

Ultimaker gegen seine Klone

3D-Drucker nach dem Ultimaker-Prinzip schon ab 350 Euro

Ultimaker stellt verlässliche 3D-Drucker her, die saubere Drucke in hoher Auflösung produzieren. Chinesische Hersteller bauen sie deshalb gerne nach – nur eben viel billiger. Im c't-Labor mussten sich die Originale gegen die Klone beweisen.

Von Pina Merkert

Die Architektur aller Ultimaker ist frei für jedermann zugänglich (Open Hardware). Privatleute und Firmen dürfen die Drucker einfach nachbauen, ohne Lizenzgebühren an den niederländischen Hersteller abführen zu müssen. Insbesondere da es kein Patent auf das Konstruktionsprinzip mit kreuzenden Wellen gibt, bauen auch chinesische Hersteller 3D-Drucker, die die gleiche Idee nutzen. Das Prinzip erlaubt schnelle Drucke, schwingungsarm mit hoher Präzision, auch bei

großen Objekten. Ultimaker veröffentlicht zwar Baupläne und CAD-Dateien, nicht aber die Liste ihrer Zulieferer. Deswegen garantiert nur ein echter Ultimaker die Qualität des Originals. Außerdem gibt es erhebliche Unterschiede beim Support. Wir wollten wissen, wie gut die China-Drucker im Vergleich zu den Originalen abschneiden und haben uns Bausätze für einen optisch vom Ultimaker 2+ kaum zu unterscheidenden Nachbau für etwa 800 Dollar (mit Einfuhrumsatzsteuer sind das

etwa 835 Euro), sowie einen CL-260 aus Aluprofilen für etwa 350 Euro (mit Steuer) gekauft. Der CL-260 steht exemplarisch für verschiedene chinesische Drucker, die das Prinzip verwenden, aber auf einen möglichst geringen Preis für den Bausatz optimieren und daher viele Details anders konstruieren. Auf der Seite der Originale stehen alle drei Drucker, die Ultimaker aktuell verkauft: Der 2+ mit Olsson-Block, der 3 mit zwei Extrudern und der ganz neue S5 mit größerem Bauraum und Filament-Flow-Sensor.

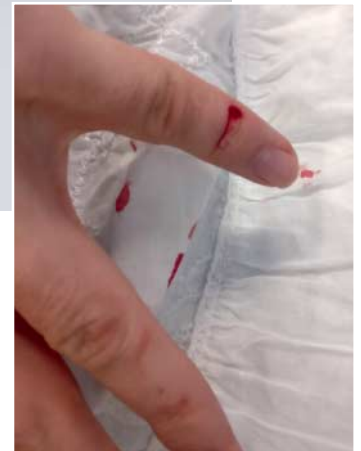
Unterschiedliche Zielgruppen

Die drei Fertiggeräte von Ultimaker sind teuer: Der 2+ ist ab etwa 2200 Euro zu kriegen, der 3er kostet bereits über 3500 Euro und der S5 sprengt mit über 6500 Euro Straßenpreis das Budget privater Maker. Für die ist er aber auch nicht gemacht. Ultimaker vermarktet den S5 explizit an Firmen und hat den Workflow auch an die Bedürfnisse von Konstrukteuren in der Industrie angepasst. So enthalten Ultimaker 3 und S5 einen Printserver, der Druckaufträge von beliebigen Rechnern im gleichen Netz annimmt. Konstrukteure verschicken Aufträge direkt aus der Slicing-Software Cura per Cura-Connect an die Drucker, die sich auch zu Pools zusammenschließen können. Ist der Bauraum leer, fangen beide Drucker selbstständig mit dem Drucken an, was in der Praxis gut funktioniert, da beide ihre Betthöhe vor jedem Druck automatisch einstellen und die Extruder mit kleinen Plastikhäufchen in den Ecken initialisieren. Bevor der nächste Druckauftrag aus der Warteschlange startet, muss ein Mensch das Objekt per Hand aus dem Bauraum entfernen (und meist etwas aufräumen und putzen) und das Entfernen bestätigen. In einer Firma mit einem Regal voller Ultimaker kann das ein einzelner Mitarbeiter machen, ohne die Konstrukteure dafür behelligen zu müssen.

Der Ultimaker 2+ arbeitet weniger vernetzt. Man kann ihn über USB mit Befehlen versorgen, dann lässt er aber die Initialisierungssequenz für den Extruder weg, sodass die Düse meist erst nach einigen gedruckten Bahnen Plastik extrudiert. Offensichtlich geht Ultimaker davon aus, dass man den 2+ ganz klassisch per SD-Karte mit Druckbefehlen versorgt. Dann nämlich produziert er automatisch vor jedem Druck ein Plastikhäufchen in



Im Gegensatz zum Original hat Blurolls die Kanten der gefrästen Dibond-Platten nicht gebrochen, sodass wir uns beim Zusammenbau die Hände zerschnitten haben. Die Kugellager für die Wellen passten nur mit Gewalt. Beim Einpressen entstanden runde Risse in den Seitenwänden, die sich aber nicht negativ auf die Funktion auswirken.



der Ecke und drückt schon die erste Bahn korrekt. Das Bespielen der Karte übernimmt Cura, sodass gegenüber den netzwerkfähigen Druckern lediglich ein zusätzlicher Fußweg zwischen Konstruktions-PC und Drucker anfällt. Eine automatische Warteschlange gibt es nicht. Im Firmeneinsatz würden sich wohl die

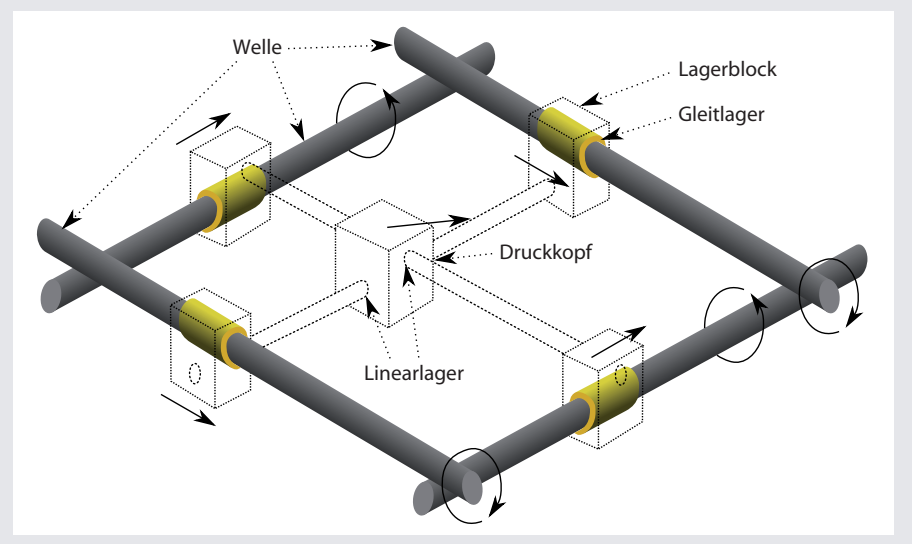
SD-Karten der Konstrukteure neben dem Drucker stapeln.

Der von uns bestellte Ultimaker 2+-Klon von Blurolls verhält sich dank identischer Firmware wie ein originaler 2+. Der Zusammenbau dauerte aber neun Stunden. Blurolls lieferte keine Anleitung mit, aber wir konnten die sehr gute Anlei-

Ultimaker-Prinzip

Ultimaker-3D-Drucker verwenden einen raffinierten Antrieb für die X- und Y-Achse: In beide Richtungen fahren kleine Schlitten mit Gleitlagern auf einer Welle, die gleichzeitig als Antrieb für die jeweils andere Achse dient. Die beiden Schlitten, die sich in X-Richtung bewegen, verbindet eine geschliffene Stahlwelle. Zwischen den beiden Schlitten in Y-Rich-

tung klemmt ebenso eine Welle. Der Druckkopf gleitet mit Linearkugellagern auf diesen beiden Wellen. Durch dieses Prinzip (und einen Bowden-Extruder) muss in keine Richtung ein schwerer Schrittmotor bewegt werden. Das erlaubt flotte Druckgeschwindigkeiten und reduziert Schwingungen, die sich in den Drucken zeigen würden.





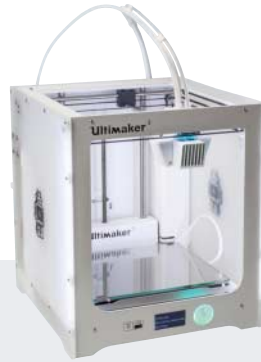
Ultimaker 2+

Der Ultimaker 2+ ist der billigste fertige Ultimaker. Seine einzelne Düse mit Olsson-Block druckt verlässlich auf die Borsilicat-Glasplatte auf seinem beheizten Druckbett. Das wird auch heiß genug für ABS. Filament mit 2,85 Millimeter Durchmesser zieht er mit einem Extruder auf der Rückseite von Rollen mit maximal 750 Gramm Kunststoff. Rollen mit einem Kilogramm oder mehr sind breiter und passen nicht auf den rückwärtigen Filamenthalter.

Die Betthöhe stellt man klassisch per Hand über Stellschrauben ein, die Firmware hilft aber mit praktischen Hinweisen. Düsen von 0,2 bis 0,6 Millimeter Durchmesser liegen bei (wir testeten mit 0,4 Millimetern). Zum Wechseln muss man die Düse aufheizen und mit dem mitgelieferten Werkzeug abschrauben (Vorsicht: Verbrennungsgefahr!). Ob das Filament während des Drucks ausgeht, erkennt der Drucker nicht automatisch.

Der Drucker arbeitete im Test meist einwandfrei und lieferte Drucke in genauso hoher Qualität wie die beiden teureren Ultimaker. Bei Problemen mit der Betthaftung hatten wir aber auch ein paar Mal einen Knäuel aus Plastikwolle im Bauraum oder einen großen Plastikpfropfen, der sich durchs Luftleitblech drückte, was nur durch Abschrauben der Kühlung wieder in Ordnung zu bringen war (eine Stunde schrauben, wenn man weiß, was man tut). Vorsicht bei Warping: In extremen Fällen verhaken die Luftleitbleche und biegen sich nach außen, woraufhin sie die Seitenwände verkratzen.

- ↑ druckt verlässlich
- ↑ Fertiggerät
- ↓ kein Cura-Connect



Ultimaker 3

Der Ultimaker 3 hat zwei Extruder und zwei Düsen, mit denen er nicht nur zwei Farben des gleichen Kunststoffes, sondern auch auswaschbares Stützmaterial aus PVA verarbeiten kann. Filament von Ultimaker enthält einen Chip, den der Drucker automatisch per NFC erkennt. Fehlt der Chip, kann man den Kunststoff aber auch einfach übers Menü per Hand einstellen.

Seine Betthöhe stellt der Ultimaker 3 automatisch über einen kapazitiven Sensor ein, der die tatsächliche Düse zur Abstandsmessung verwendet. Das klappt ausreichend gut für eine verlässliche Haftung, wir erreichten aber manchmal ein schöneres Druckbild der ersten Schicht, wenn wir die Betthöhe per Hand einstellten, was wie beim Ultimaker 2+ funktioniert.

Der Ultimaker 3 verwendete in Cura mit 80 Millimetern pro Sekunde die schnellste voreingestellte Druckgeschwindigkeit aller Testgeräte. Trotz des hohen Tempos druckte er ebenso sauber wie der 2+. Druckt man mit zwei Materialien, verliert man allerdings Zeit, da der Drucker bei jedem Düsenwechsel einen Hebel am Hotend betätigt, der die zweite Düse hebt oder senkt.

Dank Ethernet-Port und WLAN kann man Druckaufträge für den Ultimaker 3 bequem von jedem Rechner im gleichen Netz per Cura-Connect starten.

Die Düsen sind beim Ultimaker 3 fest mit sogenannten Print-Cores verbunden, die sich ohne Werkzeug wechseln lassen. Hat man Ersatz im Lager, reduziert das Ausfallzeiten bei Problemen. Bei verstopfter Düse muss man aber gleich eine ganze Baugruppe austauschen.

- ↑ Cura-Connect
- ↑ Dual-Extruder mit Bed-Leveling
- ↓ teuer



Ultimaker S5

Der S5 ist Ultimakers neues Flaggschiff und richtet sich preislich und vom Funktionsumfang noch mehr als der 3er an Firmenkunden. Sein Bauraum ist mit 33 x 24 x 30 Zentimetern deutlich größer als bei den anderen Testgeräten. Damit sich die Stahlwellen, auf denen das Hotend gleitet, dabei nicht stärker biegen, müssen sie deutlich dicker sein, was die bewegte Masse erhöht und die Druckgeschwindigkeit auf 45 Millimeter pro Sekunde senkt. Erhöht man das nicht in den Einstellungen, produziert der S5 ebenso saubere Drucke wie der 2+ oder 3.

Bei einem Druckbett von 33 x 24 Zentimetern ist es nicht mehr sinnvoll davon auszugehen, dass es perfekt eben ist. Der S5 misst daher vor jedem Druck ein Raster von Punkten im Abstand von 5 Zentimetern per kapazitivem Sensor aus, was in unserem Test stets für eine perfekt eingestellte Betthöhe sorgte, auch in den Ecken.

Wie der Ultimaker 3 hat der S5 zwei Düsen und zwei Extruder. Die Extruder enthalten aber zusätzlich einen Filament-Flow-Sensor, der erkennt, wenn das Filament ausgeht oder eine der Düsen verstopft. Bei Problemen pausiert der Drucker automatisch, sodass man den Druck nahtlos fortsetzen kann, nachdem man Filament nachgefüllt oder die Verstopfung beseitigt hat.

Für die Bedienung hat der S5 ein farbiges Touch-Display. Ebenso wie der kleine Bruder verbindet er sich per Ethernet oder WLAN mit Cura-Connect, sodass mehrere Nutzer Drucke in eine Warteschlange im Druckserver schieben können. Die Materialerkennung per NFC und der Düsenwechsel mit Print-Cores funktionieren genau wie beim Ultimaker 3.

- ↑ großer Bauraum
- ↑ 2 x Filament-Flow-Sensor
- ↓ sehr teuer



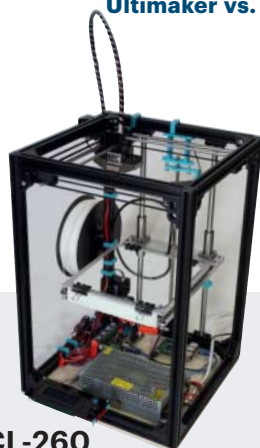
Blurolls Ultimaker 2+-Klon

Alle Ultimaker sind Open-Hardware. Daher steht es dem chinesischen Hersteller Blurolls frei, einen Nachbau nach Originalplänen bei Aliexpress anzubieten. Die Einzelteile stammen aber nicht von den gleichen Zulieferern, die Ultimaker verwendet, sodass der Bausatz nicht die gleiche Qualität garantieren kann. Optik und Funktionsumfang entsprechen jedoch dem Ultimaker 2+. Dass Blurolls entgegen des Bildes im Angebot auf unser Testgerät auch „Ultimaker 2+“ aufgedruckt hat, bedeutet aber einen Markenrechtsverstoß. Wer einen Klon als Original verkauft, macht sich auf jeden Fall strafbar.

Blurolls lieferte keine Bauanleitung mit. Mit der Originalanleitung von Ultimaker konnten wir den Klon aber in etwa 9 Stunden aufbauen (siehe Video unter ct.de/yxhk). Da sich Elektronik und Mechanik nicht vom Original unterscheiden, kann man nach dem Bau eine Originalfirmware auf den Drucker flashen. Die aktualisiert dann Cura klaglos wie beim Original. Der Klon druckt im Prinzip genau wie das Original.

Unser Testgerät bereitete uns jedoch einige zusätzliche Probleme: Zunächst mussten wir Kabel in den Anschlusssteckern der Schrittmotoren für X- und Y-Achse tauschen, damit die in die richtige Richtung drehen. Anschließend mussten wir einen Lüfter für die Bauteilkühlung ersetzen, da die mitgelieferten nicht zusammen drehen wollten. Danach konnten wir drucken, stellten aber einen Fehler fest, bei dem der Drucker an zufälligen Stellen Teile des G-Codes übersprang. Auch wenn dieser Fehler wohl nur unser Testgerät betrifft, zeigt er doch, welche obskuren Probleme bei einem Bausatz ohne Support auftreten können.

- ↑ **Ultimaker-Firmware**
- ↓ **scharfkantig**
- ↓ **Bausatz ohne Support**



CL-260

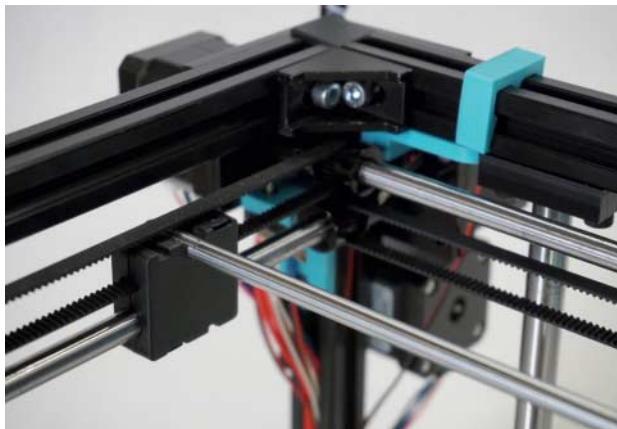
Der CL-260 schaut sich Aspekte des Prinzips von Ultimakern ab. Mit direkt angetriebener X- und Y-Achse, einem Rahmen aus Aluminiumprofilen und einer MKS Gen_L V1.0 als Elektronik unterscheidet er sich jedoch deutlich vom Ultimaker 2+. Er bringt jedoch ebenfalls einen Olsson-Block mit, der von einem Extruder mit Direktantrieb mit dünnem Filament mit nur 1,75 Millimetern versorgt wird. Das Heizbett ist mit 21 × 21 Zentimetern etwas kleiner als bei den Ultimakern. Als Druckbett eignet sich eine Spiegelfliese von Ikea, da dem Bausatz keine Glasplatte beiliegt.

Der Hersteller schickte als Bauanleitung lediglich ein chinesisches beschriftetes PDF mit einigen Fotos mit, sodass wir mehr als 20 Stunden für den Aufbau brauchten. Bei der Befestigung der Endstops half uns die Anleitung gar nicht, sodass wir kurzerhand eigene Befestigungen konstruierten (siehe ct.de/yxhk). Das Heizbett erreichte die für ABS nötigen 100 °C erst, nachdem wir die Unterseite mit etwas Hartschaum dämmten. Für unsere Tests verwendeten wir Marlin als Firmware. Über die Suche nach den richtigen Einstellungen verstrichen weitere vier Tage, die Sie sich ersparen können, wenn Sie unsere Konfiguration verwenden (siehe ct.de/yxhk).

Richtig eingestellt druckt der CL-260 fast auf dem gleichen Niveau wie ein Ultimaker 2+ (siehe Tabelle) für einen Bruchteil des Preises. Die nicht optimierte Menüführung der Firmware und die weniger gute Integration in Cura sorgen allerdings für eine schlechtere Usability. Beispielsweise stellt man die Betthöhe am leichtesten mit einigen G-Code-Befehlen [1] und einem Ausschnitt eines c't-Covers ein.

- ↑ **günstig**
- ↓ **schlechte Bauanleitung**
- ↓ **langsam**

Anzeige



Zum Befestigen der Endstopps am Rahmen des CL-260 braucht man Abstandshalter, die die Anleitung leider nicht beschreibt. Unsere Halter finden Sie über ct.de/yxhk.

tion von Ultimaker verwenden. Beim CL-260 gestaltete sich das schwieriger, da wir dort auf die lückenhafte Bauanleitung des Herstellers angewiesen waren. Im Prinzip kann eine Firma einen Mitarbeiter abstellen, solche Bausätze aufzubauen. Die Personalkosten fressen den Preisvorteil gegenüber einem Fertigergerät aber schnell auf. Die Bausätze zielen daher auf Privat-anwender, die die eigene Arbeit nicht als Kosten zum Kaufpreis addieren.

Die Usability des CL-260 hängt in erster Linie davon ab, wie gut man die Marlin-Firmware konfiguriert, bevor man sie aufs Mainboard flasht, und wie viel Liebe man in den Start- und Stopp-G-Code in Cura investiert (unsere Einstellungen finden sie über ct.de/yxhk). Um in kurzer Folge Objekte zu drucken, sollte man beim CL-260 keine Berührungsängste mit G-Code haben. Wegen unoptimierter Menüs in Marlin gelingt aber kein so flüssiger Workflow wie bei den Ultimakern, sodass sich die Maschine eher für Anwender eignet, die nur gelegentlich drucken.

Probleme

Keinem der Drucker gelingen alle Drucke ohne Probleme. Selbst die teuren Ultimaker produzierten im Test auch mal Plastikwolle. Die üblichen Probleme sind mangelnde Betthaftung (beispielsweise wegen fettiger Fingerabdrücke oder Staub auf dem Druckbett), Warping (besonders bei großen Drucken mit ABS) und verstopfte Düsen. Die Düse des zweiten Hotends unseres Ultimaker 3 verstopfte einmal so nachhaltig, dass wir den Print-Core austauschen mussten. Beim Ultimaker 3 scheiterte uns ein Druck, weil das Filament auf halbem Weg leer ging. Den gleichen Fehler machten wir auch beim S5, der aber dank seines Filament-Flow-Sensors stoppte und uns zum Einlegen einer

neuen Rolle aufforderte. Im Vergleich mit anderen 3D-Druckern drucken die Ultimaker dabei ausgesprochen verlässlich. Man darf nur nicht erwarten, dass jeder Druck gelingt.

Bei den Bausätzen häuften sich dagegen die Probleme: Der Blurolls-2+ bewegte die X- und Y-Achse zunächst in die falsche Richtung. Ein Zulieferer hatte die Kabel wohl falsch konfektioniert. Um die Richtung von bipolaren Schrittmotoren umzukehren, muss man am Stecker die Anschlüsse für eine der beiden Wicklungen vertauschen. Des Weiteren drehten die beiden 3-cm-Lüfter für die Kühlung des Drucks nicht gemeinsam. Wir konnten das beheben, indem wir einen der beiden gegen einen anderen Lüfter der gleichen Baugröße austauschten. Danach druckte der Drucker unsere Testobjekte in ebenso guter Qualität wie das Original. Hin und wieder zeigte er aber einen kuriosen Fehler: Er übersprang zu zufälligen Zeitpunkten einen Teil des G-Codes und druckte danach weiter. Wenn das auftrat, während er gerade Infill druckte, war das am fertigen Objekt nicht erkennbar. Bei hohen schmalen Objekten wie unserem Z-Resonanz-Test führte das aber zu einer sichtbaren Spalte. Wir konnten ein Brownout wegen zu geringer Netzteilspannung, einen Fehler im Mainboard und einen in der Verdrahtung der X- und Y-Motoren ausschließen. Ob die Kabel zwischen Mainboard und Display-Platine oder doch eine andere Komponente des Druckers für den Fehler verantwortlich sind, konnten wir bis Redaktionsschluss nicht klären. Auch wissen wir nicht, ob der Fehler nur bei unserem Testgerät auftritt oder die ganze Serie betrifft.

Beim CL-260 muss man schon während des Zusammenbaus sehr darauf achten, dass der Rahmen aus Aluminiumprofilen im rechten Winkel steht. Die Schritt-

motortreiber mit nur 16 Mikroschritten produzierten bei unserem Testgerät unangenehme Brummgeräusche. Da sie nur gesteckt sind, ersetzten wir sie direkt durch Treiber mit DRV8825-Chips (etwa 1 Euro pro Stück), die dank 32 Mikroschritten viel ruhiger laufen. Für die Befestigung der Endstopps lieferte uns die Anleitung keine nutzbaren Anhaltspunkte, sodass wir sie mit selbst entworfenen Kunststoffteilen am Rahmen befestigten (Download unter ct.de/yxhk). Wir ergänzten auch eine Grundplatte aus Sperrholz (unter 2 Euro beim Baumarkt), um die Elektronik ordentlich am Fuß des Druckers verschrauben zu können. Danach druckte der CL-260 zunächst windschiefe Objekte. Beim Zusammenbau hatten sich Madenschrauben an den Kupplungen zwischen Y-Motor und Y-Welle gelöst, sodass die Welle durchrutschen konnte. Das Bett erreichte ohne Hilfe nur etwa 85 °C, was wir verbessern konnten, indem wir die Unterseite mit einem Stück Hartschaumplatte dämmten. Danach waren bis zu 110 °C und damit auch Drucke mit ABS auf Glasplatte möglich.

Da im Bausatz keine Druckplatte enthalten war, nutzen wir eine Spiegelfliese von Ikea. Die Betthöhe stellten wir mit einem Ausschnitt aus einem c't-Cover ein: Das ist nämlich 0,12 Millimeter dick. Dafür führen wir den Druckkopf mit G-Code-Befehlen auf 0,12 Millimeter Höhe in alle vier Ecken des Druckbetts (`G0 X15 Y15 Z0.12`, usw.) und drehten an den Rändelschrauben, bis das Stück Cover mit leichter Reibung unter die Düse passte. Wenn man die Düse danach auf Z-Höhe 0 verfährt, berührt sie die Spiegeloberfläche gerade so, drückt sie aber nicht nach unten. Nach korrekter Einstellung druckt der CL-260 auf dem gleichen Niveau wie die anderen Drucker im Test, da sein Rahmen weniger steif ist, allerdings nicht so schnell (wir drucken mit 40 Millimetern pro Sekunde).

Fazit

Alle fünf Drucker in unserem Test drucken auf hohem Niveau. Der CL-260 erreichte dabei nur eine geringfügig geringere Qualität als der 18-mal teurere Ultimaker S5. Die subjektiv schönsten Drucke gelangen uns mit dem Ultimaker 2+, allerdings mit sehr geringem Abstand. Der Ultimaker 3 druckte dabei doppelt so schnell wie der CL-260 und nicht ganz doppelt so schnell wie der S5. Der wichtigste Unterschied liegt in den Features: Da die Ultimaker 3 und S5 mit zwei Extrudern

dern ausgestattet sind, drucken sie zweifarbig oder mit auswaschbarem Stützmaterial, was beim Konstruieren erheblich mehr Möglichkeiten bietet. Beide beherrschen auch Cura-Connect, was einen geschmeidigeren Workflow erlaubt. Der S5 gefiel uns mit seinem großen Bauraum. Drucke, die dieses Volumen wirklich ausnutzen, brauchen zwar viele Tage (5 Tage für die Replika der Ishtar-Tonplatte), der S5 arbeitete aber verlässlich genug, um auch über so lange Zeit keinen Fehler zu machen.

Für Heimanwender mit etwas Ahnung von Mechanik, die auch mal eine Firmware in der Arduino-IDE kompilieren können, empfehlen wir den CL-260. Er bietet dank seines niedrigen Preises das beste Preis/Leistungsverhältnis im Test. Der Aufbau dauerte allerdings am längsten und auch im Betrieb erfordert dieser Drucker mehr technisches Geschick als die Konkurrenten. Den Ultimaker 2+ empfehlen wir für Hobbyanwender, die nicht knausern müssen, den Aufwand scheuen einen Bausatz aufzubauen und mit einem Extruder auskommen. Der Klon bereitete uns so viele Probleme, dass wir die Vorteile eines 1:1-Nachbaus nicht wirklich nutzen konnten.

Testdrucke mit dem Ultimaker S5: Die Replika einer antiken Tonplatte mit der Göttin Ishtar passt in dieser Größe nur in den größeren Bauraum des S5. Die Halterung vorne links nutzt PLA in zwei Farben, der T-Rex-Schädel und die runde Platte vorne auswaschbares Stützmaterial.



Für Firmenanwender empfehlen sich die beiden modernen Ultimaker. Sie sind innerhalb von einer Stunde ausgepackt und in Betrieb genommen und bringen mit Cura-Connect eine willkommene Optimierung des Workflows. In der Praxis druckt die zweite Düse wohl meist Stützmaterial. Das erleichtert es für Konstrukteure aber erheblich, Teile zu designen, die sich auch drucken lassen. Die beiden Filament-Flow-Sensoren im S5 erkennen verstopfte Düsen und leere Filamentrollen, was die Verlässlichkeit

des Druckers merklich erhöht. Hier wäre es wünschenswert, wenn Ultimaker solche Sensoren in Zukunft auch in einen überarbeiteten Ultimaker 3 einbauen würde, damit Drucke auch dort seltener scheitern. (pmk@ct.de) **ct**

Literatur

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

CL-260 Teile & Firmware: ct.de/yxhk

3D-Drucker nach dem Ultimaker-Prinzip

Hersteller	Ultimaker	Ultimaker	Ultimaker	Blurolls	XTLW
Modell	2+	3	S5	UM2+-Klon	CL-260
Bauraum / Filament-Durchmesser	22,3 x 20 x 22,3 cm / 2,85 mm	19,7 x 21 x 20 cm ¹ / 2,85 mm	33 x 24 x 30 cm / 2,85 mm	22,3 x 20 x 22,3 cm / 2,85 mm	21 x 21 x 26 cm / 1,75 mm
Standard-Druckgeschwindigkeit	50 mm/s	80 mm/s	45 mm/s	50 mm/s	40 mm/s
Filament-Flow-Sensoren	–	–	✓	–	–
Filament-Erkennung per NFC	–	✓	✓	–	–
Hotend-Typ	1 x Olsson-Block	2 x Print-Core	2 x Print-Core	1 x Olsson-Block	1 x Olsson-Block
Bethöheinstellung	manuell ²	automatisch (3 Punkte)	automatisch (Raster)	manuell ²	manuell
Netzteil	extern	extern	integriert	extern	extern
Speichermedium / Cura-Connect	SD-Karte / –	USB-Stick / ✓	USB-Stick / ✓	SD-Karte / –	SD-Karte / –
Ethernet / WLAN	– / –	✓ / ✓	✓ / ✓	– / –	– / –
Bewertung					
XY-Test (PLA / ABS)	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Oberflächenqualität (PLA / ABS)	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Maßhaltigkeit (PLA / ABS)	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
feine Strukturen (PLA / ABS)	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Überhänge (PLA / ABS)	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Brücken (PLA / ABS)	○ / ⊕	○ / ○	○ / ⊕	⊕ / ⊕	○ / ○
Spaltbreite (PLA / ABS)	⊕⊕ / ⊕⊕	○ / ⊕	○ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕
XY-Resonanz (PLA / ABS)	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Z-Resonanz (PLA / ABS)	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ ³ / ✓ ³	✓ / ✓
Makey-Roboter	voll beweglich	Kopf & Arme beweglich	Kopf & Arme beweglich	– (Fehler)	Knie nicht beweglich
Garantie	12 Monate (ohne Düse)	12 Monate (ohne Print-Cores)	12 Monate (ohne Print-Cores)	–	–
Preis (zirka)	2200 €	3500 €	6500 €	835 €	350 €

Alle Tests haben wir mit Düsen mit einem Durchmesser von 0,4 mm, 0,1 mm Schichthöhe und Standard-Druckgeschwindigkeit gedruckt. Das Filament stammte von ICE.
¹ Beim Druck mit nur einer Düse ist der Bauraum 18 mm breiter. ² Firmware hilft mit einer Schritt-für-Schritt-Anleitung. ³ Ergebnis, falls der Drucker nicht wegen übersprungenem G-Code abrechnen musste
 ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ funktioniert – funktioniert nicht k. A. keine Angabe