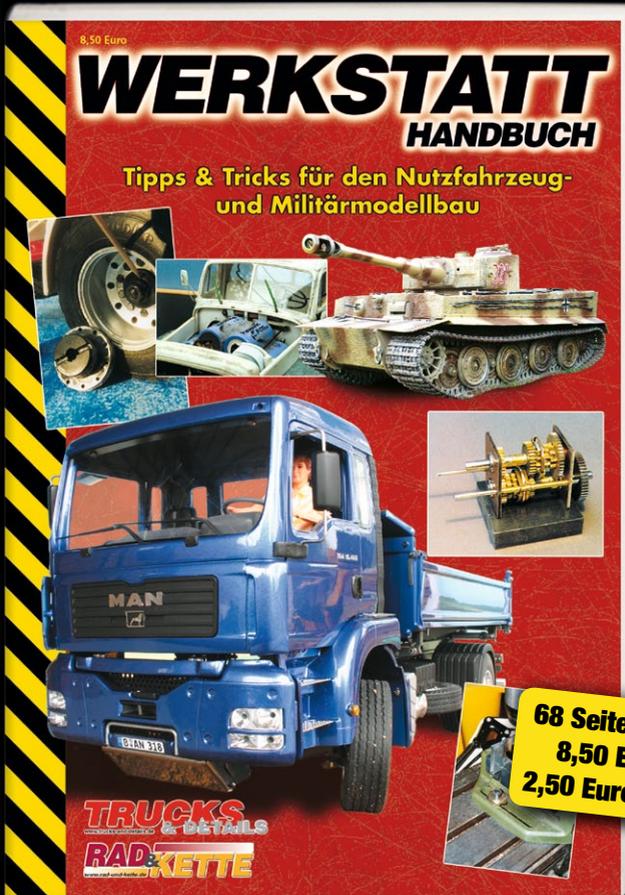
RC-TRUCKS is also available as an international (english) Version.

Scan QR-Codes to install the international News-App by TRUCKS & Details.



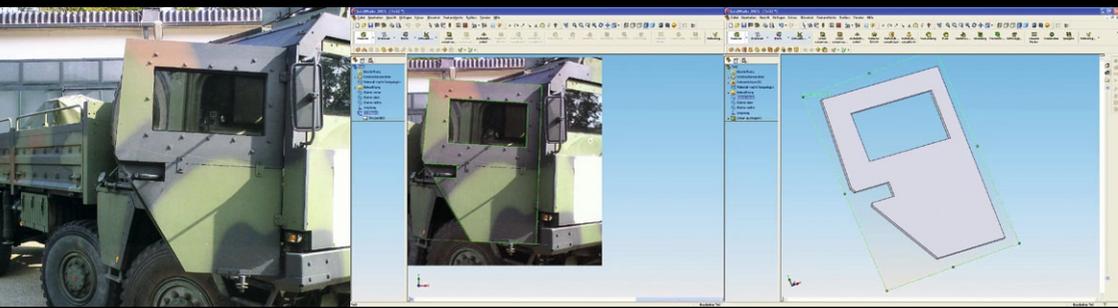
# GEWUSST WIE!

Der Ersthelfer in der Not mit praktischen Ideen und nützlichen Problemlösungen für Modelltrucker



- » Tipps und Tricks für den Nutzfahrzeug- und Militärmodellbau
  - » Hilfreiche und leicht nachvollziehbare Ratschläge
  - » Themengebiete: Wissen, Antrieb, Details, Elektronik und Mechanik
  - » Übersichtliche Umrechnungstabellen für Maßstab und Geschwindigkeit
- ... und vieles mehr.

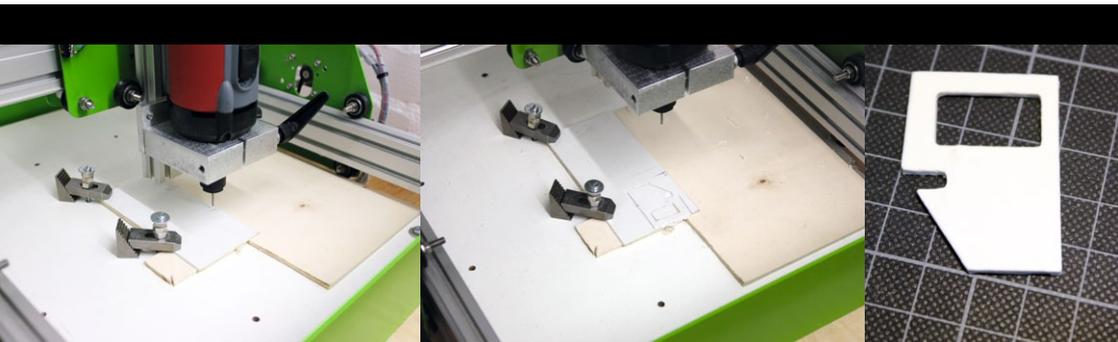
Jetzt bestellen unter [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de)  
oder telefonisch unter 040 / 42 91 77-110



# The Doors

## Konstruktion und Herstellung einer Lkw-Tür

Wer wollte nicht schon immer einfach mal so am Rechner ein vordildgetreues Modell auf Basis eines Fotos erstellen? Oder besser gesagt: konstruieren. Und dieses wie auch immer geartete Fahrzeug sollte dann auf der heimischen CNC-Anlage oder dem eigenen 3D-Drucker Form erhalten – so quasi im Vorbeigehen, per Knopfdruck. Diese und ähnlich gelagerte Fragestellungen findet man in einschlägigen Internet-Foren zu Hauf. Grund genug zu zeigen, wie man dabei vorgehen kann. Als Praxis-Beispiel dient im Folgenden eine Lkw-Tür, die exemplarisch für alle denkbaren Komponenten steht, die für ein Modell benötigt werden.



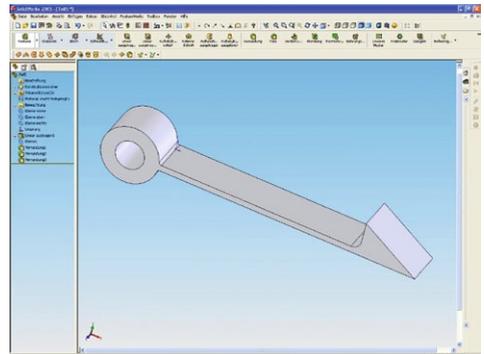
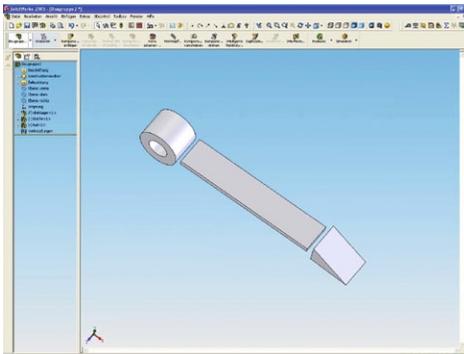
Um dieses komplexe und für viele Hobby-Konstrukteure sicher noch sehr neue Thema so exakt wie möglich beschreiben zu können, wurde ein verhältnismäßig einfaches Vorbild gewählt. Die Tür-Panzerung des MAN GL, wie er von der Bundeswehr eingesetzt wird. Vorteil bei diesem Vorbild ist die Tatsache, dass man im Internet viele gute Fotos als Vorlage findet. Beispielsweise kann man auf Prime-Portal bei den großartigen Walkaround Fotos von Ulrich Wrede fündig werden. Zum anderen ist die Geometrie als Beispiel überschaubar, in der CAD-Konstruktion nicht zu aufwändig und ablenkend, denn letzten Endes geht es um die Veranschaulichung des Arbeitsprozesses, weniger um das Bauteil selbst. Am Ende des Konstruktionsprozesses soll ein 3D-Modell im Maßstab 1:16 entstehen, welches dann mittels CNC-Fräse gefertigt wird.

## Grundlagen

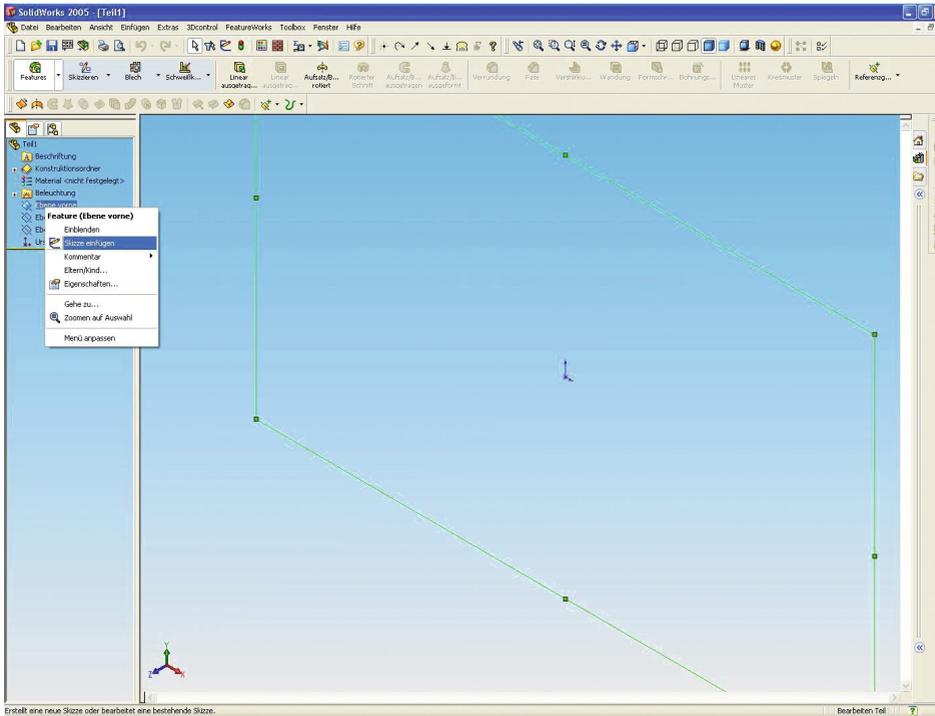
Zunächst geht es um die Anforderungen an das Vorlagen-Foto, welches die Grundlage der Konstruktion ist. Daraufhin widmen wir uns der Konstruktion, also den zu beachtenden konstruktiven Leitlinien und den praktischen Konstruktionsschritten mit einem CAD-System. Den Abschluss bildet ein Blick auf die nötigen



Um später eine präzise Skalierung vornehmen zu können, ist ein Referenzmaßstab in den Vorbild-Fotos unerlässlich



In der Konstruktionslehre wird zwischen der Differenzial- und der Integralbauweise (rechts) unterschieden



### Definition der Skizzenebene

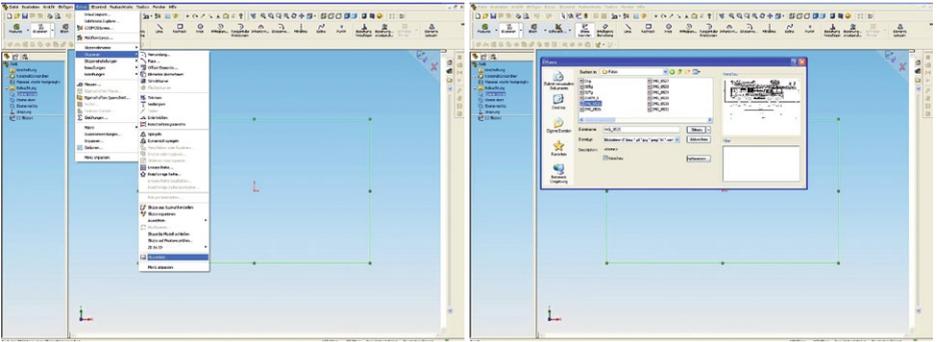
Schritte, um aus dem Computer-Modell die gewählte Fertigungsmaschine richtig ansteuern zu können. Um ein gutes Konstruktionsergebnis zu bekommen, ist es entscheidend, mit einem guten Foto zu beginnen. Es geht auch eine ausreichend große Aufriss-Zeichnung. Bei der Bild-Auswahl sollten folgende Kriterien beachtet werden: Das Objekt sollte gut ausgeleuchtet sein, um möglichst viele Details erkennen zu können. Die Konturen müssen gut erkennbar sein, ein hoher Kontrast ist von großem Vorteil. Daher ist bei dunklen Gegenständen wenn möglich ein heller Hintergrund, bei hellen Vorbildern ein dunkler Hintergrund zu wählen. Des Weiteren sollte das Objekt von allen Seiten, die konstruktiv relevant sind, mehr oder weniger orthogonal,

also im Lot aufgenommen sein. Eine isometrische Ansicht ist für unsere Zwecke nur bedingt brauchbar.

Zudem sollte das Foto in einer hohen Auflösung gemacht sein. 8 Megapixel sind gut, mehr sind besser. So kann sicher gestellt werden, dass die mögliche Ausgabegröße Details preisgibt, die sonst bei niedrig aufgelösten

## CLICK-TIPPS

- [www.estlcam.de](http://www.estlcam.de)
- [www.kress-elektrik.de](http://www.kress-elektrik.de)
- [www.linuxcnc.org](http://www.linuxcnc.org)
- [www.primeportal.net](http://www.primeportal.net)
- [www.ulrichwrede.de](http://www.ulrichwrede.de)



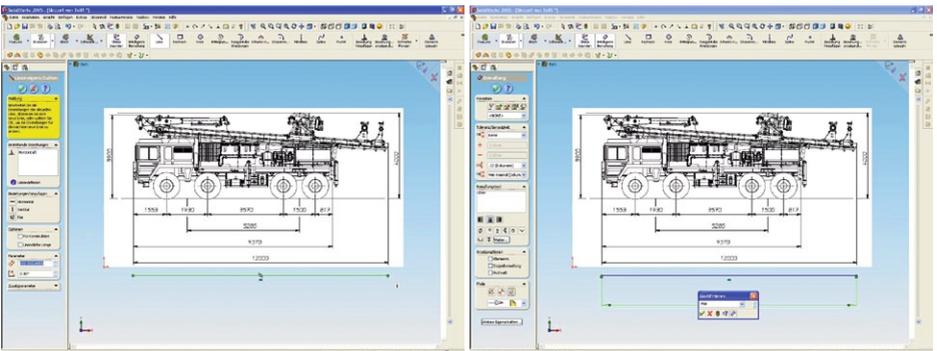
Um das Skizzenbild einzuladen, muss die Datei über „Skizzenbild“ in eine SWX-Skizze/Ebene eingefügt werden

Bildern kaum mehr zu erkennen sind. Wenn möglich sollten die Bilder in einem Rohdatenformat (.raw) gespeichert werden. Das erleichtert die später eventuell wünschenswerte Nachbearbeitung. Bei einer klassischen .jpg-Datei ist das oft nicht mehr zufriedenstellend machbar, da dieses Format im Grunde bereits eine komprimierte Bild-Datei ist. Können bei den technischen Parametern noch gewisse Abstriche gemacht werden, ist es zwingend erforderlich, bei jedem Foto ein Referenzmaß (Lineal, Zollstock oder dergleichen) im Bild zu haben. Dieses ist beim späteren Gestaltungsprozess unverzichtbar, denn ohne Größenorientierung sind eine maßstabgetreue

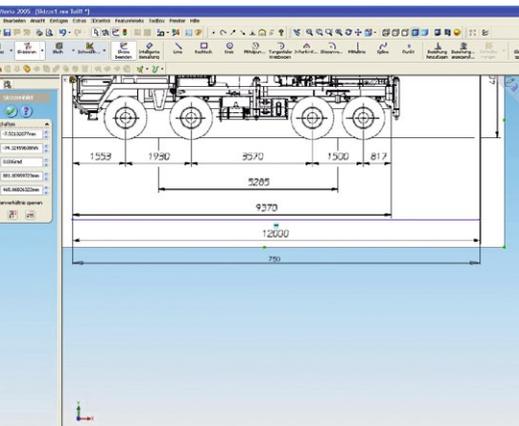
Skalierung und die Erstellung des 3D-Modells schlicht nicht möglich. Ein wichtiger Hinweis dazu: Je länger das Referenzmaß ist, desto präziser wird später auch die Skalierung im CAD-Programm.

## Theorie

In der Konstruktionslehre gibt es sieben Gestaltungsrichtlinien, die zu beachten sind: Funktionsgerechte, beanspruchungsgerechte, festigkeitsgerechte, werkstoffgerechte, herstellgerechte, kostengerechte und formgebungsgerechte Gestaltung. An dieser Stelle muss man sicher nicht auf alle sieben Richtlinien eingehen, mir erscheint aber für das hier



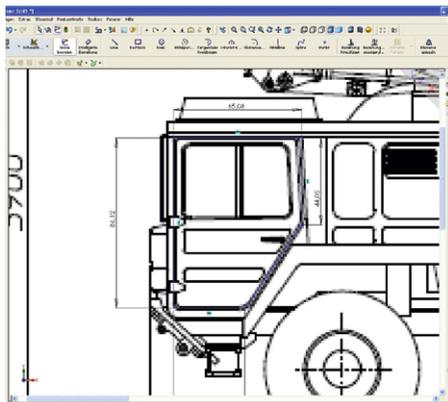
Nach dem Einzeichnen der Referenzlinie wird diese an den gewünschten Maßstab angepasst



Anpassen des Skizzenbildes

beschriebene Vorhaben ist insbesondere die herstellerechte Gestaltung maßgebend, da am Ende das Modell auf der heimischen CNC-Fräse in Polystyrol gefräst werden soll. Generell kann der fertigungsgerechte Aufbau von komplexen Bauteilen auf unterschiedliche Weisen erfolgen. So gibt es die sogenannte Differenzialbauweise, bei der ein Bauteil aus mehreren fertigungstechnisch günstig zu produzierenden Einzelteilen besteht, die später zusammengefügt das Bauteil ergeben. Oft werden dazu Halbzeuge und Normteile herangezogen. Im Gegensatz dazu steht die Integralbauweise, bei der mehrere Einzelteile zu einem Bauteil zusammengefasst sind. In der industriellen Praxis sind dies meist Guss- und Schmiedeteile, Strangpressprofile oder 3D-Druckteile.

In unserem Beispiel werden wir die MAN GL Tür-Panzerung als ein Einzelteil konstruieren, um es dann aus dem vollen Material zu fräsen. Der gegenteilige Konstruktionsweg wäre, die Tür zum Beispiel so konstruktiv zu „zerlegen“, dass man sie in zwei gesonderten Teilen anlegt, um nach dem Fräsvorgang alle Teile zusammen zu kleben. Wie man sieht,



Aus dem Skizzenbild wird die Referenzlänge für die spätere Fotoskalierung entnommen

führen viele Wege nach Rom. Für welchen man sich entscheidet, ist oft eine persönliche Abwägungsentscheidung, die sich natürlich auch nach den eigenen Fertigungsmöglichkeiten und der Größe der zu erstellenden Komponenten richten sollte.

## Auf zur Praxis

Wer Zugang zu einem PC hat, auf dem die CAD-Software Solidworks installiert ist, kann sich glücklich schätzen. Solidworks ist neben Catia und Autodesk-Produkten eines der meistverwendeten Softwarepakete für die parametrische 3D-Konstruktion in der Industrie. Im privaten Bereich werden häufig 3D-Softwarepakete wie Inventor Fusion, Google Fusion, Alibre oder Shark benutzt. Das im Folgenden beschriebene Vorgehen bei der Konstruktion ist aber, was den Workflow angeht, bei allen Programmen mehr oder weniger gleich. Wie geht man also nun konkret vor, um aus einem fotografierten Gegenstand zu einem 3D-Modell zu kommen?

### Schritt 1: Skizze in Ebene anlegen

In Solidworks definiert man zunächst im

3D-Raum eine Skizzenebene, in der man in zweidimensionaler Ansicht arbeiten will. In dieser Skizzenebene wird im nächsten Schritt unserer Beispielkonstruktion zunächst eine bemaßte Aufrisszeichnung eines MAN GL mit Sonderaufbau geladen, um aus dieser Skizze die notwendigen Referenzmaße zu entnehmen, da bei dem Foto der Tür-Panzerung kein Referenzmaß existiert.

### Schritt 2: Skizzenbild einladen

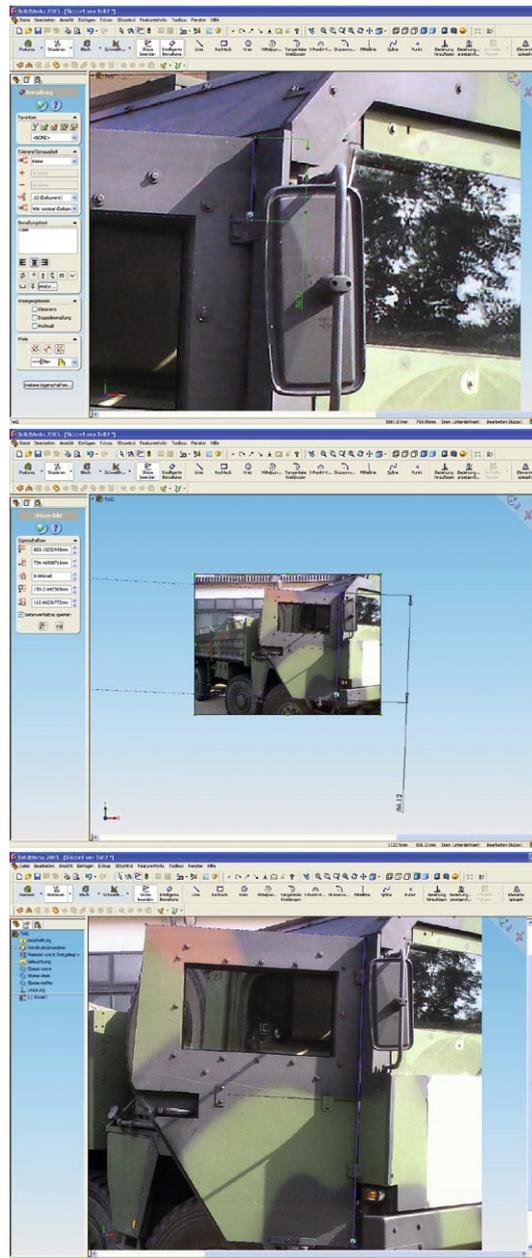
Über die Menüpunkte „Extras/Skizzieren/Skizzenbild“ gelangt man zu einem Auswahl-Fenster, in dem die entsprechende Bilddatei ausgewählt werden kann. Dort die Aufrisszeichnung anklicken.

### Schritt 3: Referenzmaß zeichnen

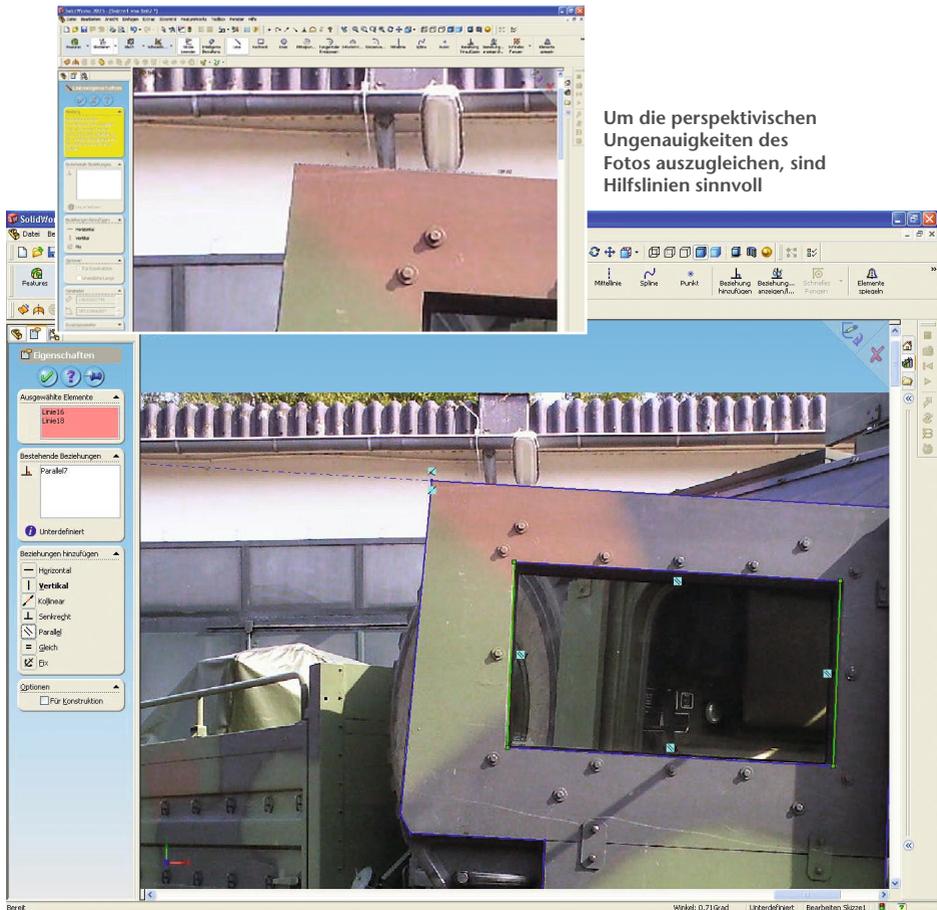
Um zu einem maßstabsgerechten Modell zu kommen, ist es notwendig, das eingefügte Bild zu skalieren. Dazu zeichnet man eine Referenzlinie in die Skizzenebene ein, die der maßstäblichen Länge entspricht, an der das Bild ausgerichtet werden soll. In diesem Fall soll die Lkw-Tür im Maßstab 1:16 entstehen. Im Bild selbst ist das längste Maß des Fahrzeugs mit 12.000 Millimeter (mm) angegeben. Daher wird meine Referenzlinie 750 mm lang ( $12.000 \text{ mm} / 16 = 750 \text{ mm}$ ).

### Schritt 4: Skizzenbild skalieren

Nachdem die Referenzlinie jetzt den richtigen Maßstab hat, wird das Bild durch einen Doppelklick ausgewählt und durch Ziehen entsprechend verkleinert, bis die Referenzlinie und die Maßzeichnung im Bild übereinstimmen. Es ist beim Verkleinern des Bildes unbedingt darauf zu achten, dass „Seitenverhältnisse sperren“ im Skizzenbildmenü aktiviert ist, denn nur so bleiben die Proportionen des Bildes beim Verkleinern oder Vergrößern erhalten.



Nachdem die Referenzlänge ermittelt wurde, ist diese in drei Schritten auf das digitalisierte Vorbild-Foto zu übertragen



Um die perspektivischen Ungenauigkeiten des Fotos auszugleichen, sind Hilfslinien sinnvoll

### Schritt 5: Längstes Maß ermitteln

Um die Einstellung des skalierten Skizzenbildes zu sichern, muss diese nun noch unbedingt abgespeichert werden. Nun kann sich der aufmerksame Leser fragen, warum wir diese Schritte nicht anhand des Fotos gemacht haben, auf dem die gewünschte Lkw-Tür zu sehen ist. Das hat einen ganz wesentlichen Grund: Im Foto fehlt jeder Anhalt einer Längenreferenz. Es muss also zunächst ein Referenzmaß beschafft werden, was mit dem bis hierhin geschilderten Prozedere abgeschlossen wurde. Denn man kann nun im Bild an der

längsten Kante (vertikal) der Fahrtür eine Linie einzeichnen und mittels Bemaßung das maßstabsgetreue Längenmaß ermitteln. Dies beträgt 86,12 Millimeter.

### Schritt 6: Übertragen der Referenzlänge aufs Foto

An dieser Stelle geht man prinzipiell wie bei den Schritten eins bis vier vor. Als Skizzenbild lädt man jetzt das Foto mit der Tür-Panzerung in die Skizzenebene von SolidWorks. Die Referenzlinie mit einer Länge von 86,12 Millimeter wird eingezeichnet und das Skizzenbild

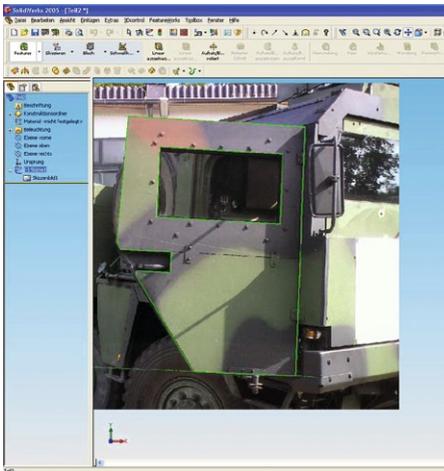
entsprechend verkleinert, bis die Referenzlinie und die Vorderkante der Panzer-Tür passend übereinander liegen.

### Schritt 7: Konstruktionslinien anlegen

Da die Tür-Panzerung im Foto (Skizzenbild) nicht ganz plan zum Betrachter steht, ist es wichtig, sich beim Konturnachzeichnen mit Hilfslinien das Konstruieren zu erleichtern, um so später eine geometrisch korrekte Skizze zu erhalten.

### Schritt 8: Konturen nachzeichnen, Beziehungen anlegen

In diesem achten Arbeitsschritt werden die Konturen der Tür nachgezeichnet und geometrische Beziehungen angelegt. Um möglichst genau zu arbeiten, empfiehlt es sich, die Zoom-Funktion zu nutzen, um die Zeichnungslinien möglichst exakt über die Konturen des Skizzenbilds zu legen.



Die Umriss der Tür-Panzerung sind fertig nachgezeichnet, die Linien färben sich automatisch grün

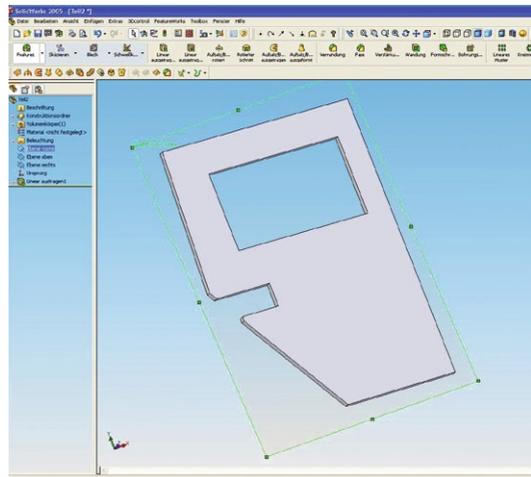
Fertiges 3D-Modell der Tür-Panzerung in Solidworks

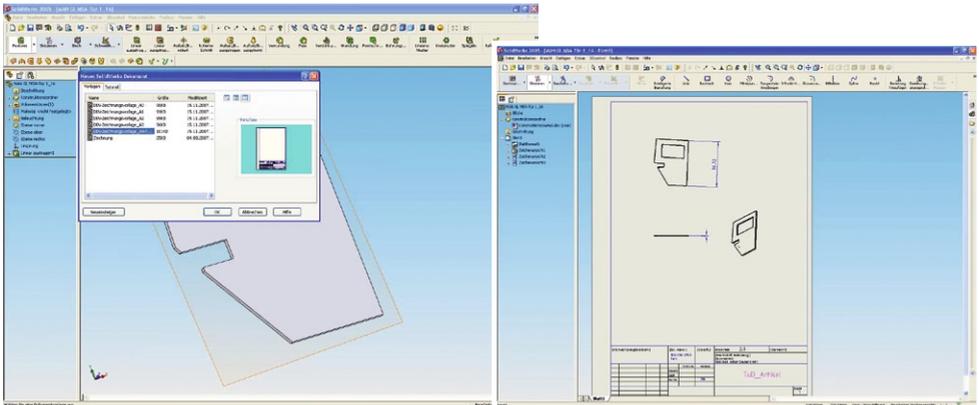
### Schritt 9: Skizze fertig

Wir kommen nun zur Fertigstellung der Skizze. Die gezeichneten Linien färben sich automatisch grün, wenn die Konturen geschlossen sind. Das ist wichtig, da man ansonsten in Solidworks kein 3D-Modell aus der Skizze erstellen kann. Da es sich hier um ein Anschauungsbeispiel handelt, wurde darauf verzichtet, die Beschlagteile mit zu konstruieren oder die Nut mit einzubringen.

### Schritt 10: Erzeugung 3D-Volumen-Modell

Nachdem die Skizze fertig ist, erstellt man über die Funktion „Features/Linear ausgetragen“ ein 3D-Modell mit einer Materialstärke von 2 mm. Jetzt stellt sich die Frage, wie man denn bitte aus einem Foto gegebenenfalls Materialstärken oder Tiefen ermitteln soll. Das wird nur schlecht gehen. Daher sollte man sich, wenn die Fotos selbst gemacht werden, entsprechende Maße am Objekt nehmen. Oder es wird auf Bildmaterial zurückgegriffen, welches das entsprechende Objekt in einer Perspektive zeigt, in der das Maß nach der hier vorgestellten Methode ermittelt werden kann.





Um die Tür später computergesteuert fräsen zu können, ist ein Abspeichern der Zeichnung im .dxf-Dateiformat nötig

### Schritt 11: Änderung Datei-Format

Will man das konstruierte Modell auf der CNC-Fräse herausarbeiten, dann bietet sich das .dxf-Dateiformat an. In SolidWorks erzeugt man eine entsprechende Datei, in dem man eine Zeichnung anlegt, in die dann das Modell eingefügt wird. In unserem Fall soll die Datei in das CAM-Programm EstlCAM 2,5D geladen

und darin dann den Steuerungscode (G-Code) für die CNC-Maschine erzwungen werden. Was Estlcam genau ist, wird im weiteren Verlauf dieses Beitrags erläutert.

## Fertigungsvorbereitung

Zur eigentlichen Anfertigung des Bauteils gehört die Fertigungsvorbereitung. Darunter

## G-CODE

Exemplarisch folgt hier die Darstellung eines Auszugs des generierten G-Codes. In den eckigen Klammern steht jeweils eine kurze Beschreibung der Aufgaben, die sich hinter dem Code verstecken.

G90 [Absolute Maßangaben]

M03 [Spindel ein]

G00 Z5.00 [Im Eilgang auf Sicherheitshöhe fahren]

G00 X70.44 Y239.77 [Im Eilgang zur Startposition fahren]

G00 Z0.50 [Mit voller Vorschubgeschwindigkeit kurz oberhalb der Werkstückoberfläche positionieren]

G01 Z0.00 F100 [Mit reduzierter Vorschubgeschwindigkeit auf Werkstückoberfläche absenken]

G01 Z-2.00 F100 [1/8 Vorschubgeschwindigkeit in das Werkstück eintauchen]

G01 X66.80 Y239.98 F800 [Konturfräsen]

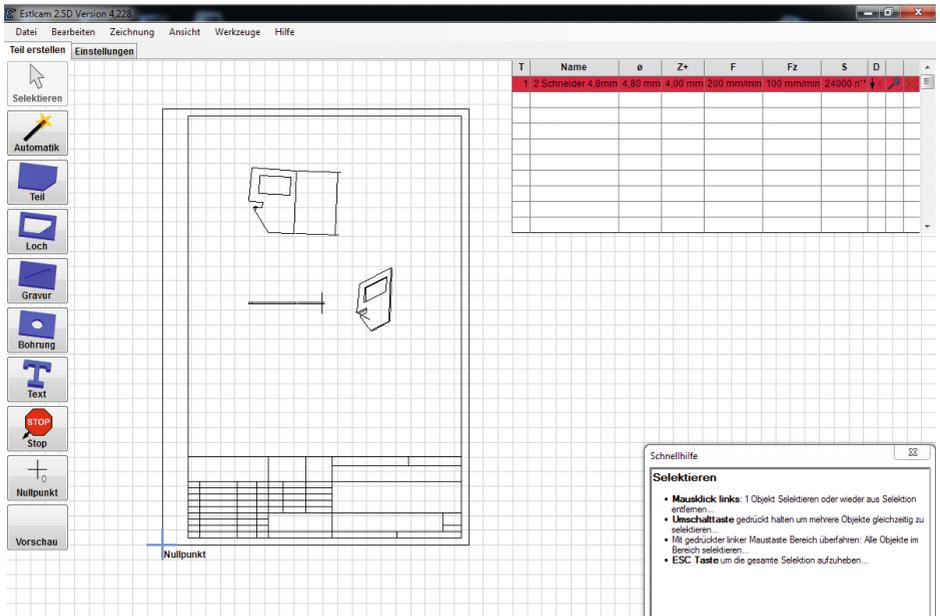
G01 X67.23 Y251.04 [Konturfräsen]

G01 X81.92 Y250.20 [Konturfräsen]

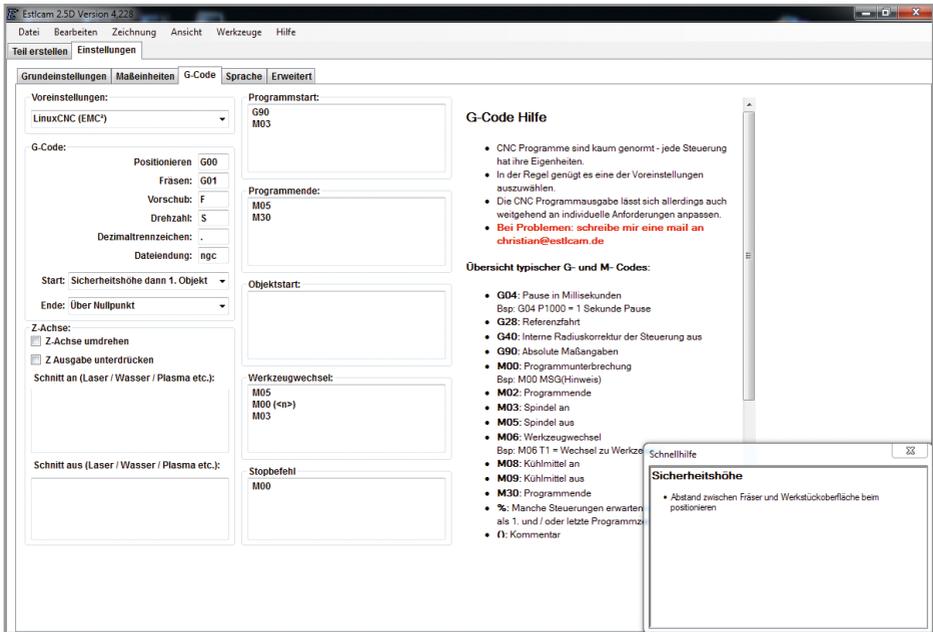
fällt unter anderem die Zusammenstellung der notwendigen technologischen Informationen wie Drehzahl, Vorschub, verwendetes Werkzeug sowie die Programmierung der CNC-Maschine. In diesem Fall soll das Objekt aus Polystyrol-Platten mit einer Materialstärke von 2 mm hergestellt werden. Als Fräser kommt ein einschneidiger Fräser mit einem Durchmesser von 1 mm zum Einsatz. Die Drehzahl stellen wir bei der verwendeten Kress 1050 FM-Frässpindel auf Stufe 2 – dies entspricht etwa 7.700 Umdrehungen in der Minute. Eine gute Hilfe für das Nachschlagen entsprechender Fertigungsparameter ist beispielsweise das Tabellenbuch Metall ([www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)).

Ebenfalls zur Fertigungsvorbereitung gehört die Programmierung des CNC-Programms. Dies kann, sofern man dies beherrscht, manuell erfolgen. Bei der Programmierung

wird jeder einzelne Schritt, den die Maschine zur Fertigung machen muss, in ein Programm gefasst. So etwas ist zeitaufwändig und mitunter bei komplizierten Werkstück-Geometrien nicht so einfach zu lösen. Aus dem Grund haben sich auch im Hobbybereich so genannte CAM-Software-Pakete etabliert. Mit diesen Programmen ist es möglich, die erstellten CAD-Daten einzulesen und in einem halbautomatischen Verfahren den Steuerungscode für die CNC-Maschine, der auch G-Code genannt wird, zügig, übersichtlich und sicher zu erstellen. Für dieses Vorhaben kann man das mit 25,- Euro recht günstige Softwarepaket Estlcam 2,5D von Christian Krüll nutzen, mit dem sich .dxf-Zeichnungen zu einem fertigen CNC-Programm erstellen lassen. Die Handhabung ist fast selbsterklärend. Im Folgenden wird beschrieben, was man auf dem Weg zum fertigen G-Code alles beachten und tun sollte.



Zunächst muss die erzeugte .dxf-Datei mit den Umrissen der Tür in die Estlcam 2,5D-Software eingeladen werden



Definition der Programmeinstellungen und Steuerung der CNC-Maschine

Zunächst wird in Estlcam die in Solidworks erstellte .dxf-Zeichnung der Tür eingeladen. Man erkennt, dass Estlcam das komplette Zeichnungsblatt importiert. Uns interessiert aber nur die Seitenansicht der Tür (im Zeichnungsblatt oben) An diesen Ausschnitt können wir mittels Mausrad zur späteren Bearbeitung heranzoomen. Nachdem das Zeichnungsblatt in Estlcam im Arbeitsbereich, Reiterbezeich-

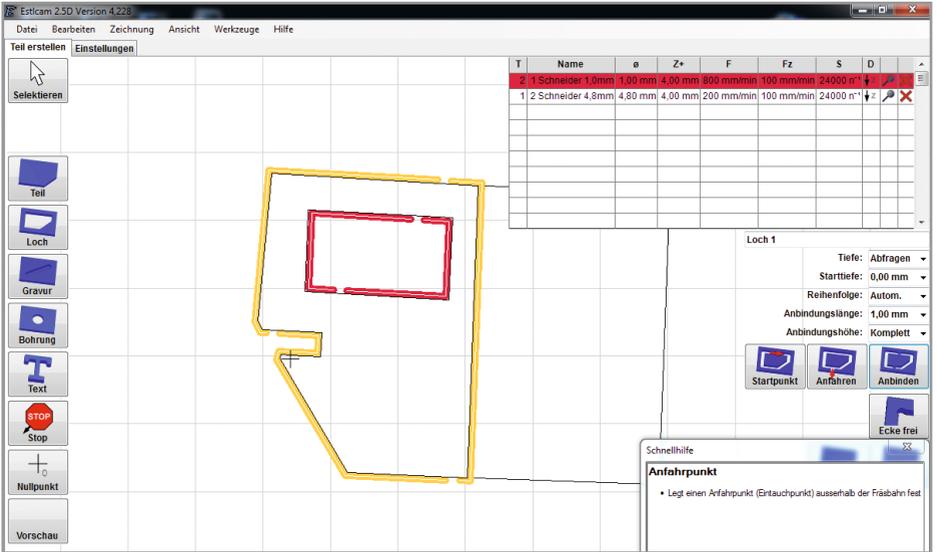
nung „Teil erstellen“, positioniert ist, wechselt man in den Reiter „Einstellungen“. Dort hinterlegt man seine an der Fräse verwendeten CNC-Steuerung – hier LinuxCNC.

## Bahnen ziehen

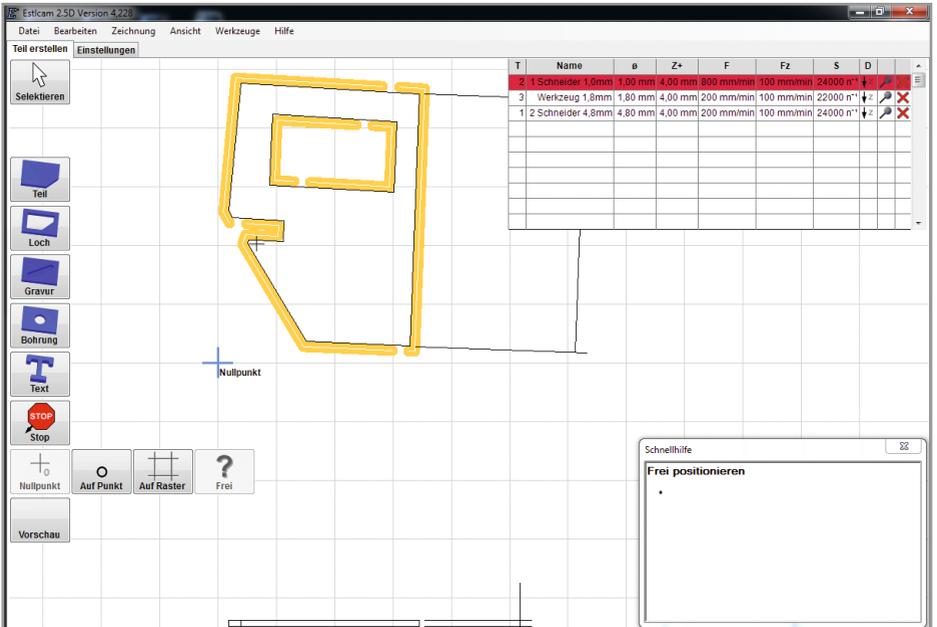
Bevor die zu fräsenden Konturen selektiert werden, wählt man aus der Werkzeugtabelle ein vorher definiertes Fräswerkzeug. Um dem Programm mitzuteilen, welche Konturen es als Fräsbahnen zur Erzeugung des G-Codes verwenden muss, zoomt man das Zeichnungsblatt entsprechend heran, bis die Tür zu sehen ist. Über den Menü-Punkt „Teil“ wählt man nun im manuellen Modus durch Mausclicks die Fräskonturen aus. Den Fensterausschnitt definiert man über den Menüpunkt „Loch“. Da wir vermeiden müssen, dass das gefräste Werkstück nach dem vollständigen Fräsvorgang lose

## MEHR INFOS

- » Tabellenbuch Metall, Heinzler u.a., Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten
- » Handbuch für Technisches Produktdesign, Kalweit u.a., Springer-Verlag, Berlin
- » Technik und Programmierung von NC Maschinen, Wagner u.a., Verlag Handwerk und Technik, Hamburg



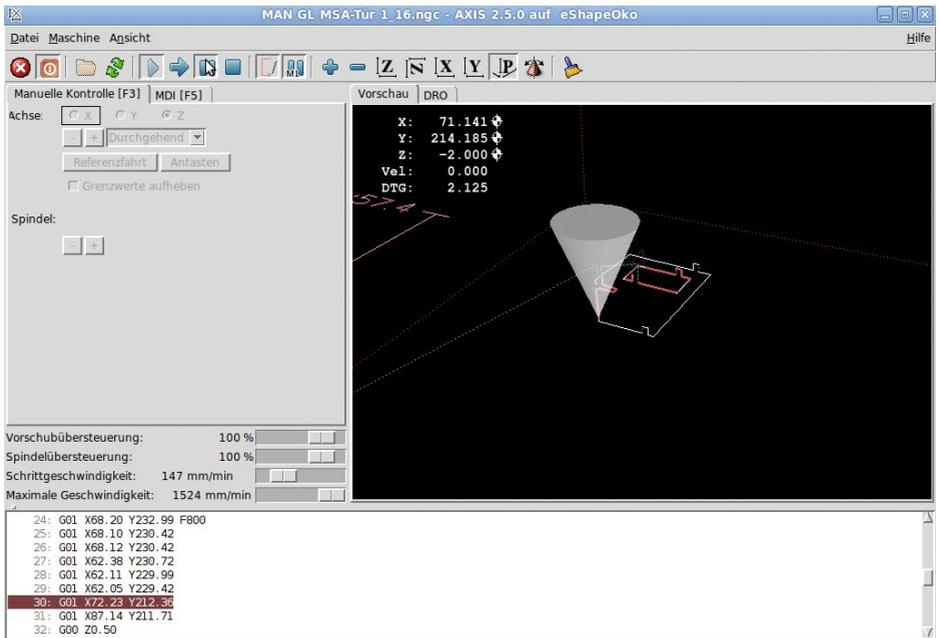
Die einzelnen Fräsbahnen müssen exakt festgelegt werden



Nullpunkt setzen: X- und Y-Achse des Bauteils  
müssen im positiven Fräsbereich sein

CNC-Fräse eShapeOko  
mit Kress-Frässpindel





Bevor es tatsächlich losgeht, ist eine Fräsimulation in LinuxCNC absolut empfehlenswert, um Maschinen und Material vor Beschädigungen zu bewahren

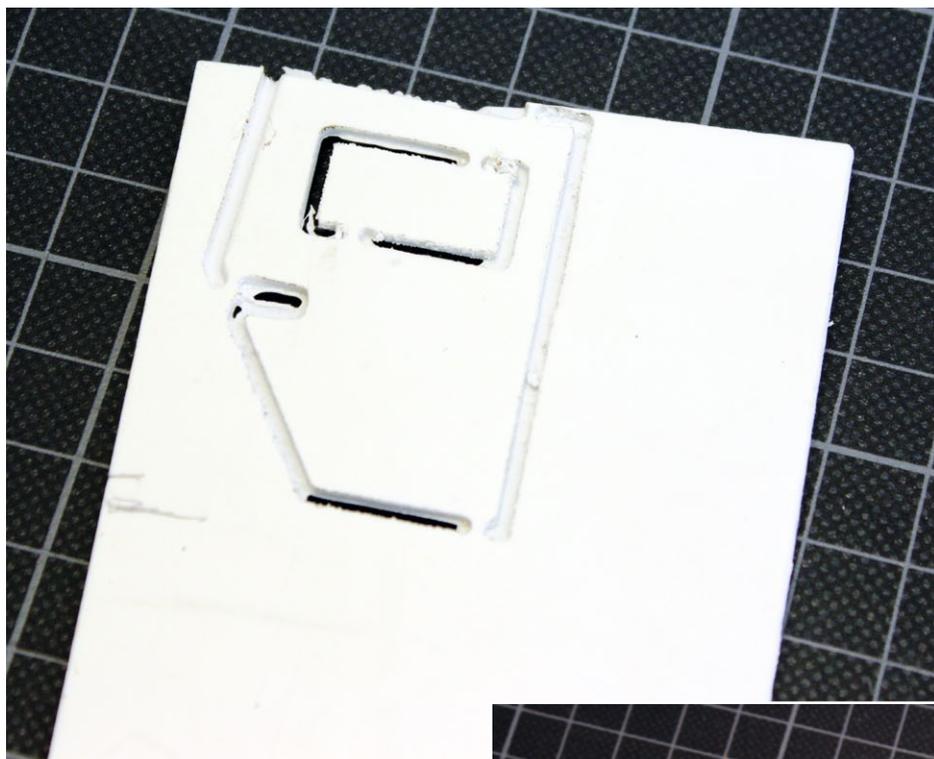
und damit unbefestigt auf dem Arbeitstisch liegt, ist es zwingend erforderlich, sogenannte Ankerpunkte auf der jeweiligen Fräsbahn zu definieren. Würde man keine Ankerpunkte setzen, wäre eine weitere Bearbeitung nicht möglich, wenn beispielsweise zunächst die Außenkontur und erst dann der Fensterauschnitt gefräst wird. Diese Ankerpunkte sind quasi kleine Stege, die das gefräste Werkstück mit dem übrigen Material, welches auf dem Arbeitstisch befestigt ist, verbinden. Nach dem Gesamtfräsvorgang können die Stege einfach mit einem Messer durchtrennt werden. Ist die Definition der Fräsbahnen beendet, so wird abschließend der NC-Code über den Menüpunkt „Datei“ abgespeichert.

Zur eigentlichen Bauteil-Herstellung kommt die im vorherigen Kapitel beschriebene Portal-

fräse eShapeOko zum Einsatz, die mit einer Kress 1050 FME Frässpindel ausgerüstet ist. Diese Table-Top-Fräse für unter 400,- Euro ist für Hobby-Anwendungsfälle völlig ausreichend und passt gut in die Werkstatt. Die Steuerung der eShapOko übernimmt wie beschrieben ein HP ThinPC, auf dem das bewährte CNC-Steuerungsprogramm LinuxCNC werkelt. Der Rechner steuert via Parallelport-Anschluss eine Schrittmotorenkarte für alle drei Achsen an.

## Ob es klappt?

Zum Fräsen selbst ist Polystyrol-Plattenmaterial direkt auf dem Arbeitstisch mittels Klemmen fixiert. Den Werkstücknullpunkt fährt man vor dem Start des Programmes manuell an. Den Z-Achsen-Nullpunkt ertastet man in winzigen Schritten, in dem zwischen Werkstück und Fräse ein dünnes Blatt Papier gelegt und den



Fertig gefräste Tür-Panzerung aus Polystyrol im Maßstab 1:16

Fräser solange abgesenkt wird, bis das Papier nur noch soeben ohne Beschädigung herausgezogen werden kann. Anschließend stellt man den Kress-Motor am Drehzahlstellrädchen auf Stufe 2. Bevor der Fräsmotor und das Programm endgültig gestartet werden, sollte zur Sicherheit noch eine Frässimulation in LinuxCNC vorgenommen werden, um den Ablauf noch letztmalig zu kontrollieren. Ist auch das geschehen, kann es losgehen: Kress-Motor an und Programmstart. Wenn alles richtig konstruiert wurde, entsteht nun – fast wie von Geisterhand – eine maßstabsgetreu verkleinerte Lkw-Tür. Ein tolles Gefühl, das jeder einmal erleben sollte. ■



Letzte Schritte: Herausstrennen und Versäubern mit dem Cutter

Die Modellbauzeitschrift für Nutzfahrzeug-Freunde

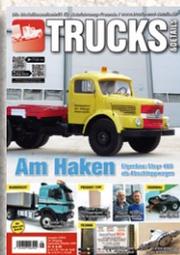


# TRUCKS & DETAILS

## KENNENLERNEN FÜR 6,90 EURO

**TRUCKS & Details** bringt  
sechsmal jährlich alles über

- ▶ European & American Trucks
- ▶ Aktuelle Fahrzeuge & Oldtimer
- ▶ Alle Maßstäbe von 1:8 bis 1:87
- ▶ Baumaschinen
- ▶ Neuheiten am Markt
- ▶ Elektrik & Elektronik
- ▶ Materialbearbeitung
- ... und vieles mehr!



**3 für 1**  
Drei Hefte zum  
Preis von einem  
Digital-Ausgaben  
inklusive

### Ihre Schnupper-Abo-Vorteile

- ✓ 13,80 Euro sparen
- ✓ Keine Ausgabe verpassen
- ✓ Versand direkt aus der Druckerei
- ✓ Jedes Heft im Umschlag pünktlich frei Haus
- ✓ Regelmäßig Vorzugsangebote für Sonderhefte und Bücher

Im Internet: [www.trucks-and-details.de](http://www.trucks-and-details.de)



**DAS DIGITALE  
MAGAZIN**

# JETZT ERLEBEN

Weitere Informationen unter [www.trucks-and-details.de/digital](http://www.trucks-and-details.de/digital)



QR-Codes scannen und die kostenlose  
Kiosk-App von TRUCKS & Details installieren.







## IMPRESSUM

### CNC-Technik workbook



wellhausen  
& marquardt

Mediengesellschaft

ISBN 978-3-939806-89-9

#### Verlag:

Wellhausen & Marquardt  
Mediengesellschaft bR  
Hans-Henry-Jahnn-Weg 51  
22085 Hamburg  
Telefon: 040 / 42 91 77 - 0  
Telefax: 040 / 42 91 77 - 155  
E-Mail: [post@wm-medien.de](mailto:post@wm-medien.de)  
Internet: [www.wm-medien.de](http://www.wm-medien.de)

#### Herausgeber:

Tom Wellhausen  
[post@wm-medien.de](mailto:post@wm-medien.de)

#### Verlagsleitung:

Christoph Bremer

#### Leitung Redaktion/Grafik:

Jan Schönberg  
[redaktion@wm-medien.de](mailto:redaktion@wm-medien.de)

#### Redaktion:

Tobias Meints  
[redaktion@wm-medien.de](mailto:redaktion@wm-medien.de)

#### Autoren:

Robert Baumgarten  
Alexander Geckeler

#### Grafik:

Martina Gnaß  
[grafik@wm-medien.de](mailto:grafik@wm-medien.de)

#### Anzeigen:

Sebastian Marquardt (Leit.)  
Denise Schmahl  
[anzeigen@wm-medien.de](mailto:anzeigen@wm-medien.de)

Gedruckt auf chlorfrei  
gebleichtem Papier.  
Printed in Germany.

#### Copyright

Nachdruck, Reproduktion oder  
sonstige Verwendung, auch aus-  
zugsweise nur mit ausdrücklicher  
Genehmigung des Verlages.

#### Haftung

Sämtliche Angaben wie Daten,  
Preise, Namen, Termine usw.  
ohne Gewähr.

#### Bezug:

Das CNC-Technik workbook  
erhalten Sie direkt beim Verlag.  
[www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de)  
[www.trucks-and-details.de](http://www.trucks-and-details.de)

# Portalfräsen perfekt für Hobby & Modellbau

## BZT PFL-3 Baureihe

- ▶ Günstige Einsteigerfräse
- ▶ T-Nutenplatte 15 / 20 mm
- ▶ Kugelrollspindeln in allen Achsen außergewöhnlich in dieser Preisklasse
- ▶ Linearführungen 15 und 25 mm präzise und robust

BZT PFL-3 0302  
Spitzenklasse  
**Heimwerker**  
Praxis 2/2016  
Preis/Leistung: gut  
**1,2**



PFL-3 Baureihe  
Basismaschine ab  
**2380,- €**  
inkl. 19% MwSt

## BZT PF Baureihe

- ▶ Unser Bestseller
- ▶ Rundführungen 25 mm
- ▶ KTR-Kupplungen zwischen Schrittmotor und Spindel
- ▶ 16 mm Kugelrollspindeln in allen Achsen

**Ct Hacks**

Portalfräsen  
im Test 1/2013

„Die PF 750-P ist ein brutales, robustes, gut durchdachtes Gerät mit exzellenter Leistung.“

„In puncto Verwindungssteifigkeit ist die BZT spitze: Da wackelt und eiert nichts!“

„Da merkt man, dass sich der Hersteller auskennt.“

Zitate aus dem der Test der „PF750-P“ aus Januar 2013 der Ct Hacks



## BZT PFK Baureihe

- ▶ Die Modellbaufräse
- ▶ Einfache Handhabung
- ▶ Stahlkonstruktion in X u. Y-Achse robust und schwingungsarm
- ▶ Alle Führungen gehärtet und geschliffen

**Rexroth**  
Bosch Group

- ▶ Linearführung von Bosch Rexroth
- ▶ Führungswagen von Bosch Rexroth



made  
in  
Germany

Alle Bilder zeigen Maschinen mit optionalen Zubehör.



**BZT Maschinenbau GmbH** . Westring 18 . D-33818 Leopoldshöhe  
Fon + 49(0)52 02. 99 30 6-0 . info@bzt-cnc.de . www.bzt-cnc.de



**Laumat GmbH** . Langhagweg 118 . CH-4242 Laufen  
Fon +41(0)61 763 09 25 . info@laumat.ch . www.laumat.ch



# CNC-STEP

CNC Maschinenbau



## Stabile CNC-Portalfräsen und Graviermaschinen für Metall - Kunststoff - Holz



▶ Robuste Konstruktion

▶ Kugelgewinde - Spindeln

▶ 3-Achs Simultan 3D Fräse

▶ inkl. 5 Kanal Steuerung

▶ inkl. 3D CAD/CAM Software  
ConstruCAM 3D

▶ über 6500x verkauft !

High-Z | S-400/T | S-720/T | S-1000/T | S-1400/T und T+ bis 1400x1050mm

Plug & Play CNC Maschinen ohne Parametrierung - Fertig aufgebaut - Geprüft



2D und 3D

- Fräsen
- Gravieren
- Schneiden
- Plasmaschneiden
- Dosieren
- Messen
- Scannen

# CNC-STEP



CNC Maschinenbau

CNC-STEP e.K.

Siemensstrasse 13-15  
D-47608 Geldern

Fon: +49(0)2831 91021-20

Fax: +49(0)2831 91021-99

info@cnc-step.de

www.cnc-step.de

\*Typ High-Z S-400