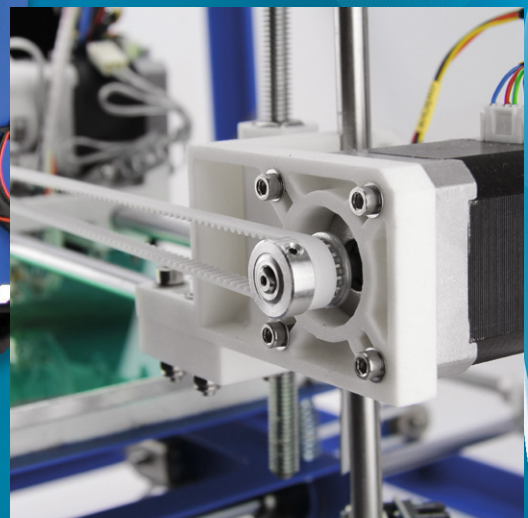
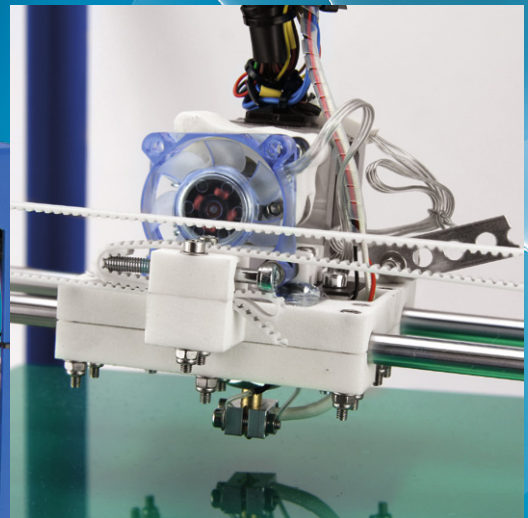
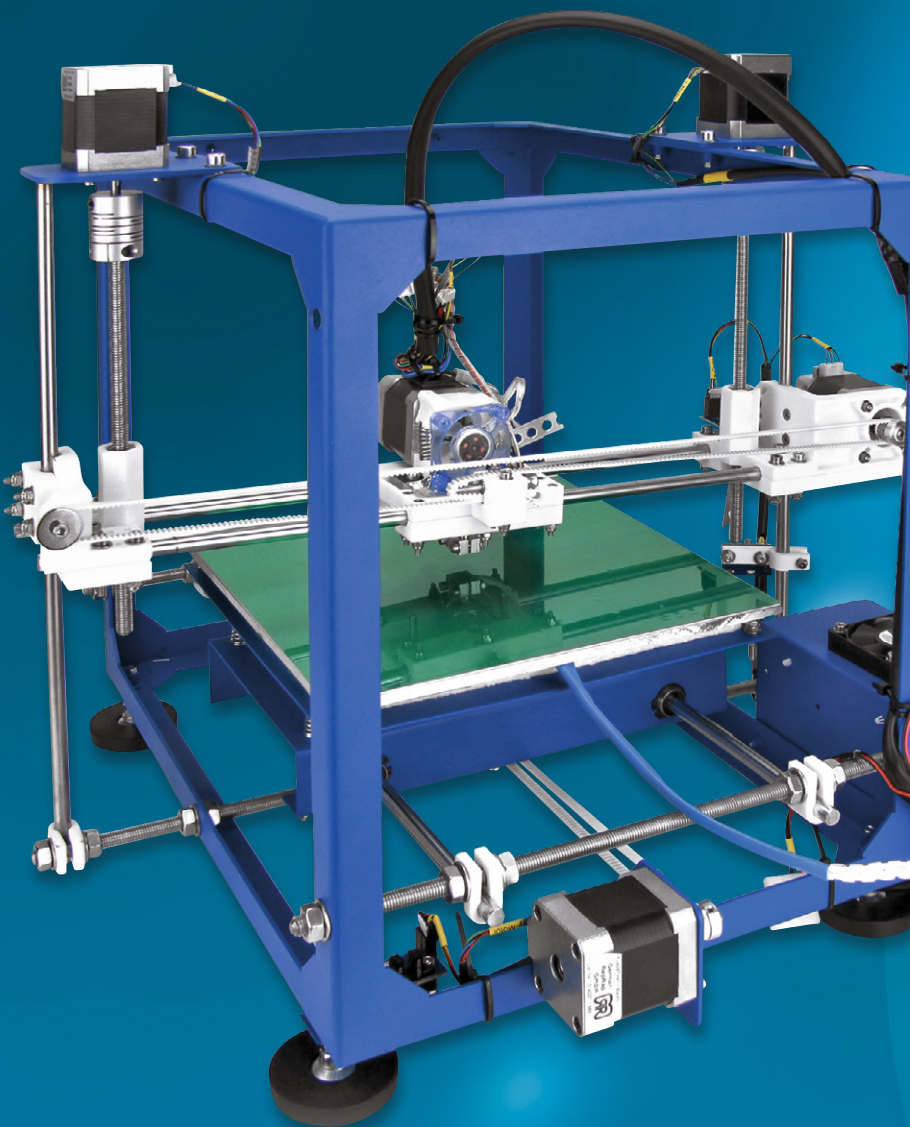




# 3D-Druck

3D-Drucker-Bausatz RepRap PRotos V2 – ein Baubericht



3D-Drucker-Bausätze üben derzeit auf engagierte Selbstbauer eine besondere Faszination aus – man kommt relativ preiswert an einen funktionstüchtigen 3D-Drucker, hat hier die Möglichkeit, sich wirklich von Grund auf mit der nicht ganz trivialen Maschine sowie deren Aufbau und Funktion zu beschäftigen, und kann wahrhaft stolz sein, wenn das Ganze schließlich wirklich funktioniert.

Nach dem interessanten Erst-Aufbau-Erlebnis mit dem Velleman K8200 vor fast einem Jahr an gleicher Stelle nahmen wir nun einen weiteren sehr interessanten 3D-Drucker-Bausatz ins Visier – den RepRap PRotos V2 der German RepRap GmbH.



# aus dem Baukasten

## Open Source durch und durch

Die 2010 gegründete deutsche Division des RepRap-Projekts hat sich konsequent dem Open-Source-Gedanken verschrieben, so bildet auch das rechtechnische Rückgrat des PRotos, die weit verbreitete Plattform aus Arduino Mega2560, RAMPS-Platine und den modularen Pololu-Motorendstufen, die typische Ausstattung RepRap-kompatibler Drucker. Eine große Community im Rücken ist dem Anwender gewiss, das ist vor allem für Einsteiger schon einmal beruhigend.

Was ist RepRap? Zuerst einmal das Kurzwort für „replicating rapid prototyper“, eine Maschine, die sich selbst durch Herstellen von aus Schmelzstoffen produzierten Kunststoffteilen vervielfältigen kann. „Sich selbst vervielfältigen“ betrifft freilich nur die Spezialteile der Maschine, der Rest ist allfällig verfügbarer Standard wie Schrittmotoren, Wellen, Lager, Antriebe, Stützmaterial.

Initiator war 2005 der englische Hochschullehrer Dr. Adrian Bowyer. „Rapid Prototyping“ war bis dahin nur ein Begriff unter kommerziellen Herstellern von 3D-Druckern, die mit sündhaft teuren Maschinen durch verschiedene Verfahren 3D-Teile in einem Stück fertigen konnten. Adrian Bowyer war mit seiner Vision, diese Technologie massentauglich zu machen, zwar nicht allein, aber der 2005 begonnene RepRap-Blog [1] folgte von Anfang an konsequent einem Ziel – alles sollte stets Bestandteil einer Open-Source-Community sein.

Die Arbeiten an einem für jeden nachbaubaren Drucker begannen, und nach einigen Prototypen betrat 2008 der Darwin die Bühne der Öffentlichkeit (Bild 1). Ihm folgte 2009 der robustere Mendel, der durch seine prismaförmige Form hervorstach (Bild 2). Aus ihm ging der mechanisch einfacher aufgebaute Prusa Mendel hervor, der (einschließlich Abwandlungen und Weiterentwicklungen) bis heute verkauft wird. Auch der 2010 vorgestellte Huxley war ein Erfolg. Da Open Source nach wie vor das Konzept war und ist, entstanden bald weltweit Hunderte Modifikationen des RepRap-Konzepts, als privates Projekt, als das einer Community oder von kommerziellen Vertreibern. Letztere boten dann

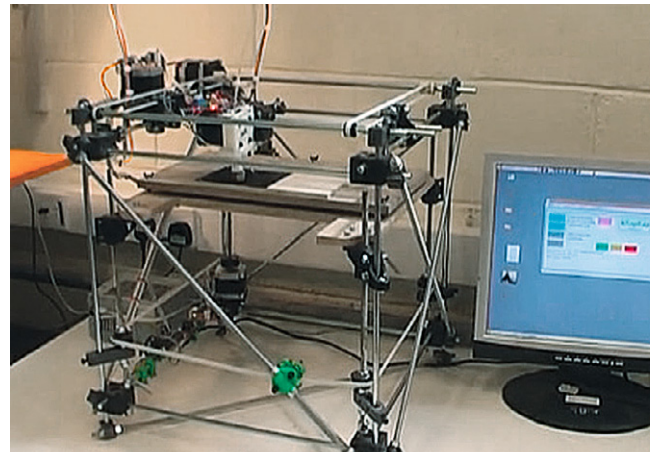


Bild 1: Open-Source-Urahn – der Darwin-Drucker. Bild: RepRap.org

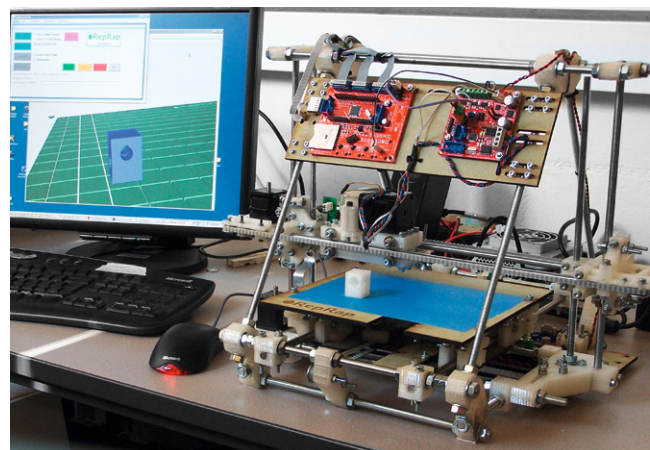


Bild 2: In abgewandelter Form noch heute auf dem Markt – der RepRap Mendel. Bild: RepRap.org/Wikipedia



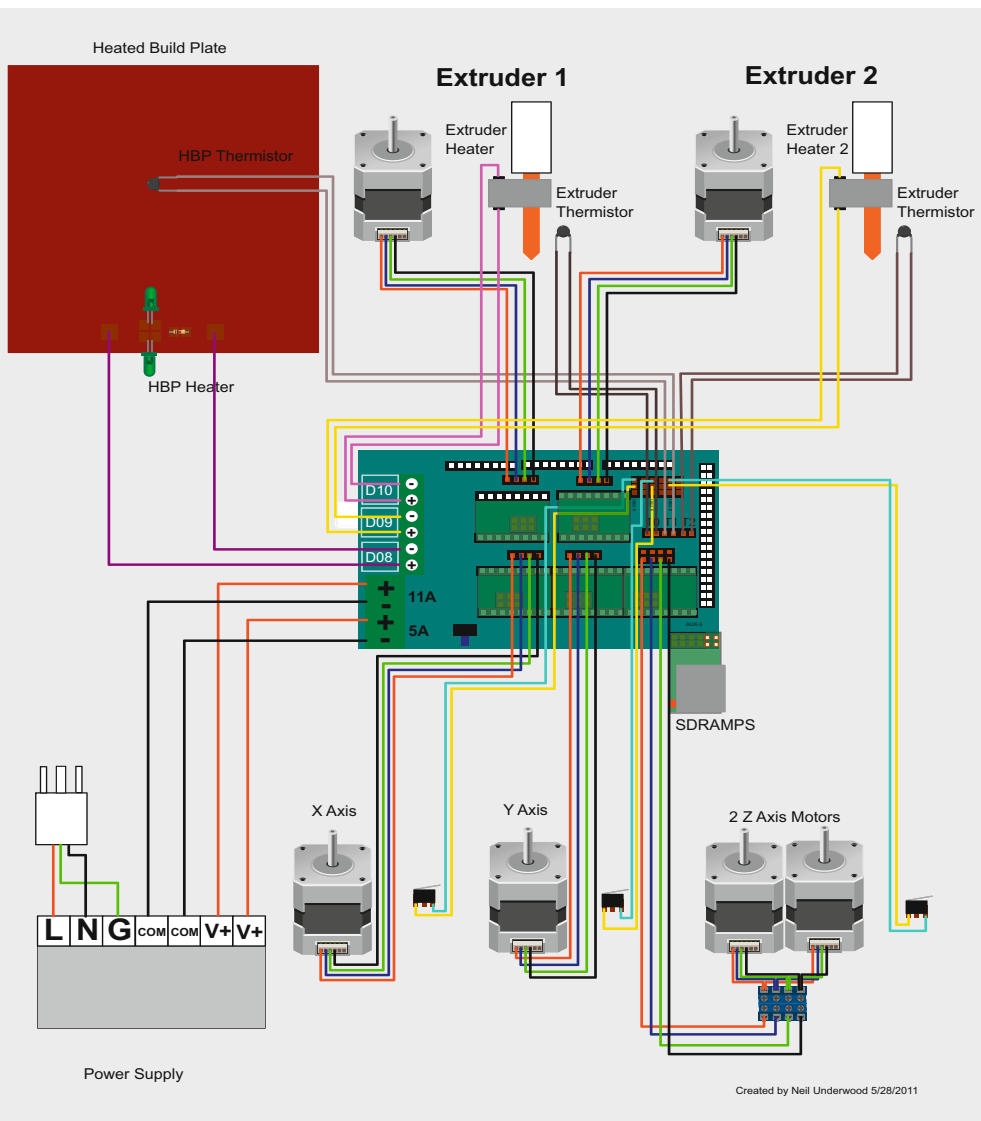


Bild 3: Kommt in vielen Steuerungssystemen zum Einsatz, nicht nur in 3D-Druckern – RAMPs, das Steuerungs-Shield für den Arduino Mega

ab Ende des vergangenen Jahrzehnts erstmals Bausätze an, sowohl als rein mechanischer Bausatz, bei dem zahlreiche Standard-Bestandteile wie etwa die Schrittmotoren selbst beschafft werden mussten, als auch als kompletter Open-Source-Bausatz mit Open-Source-Elektronik. Hier hat sich als Steuerelektronik die RAMPs-Platine ([2], RAMPs = RepRap-Arduino-Mega-Pololu-Shield, Bild 3) weit verbreitet. Sie ist zur vielfach bei Open-Source-Druckern eingesetzten RepRap/Marlin-Firmware kompatibel, trägt bis zu 5 Motortreiber, verfügt über leistungsfähige FET-Schaltstufen für Heizungen usw. und arbeitet als Shield für das als Steuerung eingesetzte Arduino-Mega-Board.

Seit 2010 widmet sich die German RepRap GmbH der Entwicklung und dem Vertrieb u. a. auch von RepRap-Druckern, der hier betrachtete Protos V2 passt genau in das Open-Source-Konzept der RepRap Foundation.

Soviel zur Vorgeschichte, werfen wir einen ersten Blick auf den 3D-Drucker!

### Aufgeräumt und hochwertig

Der PRotos ist mit 799 Euro kein echtes Schnäppchen, ergo darf man schon allerhand erwarten in einer Zeit, in der es für diesen Preis betriebsfertige 3D-Drucker gibt – schließlich kostet der „kleine Bruder“ NEO, wenn auch mit anderem mechanischen Konzept, aus gleichem Hause 100 Euro weniger.

Der Bauraum des Druckers beträgt (ohne Heizbett) 230 x 230 x 125 mm, er druckt 3-mm- und 1,75-mm-Filament aus einer 0,5-mm-Düse (optional auch 0,4/0,3 mm verfügbar) und braucht 500 x 460 x 460 mm auf dem Tisch.

Es ist die Summe aus hochwertigen Bauteilen, äußerst stabilen Materialien, sehr kräftigen Schrittmotoren, fast ohne Lötarbeiten verlegbarer Verkabelung und präzisen Antriebs- und Führungsteilen, die schließlich zu einem sehr robusten, aber sehr präzise arbeitenden Ergebnis führt – nicht zu vergleichen mit preiswerteren Einstiegsmodellen.

Das ist die sinngemäße Werbeaussage des Anbieters, und da der Drucker in das ELV-Versandhaussortiment aufgenommen werden sollte, stand ein im Sinne der künftigen Käufer kritisch begleiteter Testaufbau eines Bausatzes an. Dabei lautete die Prämisse, zunächst keine eigenen Ideen und Modifikationen zu realisieren, allenfalls anzuregen, evtl. fehlende Teile nur direkt aus der heimischen Bastelkiste zu ersetzen und sich ansonsten strikt an die Bauanleitung zu halten.

Mit größeren Problemen rechneten wir nicht, das Konzept lässt das nicht erwarten, und außerdem waren durch den vorjährigen Aufbau und den inzwischen einjährigen Betrieb des K8200 einige Aufbauenerfahrungen, auch zu den Tücken eines solchen Projekts, vorhanden.

Gegenüber den früher vorgestellten RepRap-Aufbauten des PRotos mit einem extrem robusten Kasten-Stahlrahmen freut sich das Auge nach Öffnen des Bausatzkartons zunächst am schönen, blau pulverbe-



schichteten Winkelstahlrahmen, der sehr robust ausfällt und damit viel Stabilität bei der intensiven Bewegungsarbeit der Druckerachsen verspricht. Bild 4 zeigt den Rahmen nebst weiteren mechanischen Teilen und den vier Schrittmotoren für den Antrieb. Auch der Schlitten für das Druckbett macht einen robusten Eindruck, zudem sind hochwertige Lager eingebaut (Bild 5).

Alle Teile sind bau- und funktionsgruppenweise verpackt (Bild 6), jede der in der Bauanleitung mit ihrer Nummer zu findenden Tüten ist zusätzlich mit ihrem Inhalt beschriftet (Bild 7).

Eines der wichtigsten Teile des 3D-Druckers musste sofort begutachtet werden – das Hotend (Bild 8). Geliefert wird es mit einer 0,5-mm-Düse für 3-mm-Filament, diese ist problemlos austauschbar. Die Beheizung erfolgt mit einer leistungsfähigen Heizpatrone, die Temperaturüberwachung direkt daneben im Block über einen Thermistor. Eine PTFE-Führung sichert eine problemlose Zuführung des Filaments.

Als Netzteil für den Drucker wird ein normales 500-W-ATX-PC-Netzteil mitgeliefert (Bild 9), etwas ungewöhnlich, aber immerhin stellt es garantiert genug Leistung zur Verfügung: zwei 12-V-Schienen liefern 15 bzw. 17 A.

Der Drucker kommt mit einem nicht beheizten Druckbett ins Haus, bestehend aus einer robusten



Bild 4: Kennzeichen solider Mechanik – der robuste Rahmen soll für vibrationsarmen Lauf des Druckers sorgen.



Bild 5: Der Druckbettschlitten ist robust und verfügt über hochwertige Lager.



Bild 6: Alle kleineren Bauteile sind baugruppenweise in beschrifteten Beuteln verpackt.

Art.No / Art.Nr.:  
**100270.20**  
auto-windstop-1-axis/  
Opto Endstop - 2-Achse MA-Kit

German RepRap GmbH

Content / Inhalt:

Pcs/Stk	Description / Beschreibung	ArtNo/ArtNr	Dim./Größe
2	cylinder head screw/ Zylinderkopfschraube: D1/N512	600645	M3x20
2	selflocking nut/ Selbstsichernde Mutter: DIN985	600671	M3
2	sleeve/ Distanzhülse Plastik	600494	5mm
1	mounting band/ Montageband	600421	L50mm
1	cylinder head screw/ Zylinderkopfschraube: D1/N512	600190	M4x25
2	washer/ Scheibe: DIN125	600632	M4

Bild 7: Detaillierte Inhaltsübersicht auf jedem Beutel, so erkennt man fehlende und falsche Teile schon beim Auspacken.

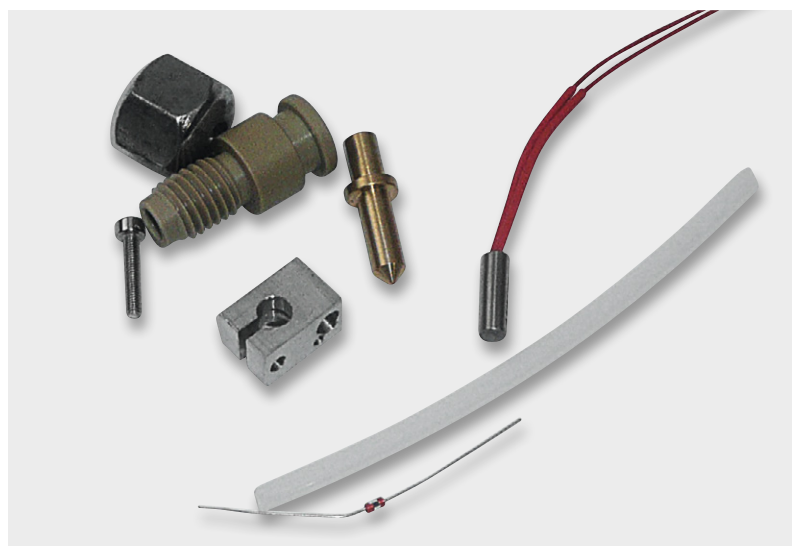


Bild 8: Das Hotend wird mit einer 0,5-mm-Düse für 3-mm-Filament geliefert.



Bild 9: Als Netzteil kommt ein normales PC-Netzteil zum Einsatz, das genug Reserven auch für den Ausbau mit einem zweiten Extruder hat.

Stahl-Grundplatte und einer hier aufzuschraubenden Aluminiumplatte, die mit einer ebenfalls mitgelieferten Kaptonfolie als Hafthilfe für die Drucke belegt wird (Bild 10). Sie wird zusätzlich durch mitgelieferte Papierclips auf der Grundplatte fixiert. Um es vorwegzunehmen: Diese Konstruktion erwies sich als erstaunlich eben, sodass die spätere Nivellierung des Drucktisches sehr einfach war. Diese Ausstattung reicht für den Druck mit PLA-Filament, dennoch ist die Installation eines beheizten Druckbetts eine sehr empfehlenswerte Ausbaustufe. Hier kann man zum passenden RepRap-Set für zusätzlich 179 Euro greifen, aber auch eine Eigenbaulösung installieren, wichtig ist dabei lediglich die Einhaltung der richtigen Widerstandswerte für den Temperatursensor des Heizbetts. Der Standardwert (@25 °C) ist hier 100 kΩ, aber in der Firmware lassen sich hierfür auch

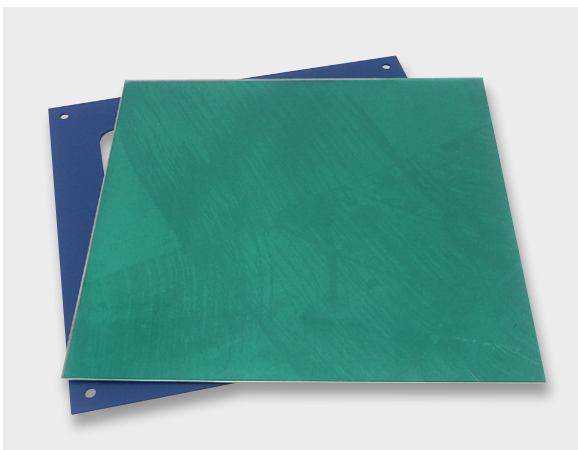


Bild 10: Das mitgelieferte Druckbett ist nicht beheizt, es wird mit einer Kaptonfolie zur besseren Anhaftung des Druckstücks belegt.

sehr einfach andere Werte einstellen, bevor man diese an den Arduino schickt. Eine sehr gut einsetzbare Variante der Druckplatte ist übrigens die von RepRap angebotene Karbon-Druckplatte. Auf dieser haften die Druckstücke auch ohne die sonst für die Haftung notwendige Kaptonband-Beschichtung sehr gut.

Als weiteres Zubehör empfiehlt sich, will man nicht zur Selbstbaulösung greifen, die Abrollhilfe für Filament-Spulen. Denn im Druckerbausatz befindet sich nichts dergleichen, nicht einmal eine Einfachsthalterung à la K8200.

Apropos Arduino: Wie gesagt, der RepRap folgt konsequent dem Open-Source-Prinzip, folglich gibt es auf dem Arduino Mega keine vorkonfigurierte Firmware, sie ist von der RepRap-Website zu laden und per Arduino-IDE zu kompilieren und in den Arduino zu laden. So kann man die Firmware sehr einfach selbst an den eigenen Drucker, an die Verbindung zum Computer oder an die zusätzliche Ausstattung, z. B. mit dem optionalen LCD-Bedienteil, anpassen. Den wesentlichen Teil der Anpassung kann man über den Firmware-Konfigurator (Bild 11) erledigen, dann werden die entsprechenden Einträge in der Configuration.h-Datei der Firmware automatisch vorgenommen. Mit diesen Grundeinstellungen kann man die Firmware sofort kompilieren und an den Arduino schicken. Kommen wir damit zum Aufbau des Druckers.

## Der Mechanik-Aufbau

Eines gleich vorweg: Es kursieren mehrere Aufbaudokumentationen zum PProtos (Stand Anfang Juni 2014). Spätestens, wenn es an den Aufbau des aktuell mitgelieferten DD2-Single-Extruders geht, merkt man verwirrt, dass man die falsche Dokumentation hat. Man sollte also die direkt auf der Produktseite verlinkte Anleitung benutzen, Anfang Juni 2014 war dies die Revision 352 mit dem Erstellungsdatum 23.12.2013.

Dass die Aufbauanleitung über weite Strecken den Aufbau anhand des Prototypen-Kastenprofils für den Rahmen beschreibt, ist zwar un schön, aber alle Aufbauschritte sind mit ein wenig Mitdenken auch am aktuell gelieferten Winkelstahlrahmen nachvollziehbar. Sehr gut an der Anleitung: der stets unmittelbare Bezug auf die jeweiligen Materialbeutel samt deren Inhalt (Bild 12). Auch die Texte stehen bei den Bildern, zu denen sie gehören. Weniger positiv: An einigen Stellen wäre man besser von der starren Abfolge des Aufbaus einiger Baugruppen abgewichen und hätte eher die logische Abfolge eingehalten, das hätte es uns erspart, einiges wieder zu zerlegen, was bereits montiert und ausgerichtet war. Nur ein Beispiel: Um den Winkel für den Z-Stop einzubauen,

Firmware PProtos / X400 Version 1.x konfigurieren	
<b>Druckertyp</b> PRotos / RAMPS 1.4	Bitte wählen Sie Ihren Druckertyp und Steuerelektronik
<b>Baudrate</b> 250000	Die Baudrate bestimmt die Geschwindigkeit, mit der der Rechner Daten zum Drucker übermittelt. Die standard Baudrate ist 250000. Diese Baudrate ist stabiler und weniger Fehleranfällig als die normalen 115200 Baud, aber wird von einigen Treibern und Systemen nicht unterstützt.
<b>Extruder</b> DD-Extruder	Welchen Extruder verwenden Sie? Der Hinged Extruder ist unser Vorgänger Modell während der DD-Extruder unsere aktuellste Version ist, die seit Ende 2012 ausgeliefert wird.
<b>SD-Interface</b> SD-Interface enthalten auf LCD Co	Welcher SD-Kartenleser an die Steuerelektronik angeschlossen?
<b>LCD Controller</b> LCD Controller 20x4 (SD-Interface)	Ist ein LCD Controller angeschlossen?
<b>LCD Language</b> Deutsch	Nur mit einem LCD Controller verfügbar.
<b>LCD Beeper</b> Eingeschaltet	Nur mit einem LCD Controller verfügbar.

Bild 11: Im Firmware-Konfigurator kann man sich die zum eigenen Drucker passende Firmware zusammenstellen lassen.





musste der zuvor montierte und bereits sorgfältig ausgerichtete X-Stop wieder abgebaut werden. Dabei geht viel Zeit verloren.

Apropos Zeit: die sollte man sich nehmen, das Ganze ist kein Sonntagnachmittags-Projekt. Je nach Erfahrung und Geschick können bis zum ersten Druckstück schon drei bis vier Tage ins Land gehen. Auch die von RepRap angebotenen Aufbauseminare gehen über einen Zeitraum von drei Tagen.

Wir wollen uns in der folgenden Aufbaubeschreibung auch vor allem den aufgetretenen Problemen widmen, um potenziellen Nachbauern die Arbeit zu erleichtern.

### Y-, X- und Z-Achse

Los geht's. Die ersten Aufbauschritte gelten der Y-Achse, sie gehen gut von der Hand, die Bilder der Anleitung erleichtern die Orientierung. Kleiner Fauxpas hier: Die Schrauben für die Befestigung des Y-Schrittmotors sind zu lang. Ursache ist das Befestigungsblech des Motors, das dünner ausfällt als z. B. die Befestigungen der Z-Achse (Bild 13). Ergo sind die Schrauben zu lang. Ein Griff in die Bastelkiste lässt schnell Schrauben mit richtiger Länge finden, und weiter geht es.

Die nun folgenden Z-Antriebe gehören zu den Highlights dieses Bausatzes: Zwei kräftige Schrittmotoren heben und senken die Achse gleichzeitig links und rechts und sorgen so für eine sehr präzise Führung der Achse. Über hervorragend ausgleichende Wellenkupplungen werden Gewindestangen angetrieben, die in Gegenlagern der X-Achsen-Führungen liegen. Eine zusätzliche Stabilisierung und gleichzeitige Justiermöglichkeit bietet die untere Z-Achsen-Führung. Stellt man diese exakt ein, hat man eine leicht laufende und exakte Führung für die Z-Achse – die Grundlage für präzisen Druck mit gleichbleibender Schichtdicke.

Ein Manko ergab sich beim Einbau der Gewindestangen in die 5-/8-mm-Wellenkupplungen. Letztere werden mit Madenschrauben so zusammengepresst, dass sie die M8-Gewindestangen fixieren sollen. Auf der anderen Seite werden die 5-mm-Motorwellen eingesetzt und fixiert. Leider lagen die M8-Gewindestangen in ihrem Durchmesser (7,6 mm) unterhalb der Toleranzgrenze für M8-Außengewinde (min. 7,76 mm), sodass es nicht gelang, die Spindeln hier zu fixieren. Wir haben also testweise eine Spindel mit zwei Lagen Kaptonband, die andere mit Gewindekleber (Bild 14) versehen und so in den Wellenkupplungen fixiert. Beide Lösungen funktionieren bis dato einwandfrei. Auf unsere diesbezügliche Anfrage beim Hersteller räumte dieser eine Falschlieferung des Zulieferers ein. „Das Problem ist inzwischen behoben und den aktuellen Bausätzen liegen passende Wellenkupplungen bei.“

Nach der problemlosen Montage der X-Achse (Achtung, hier Bild 3.60 der Aufbauanleitung beachten, es sind nur 15 Schrauben zu verbauen, im 16. Loch wird der X-Endstop angebaut), ging es an die Montage des Hotends.

### Hotend

Der Aufbau des Hotends verlief ebenfalls ohne Probleme, bei Bedarf ist lediglich die Bohrung für das Heiz-

element leicht aufzureiben, falls sich das Heizelement nicht einfach einschieben lässt. Auf jeden Fall sollte man den Anweisungen zur doppelten Wärmeisolierung der Anschlüsse des Thermistors folgen, um später keine Kurzschlüsse zu riskieren. Die Konstruktion des Hotends mit der direkt innen liegenden Temperaturmessung und der genau einstellbaren Platzierbarkeit ist sehr gut gelöst und ebenfalls eines der Qualitätsmerkmale dieses Druckers, denn auch hier ist Präzision (genaue Prozesstemperaturen) garantiert.

3.5. Y-Achse	
3.5.1. Y-Schlitten	
Tabelle 3.3. Materialliste Y-Schlitten (100270.2)	
1x Y-Riemenspanner	2x Y-Riemenklemme
4x M4x10 Zylinderkopfschraube	4x M4 Unterlegscheibe
1x M5x25 Zylinderkopfschraube	2x M5 Unterlegscheibe
1x M5 selbstsichernde Mutter	
Tabelle 3.4. Materialliste Y-Schlitten	
1x Y-Schlitten	2x Edelstahlstange, 410 mm

Bild 12: In der Bauanleitung wird stets direkt Bezug auf das zugehörige Material genommen – Irrtum unmöglich.

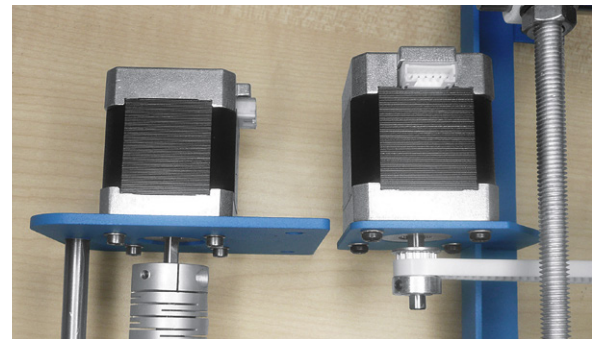


Bild 13: Hier sieht man den Grund, warum die Schrauben für den Y-Motor (rechts) zu lang sind: Das Montageblech ist dünner als z. B. die Z-Motor-Aufnahmen (links).



Bild 14: So haben wir die in der Wellenkupplung nicht fixierbaren Gewindestangen befestigt: links mit Gewindekleber, rechts mit einigen Lagen Kaptonband als Verstärkung.

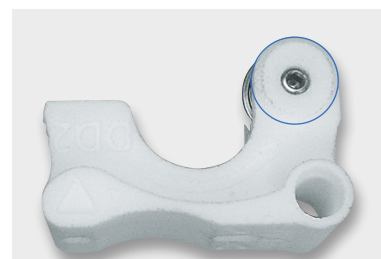


Bild 15: Gewindebolzen statt Bolzen – der mitgelieferte Gewindebolzen ist eindeutig die elegantere Lösung.

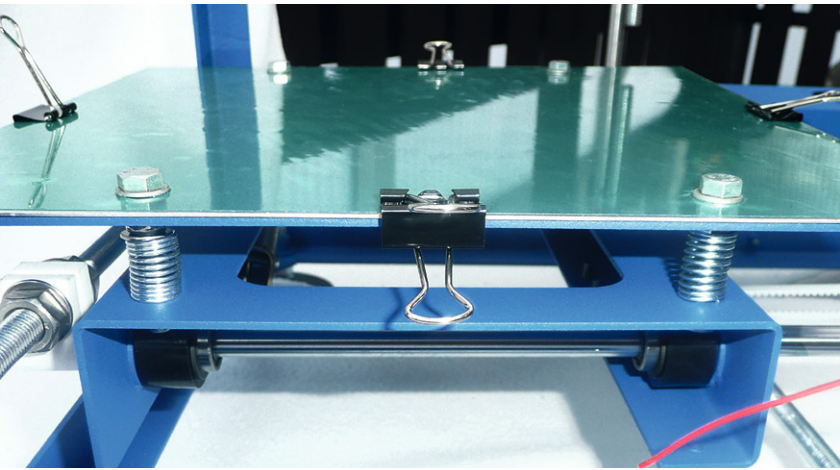


Bild 16: Die Befestigung des Druckbetts auf dem Schlitten mit Bolzen, siehe Text dazu. Die Nivellierung des Druckbetts erfolgt über die federbelasteten Bolzen.



Bild 17: Die am 12-V-Steckverbinder der RAMPS-Platine zu weit herausstehenden Anschlüsse müssen gekürzt werden, um die Platine plan auf die Arduino-Platine aufsetzen zu können.

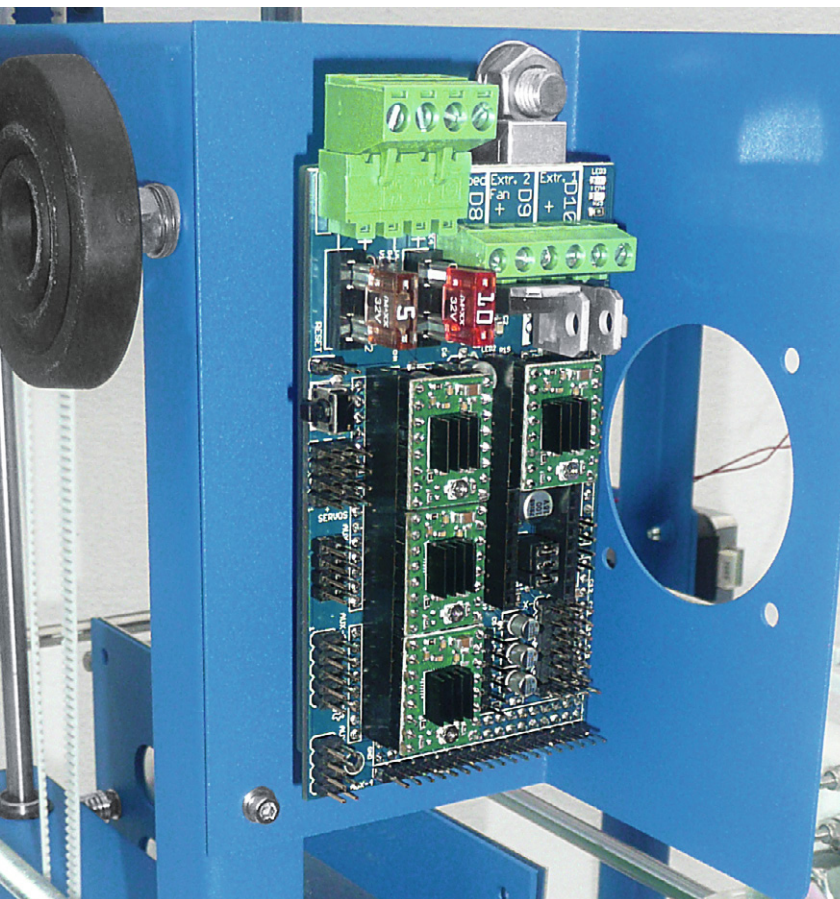


Bild 18: Die im Elektronikhalter eingebaute Elektronik des Druckers

Ein Hinweis: Die Montage der Düse und der Haltemutter sowie des bestückten Heizblocks auf die Düse sollte man aufsparen, bis die PEEK-Thermalbarriere in den Extruder eingebaut und der Extruder komplett zusammengebaut ist. Erst vor dessen Einsetzen in den X-Achsen-Schlitten sind die Montage von Düse, Haltemutter und Heizblock zu empfehlen. So vermeidet man das unbequeme Hantieren mit dem komplett zusammengebauten Hotend und einen eventuellen Drahtbruch der Heizelemente-Anschlüsse. Die Montage des Heizblocks auf die Düse kann man auch weitblickend zunächst ganz unterlassen, und sie erst vornehmen, wenn der Kabelbaum angeschlossen ist. Die dort anliegenden Lötarbeiten werden dadurch sehr erleichtert.

### Extruder

Kommen wir zum Herzstück des Druckers. Hier ist ein Sprung im Manual erforderlich, es geht nämlich sofort zum Abschnitt 3.10.4., dem DD2-Single-Extruder, denn der liegt dem Bausatz bei. Er glänzt durch einfachen, aber logischen und funktionssicheren Aufbau, es ist lediglich zu beachten, dass statt der Zylinderkopfschraube M4 x 16 mm in das Gegenlager 100.281.1 der als Alternative mitgelieferte Gewindebolzen einzubauen ist (Bild 15).

### Druckbett

Dessen Montage ist an sich einfach, es sind lediglich noch vier Löcher in die Aluminiumplatte zu bohren und das Ganze federgestützt (dient der späteren Einstellung des Druckbetts) auf den Y-Schlitten aufzubauen. Im Lieferumfang des zugehörigen Montagesatzes waren aber Schraubbolzen mit Teilgewinde statt der sonst zu verbauenden Linsenkopfschrauben mit durchgehendem Gewinde. Also wieder in die Bastelkiste greifen, leider waren hier keine flachen Schrauben zu finden, sodass zunächst Bolzen eingebaut wurden (Bild 16). Diese werden später Senkkopfschrauben weichen, die bündig im Druckbett verschwinden, denn es wird garantiert der Moment kommen, an dem sich die Extruderdüse hier verhaken oder zumindest anstoßen wird. Außerdem wird sonst auch die nutzbare Druckfläche eingeschränkt.

Das Auftragen der mitgelieferten 230-x-230-mm-Kaptonfolie sollte vor der Montage des Druckbetts erfolgen, da man jetzt noch auf der gesamten Fläche arbeiten kann, später ist dies erst nach Hochfahren der Z-Achse ohne Behinderung möglich. Das Auftragen gelingt dank des Tipps der Aufbauanleitung mit dem Wasserfilm und einer Abziehlippe (Fensterreiniger) sehr gut.

Damit die dünne Druckplatte ringsum wirklich gut anliegt, werden zusätzlich Papierklammern eingesetzt. Soll das Druckbett dauerhaft so bleiben, kann man es auch an den vier Seiten jeweils mittig am Rand statt mit den Papierklammern mit einem Tropfen Sekundenkleber an der Trägerplatte fixieren.

### Elektronik

Dem Bausatz liegen vier Pololu-Schrittmotortreiber A4988 bei, die zunächst mit Stiftleisten zu bestücken sind, um sie dann auf die entsprechenden Plätze der



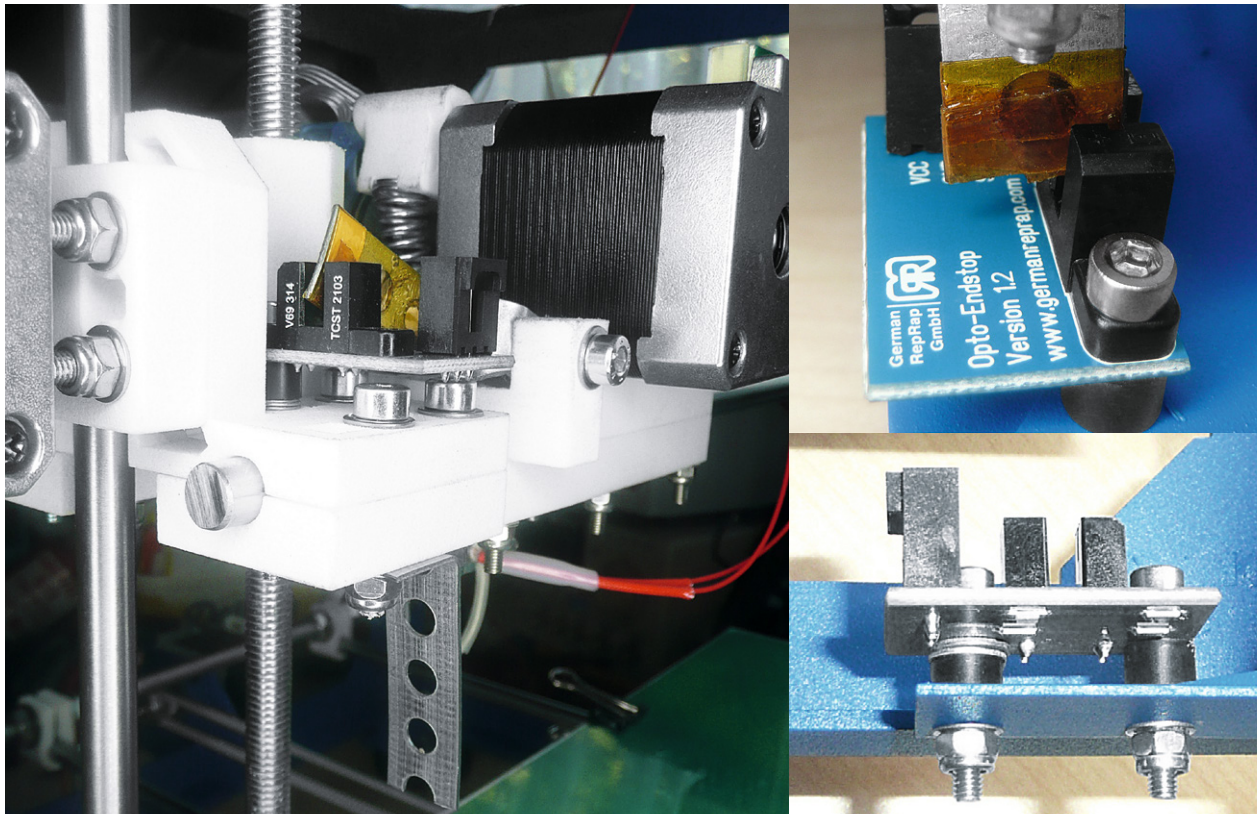


Bild 19: Die Endstops werden durch eine Gabellichtschranke gebildet, in die ein Metallstreifen eintaucht, den man zurechtbiegen muss. Manchmal muss hier auch improvisiert werden, etwa mit zusätzlichen Unterlegscheiben.

RAMPS-Platine zu bestücken. Zur Kühlung der A4988 dienen aufzuklebende Kühlkörper, im eingebauten Zustand unterstützt ein Lüfter die Kühlung weiter.

Damit später die RAMPS-Platine sauber auf die Arduino-Platine aufgesetzt werden kann, sollte man die Lötkontakte des Platinenverbinders der RAMPS-Platine (siehe Bild 17) überprüfen. An der hier probeweise aufgesetzten Platine erkennt man noch am äußeren (hier nicht gekürzten) Kontakt des grünen Platinenverbinders, wie lang diese herausstanden und damit mit der DC-Buchse des Arduino kollidierten. Wir haben den Arduino in der Stellung fotografiert, in der er vor dem Kürzen der Kontakte stand, die Schiefstellung ist an der Kontakteleiste zwischen RAMPS und Arduino deutlich zu sehen. Also die Kontakte des grünen Platinenverbinders direkt auf der Lötstelle abschneiden!

Bild 18 zeigt die per Platinenabstandshalter auf den Elektronikträger montierte Elektroneinheit. Bei der folgenden Montage des Lüfters erwies es sich als bequemer, erst den Lüfter und dann die Elektroneinheit zu montieren.

Noch ein Wort zu der innerhalb dieses Kapitels zu montierenden und einzustellenden Endstops. Diese bestehen jeweils aus einer Gabellichtschranke und einem darin eintauchenden Stück eines Lochblechs, das an der jeweiligen Achse angebracht wird (Bild 19) und die Lichtschranke unterbricht. Dessen Ende ist mit etwas Kaptonband (oder besser gleich schwarzem Isolierband) zu umwickeln. Die Einstellung dieser Anordnung ist etwas mühsam, außerdem erweisen sich die Lochbleche als etwas knapp dimensioniert, sie müssen mehrfach gebogen und sogar bearbeitet werden. So „knallten“ ob der knappen Di-

mensionierung später X- und Y-Achse, vornehmlich letztere, schon einmal beim Homing heftig an ihre mechanischen Begrenzungen, da der Spielraum quasi „auf Kante genäht“ ist. Stellt man insbesondere die Z-Achse nicht sorgfältig ein, so kann ein solches Aufschlagen der Druckdüse auf das Druckbett schon einmal teuer werden, denn das Hotend wird ja nur in einer schmalen Nut fixiert, bei der man sich ein Ausbrechen durchaus vorstellen kann.

Insgesamt schmälert, subjektiv betrachtet, die Endstop-Konstruktion die sonst schöne Optik und die solide Konstruktion des Druckers etwas, wir könnten uns hier durchaus genau passende Kunststoff- oder Metallwinkel vorstellen.

### Verkabelung

Die mitgelieferte Verkabelung ist fast komplett vorkonfektioniert und bereits für den weiteren Ausbau mit einem zweiten Extruder und weiteren Lüftern für die schnelle Abkühlung des Druckstücks vorbereitet. Sie wird nach der RAMPS-Standardbelegung vorgenommen und ist schnell erledigt. Die wenigen Lötarbeiten sind sorgfältig auszuführen, besonders an den Anschlüssen des Heizblocks.

Das Kabel zum X-Motor und den beiden Endstops auf dieser Seite ist frei zu führen, immerhin muss es die gesamte Hubhöhe der Z-Achse mitgehen.

Das mitgelieferte PC-Netzteil ist zunächst so zu modifizieren, dass es auch anspringt, dies geschieht durch eine einfache Lötverbindung am ATX-Verbinder. Ansonsten werden hier nur 12 V benötigt, beide Lüfter des Druckers laufen ständig direkt an 12 V, was zu dem später nicht ganz leisen Betrieb des Druckers beiträgt.



In der Folge steht das Netzteil etwas wie ein Fremdkörper neben dem Drucker (Bild 20) und bei jedem Bewegen des Druckers riskiert man ein Herausrutschen der Anschlüsse an der RAMPS-Platine. Auf längere Sicht wird also die Verbindung zum Netzteil einem längeren Kabel weichen, das mehr Freiheiten bietet.

### Kalibrierung, Inbetriebnahme, Software

Bei der Kalibrierung kommen wieder einige Stärken des Konstruktionsprinzips zum Vorschein, denn sie

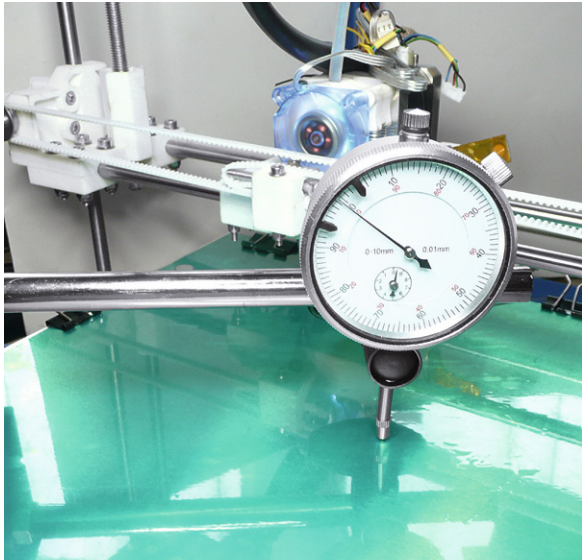


Bild 20: Das Nivellieren des Druckbetts ist mit Wasserwaage und Messuhr schnell erledigt.

ist, abgesehen von den beschriebenen kleinen Hindernissen bei der Endstop-Einstellung, erstaunlich schnell erledigt. Achsen ausrichten, beide Z-Motoren per Wasserwaage nivellieren, Druckbett mit Wasserwaage und, wenn vorhanden, Messuhr (Bild 21) eingestellt, (fast) fertig.

Dann folgen zunächst das Herunterladen, Kompilieren und Übertragen der Firmware auf den Arduino, dann das Herunterladen und Einrichten der Repetier-Host- und Slic-Software. Dabei sollte man die von German RepRap angebotenen Downloads nutzen, hier sind die passenden Druckerprofile bereits integriert. Ist hier die Schnittstelle eingerichtet, kann es nach Anschluss des Druckers über USB an das Einstellen der Home-Position der Achsen gehen, gefolgt von der Einstellung der Motorströme mit einem übrigens originellen Verfahren, das Schrittverluste gut anzeigt und mühsames Messen von Strömen vermeidet. Ohnehin erweist es sich im späteren Betrieb als notwendig, den einen oder anderen Motortreiber nachzustellen, da sich die mechanischen Komponenten erst einarbeiten müssen. Dann kann es durchaus schon einmal zu Motorgeräuschen im Stillstand kommen, die mit einer entsprechenden Stromnachstellung leicht beseitigt werden können.

Ein dicker Pluspunkt für die Bauanleitung zum Drucker sind die abschließenden Kapitel zu Repetier-Host und Slic, die es Einsteigern sehr einfach machen, diese wichtigen Softwarebausteine schnell zu nutzen. Auf der Download-Seite von German RepRap finden sich zudem Standard-Profilen für Slic.

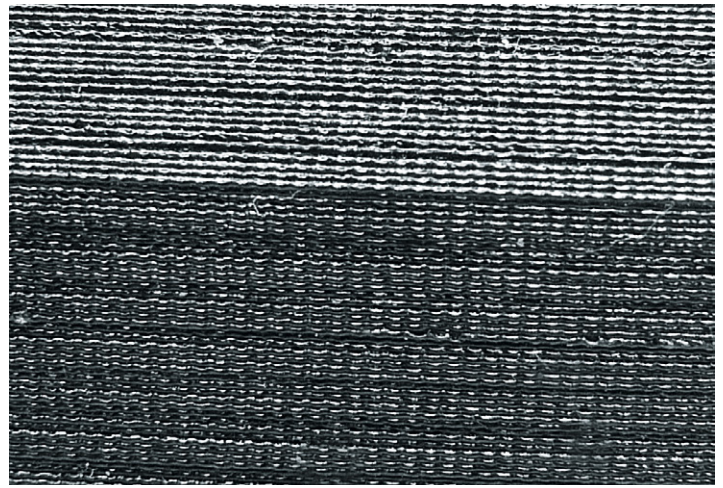


Bild 21: Das recht leise laufende Netzteil wirkt wie ein Fremdkörper neben dem Drucker – es wird später über eine längere 12-V-Zuleitung angeschlossen.





Bild 22: Feiner Schichtaufbau ab dem ersten Druck – hier ein stark vergrößerter Ausschnitt. Die dunkle Linie ist eine Gehäusekante.



### Erste Erfahrung, Fazit

Nach den ersten Bewegungs- und Heiztests, bei denen sich einige unsichere Lötstellen an der RAMPS-Platine fanden (Extruder-Förderung konnte nur sporadisch angesteuert werden) sowie eine Z-Spindel sich als nicht gerade erwies, also später ausgetauscht werden musste, ging es sofort ans Drucken. Hier offenbarte sich die Qualität des Druckers. Ohne große Experimente, Filamentverschleiß, von anderen 3D-Druckersteuerungen bekannten „Denkpausen“ und Unsicherheiten beim Finden der richtigen Höhe der Düse über dem Druckbett ging es sofort sauber und erstaunlich schnell zur Sache. Dabei wurden erst einmal nur die Standard-Grundeinstellungen in Repetier-Host und Slicr genutzt! Besonders angetan waren wir von den auf Anhieb recht feinen Oberflächenstrukturen (Bild 22 zeigt eine Nahaufnahme) und exakten Schichtdicken trotz der „eiernden“ Z-Spindel links.

Angesichts dessen, dass hier noch Potenzial in Form von Feineinstellungen in der Software vorhanden ist, kann man diesem Bausatz eine hohe Güte bescheinigen. Der Hersteller verspricht dabei nicht zuviel. Vor allem begeistern die von Anfang an solide laufenden Antriebe, die den überaus kräftigen Motoren ohnehin keine Probleme machen, die für solch eine Maschine hohe mechanische Präzision und die schnelle Inbetriebnahme. Während die Grundausstattung für PLA-Drucke dank gut haftender Druckbett-Oberfläche auf Anhieb gut zu gebrauchen ist, ist für ABS zwingend eine Heizbett-Aufrüstung nötig. Ansonsten gibt es hier, abgesehen von der aus unserer Sicht etwas unglücklichen Anbindung des Netzteils, keine wirklich relevanten Forderungen an den Hersteller. Einige wenige fehlende/falsche Schrauben, einige Schwächen der Bauanleitung und ähnliche aufgeführte Marginalien können den schlussendlich soliden Gesamteindruck nicht trüben: eine fein arbeitende Maschine, die schnelle Ergebnisse in hoher Qualität liefert, vielleicht etwas laut durch die mit voller Drehzahl laufenden Lüfter, mit reproduzierbarem Verhalten und frei von undefinierbaren „Allüren“, wie sie woanders mitunter zu beobachten sind.

### Welcher Bausatz?

Abschließend liegt natürlich vielen, die vor einer Kaufentscheidung stehen, die berechtigte Frage auf

der Zunge: Kann man den RepRap PRotos und den Velleman K8200 vergleichen, und was macht den in zwischen enormen Preisunterschied aus?

Beide haben in ihrem Preissegment ihre Berechtigung und sind technisch auch nicht unbedingt direkt vergleichbar: zwei unterschiedliche Konzepte, unterschiedlicher Aufwand bei der mechanischen Realisierung und ein wenig auch unterschiedliche Anwender.

Freilich, bei beiden entsteht zum Schluss das gleiche Ergebnis, beim ebenfalls RepRap-kompatiblen K8200 ist der Aufwand höher, den man nach dem eigentlichen Aufbau investieren muss, um zu gleichbleibenden und guten Ergebnissen zu kommen, dazu muss man u. a. den Z-Antrieb modifizieren, den Z-Endstop reproduzierbarer gestalten und diverses Feintuning ausführen. Zudem ist die Nivellierung des Druckbetts über die gesamte Fläche unendlich aufwendiger. Sein Bauraum ist etwas höher als der des RepRap, er ist aber auch bei gleichem X-/Y-Bauraum deutlich größer. Er spricht also eher den Preisbewussteren mit dem größeren Freiraum zum Basteln an.

Der RepRap hingegen vermittelt unbewusst ein wertigeres, eher fertiges Bild, das mag an seiner Herkunft liegen, aber auch am Gesamtbild der Mechanik, der unaufgeregten Inbetriebnahme und an den auf Anhieb feineren Druckergebnissen, für die man am K8200 doch sehr in den Konfigurationsdateien arbeiten muss. Dazu kommt die direkte Ausbauoption zum Dual-Extruder am RepRap-Drucker, das schafft ganz neue Möglichkeiten, z. B. zum Druck von Stützstrukturen oder zweifarbige Drucke.

Bausätze mit deren spezifischen Stärken und Schwächen sind sie beide – letztlich ist es ein wenig wie beim Autokauf, unter dem Strich ist es mehr oder weniger Geschmacksache und eine Frage der persönlichen Einstellung zu solch einem Projekt. **ELV**



### Weitere Infos:

[1] <http://reprap.org/wiki/RepRap>

[2] <http://reprap.org/wiki/RAMPS>

3D-Drucker finden Sie unter [www.3D-Drucker.elv.de](http://www.3D-Drucker.elv.de)