

GRUNDLAGEN DES 3D-DRUCKS

von Josef Prusa

Dritte Ausgabe



EINFÜHRUNG

Es gibt viele Mythen über den 3D-Druck – einschließlich des weit verbreiteten Irrglaubens, dass es sich um eine neue Technologie handelt. Tatsächlich ist diese Art der Herstellung seit den 1980er Jahren bekannt und wird heute in allen möglichen Branchen und sogar von Hobbyisten zu Hause verwendet.

Sie werden feststellen, dass der 3D-Druck keine futuristische, komplizierte und extrem teure Technologie ist, die nur einer Handvoll Sterblicher zur Verfügung steht. Im Gegenteil! Die Prinzipien sind ziemlich geradlinig und einfach. Es gibt eine Reihe von branchenspezifischen Wörtern und Abkürzungen, die Sie vielleicht zuerst erschrecken könnten – keine Sorge! Eigentlich gibt es nicht allzu viele von ihnen und Sie werden sie schnell verstehen.

Dieses Buch wird Ihnen helfen zu verstehen, welche Arten von 3D-Drucktechnologien derzeit verfügbar sind und wie sie funktionieren. Wir begleiten Sie durch den gesamten Prozess des 3D-Drucks, angefangen bei der Erstellung eines druckfähigen 3D-Modells über die Druckvorbereitung bis hin zur abschließenden Nachbearbeitung eines gedruckten Objekts. Sie erfahren, was ein Extruder ist, sowie das Slicen, Perimeter oder Infill. Wir erklären Ihnen die Unterschiede zwischen den gängigsten Materialien und wie Sie den 3D-Druck für die praktische Anwendung nutzen können.

Dieses Buch vermittelt Ihnen ein sehr gutes Verständnis für den 3D-Druck und vermittelt Ihnen auch alle grundlegenden Kenntnisse, die Sie für den Einstieg benötigen. Es bleibt nur noch, einen 3D-Drucker zu kaufen und mit dem Drucken zu beginnen!

◆ **Josef Průša**

Josef Prusa

Josef Prusa (*23.2.1990) interessierte sich für den 3D-Druck, bevor er 2009 an die Prager Wirtschaftsuniversität kam. Bald entwickelte sich Josef zu einem der führenden Entwickler von Adrian Bowyers internationalem Open-Source-Projekt RepRap. Heute kann man das Prusa-Design in verschiedenen Variationen auf der ganzen Welt sehen. Es ist einer der beliebtesten 3D-Drucker und einer der Gründe, warum das Wissen über den 3D-Druck in der Öffentlichkeit zugenommen hat. Im Jahr 2012 gründete Josef Prusa Research, das die Original Prusa 3D-Drucker herstellt und monatlich mehr als 10.000 davon an Kunden weltweit liefert. Mit mehr als 400.000 verkauften Exemplaren ist der Original Prusa i3 das weltweit am meisten verwendete 3D-Druckerdesign.



WERDEN SIE EIN EXPERTE IM 3D-DRUCKEN MIT DER PRUSA ACADEMY!

Die Prusa Academy bietet Online-Kurse zu verschiedenen Themen des 3D-Drucks und hilft Ihnen, Ihren 3D-Drucker mit leicht verständlichen Anleitungen, Videos, Quizfragen und mehr zu beherrschen! Besuchen Sie den Bereich Academy auf prusa3d.com, um mehr zu erfahren!

INHALTSVERZEICHNIS

Was ist 3D-Druck?	5
Historie des 3D-Drucks	6
Entdeckung der Stereolithographie	6
Das RepRap-Projekt	6
Der Einsatz von 3D-Drucken	7
3D-Druck-Technologien	11
FDM/FFF	12
FFF 3D-Drucker Komponenten	14
SLA (Stereolithographie)	17
MSLA-Druckerkomponenten	19
SLS / DMLS	21
Auswahl eines 3D-Druckers	22
3D-Druck Einmaleins	24
Erhalten eines 3D-Modells	26
Online-Bibliotheken und 3D-Hubs	26
3D-Modellierungssoftware	27
Tinkercad	27
Autodesk Fusion	28
Blender	29
OpenSCAD	30
Was Sie bei der Entwicklung eines Modells beachten sollten	31
3D-Scannen und Photogrammetrie	35
Die Wahl des richtigen Druckmaterials	36
Slicen	36
PrusaSlicer	37
Simplify3D	38
Cura	38
Slicer - Grundeinstellungen	39
Vorbereitung der Druckfläche	42
Starten des Druckvorgangs	43
Nachbearbeitung	43
Kleben und Glätten von Modellen mit Aceton	44
Filamente	45
PLA	47
PETG, ASA und PC (Polykarbonat)	48
FLEX (TPU/TPE/TPEE)	49
Gefüllte Materialien	49
PVA und BVOH für lösliche Stützstrukturen	50
Andere Materialien	50
Mehrfarbiger 3D-Druck	51
Multimaterial-3D-Druck	53
Photopolymere / harze	55
Glossar	57
FAQ	61



WAS IST 3D-DRUCK?

Der 3D-Druck ist ein automatisierter additiver Fertigungsprozess, bei dem ein 3D-Drucker ein physikalisches Modell auf der Grundlage digitaler Daten (ein 3D-Objekt) erstellt. Es gibt eine Reihe von verschiedenen 3D-Drucktechnologien, aber die am häufigsten verwendete, die sogenannte FFF (Fused Filament Fabrication), ist einfach: Ein Objekt wird Schicht für Schicht durch Schmelzen eines Kunststoffstrangs erzeugt. Stellen Sie sich vor, Sie würden ein 3D-Objekt nehmen und in dünne Scheiben schneiden – wie eine Kartoffel in Kartoffelchips. Dann nehmen Sie eine Klebepistole und „zeichnen“ jede Schicht mit Heißkleber. So werden Objekte in der Regel gedruckt – es ist eine additive Methode, weil wir Material hinzufügen. Sie steht im direkten Gegensatz zur Subtraktionsmethode, die aus der spanabhebenden Bearbeitung von vorhandenem Material besteht.



Der 3D-Druck wächst und entwickelt sich rasant. 3D-Drucker und Druckmaterialien werden ständig weiterentwickelt. 3D-Drucker haben sich zunächst erfolgreich aus dem professionellen Bereich in die Welt der Hobby-Maker ausgebreitet. Und jetzt hat die Popularität der Hobbyisten dazu beigetragen, dass sie in verschiedene neue Branchen vordringen.

Historie des 3D-Drucks

Zunächst hieß der 3D-Druck Rapid Prototyping – und dieser Begriff wird heute noch verwendet, wenn auch selten. Bevor erschwingliche 3D-Drucker alltäglich wurden, wurde diese Technologie nur für das Prototyping eingesetzt.

Eine typische Aufgabe für Rapid Prototyping wäre die Entwicklung und Produktion einer TV-Fernbedienung. Vorbereitungsarbeiten für die Herstellung können sogar Zehntausende von Euros kosten (Herstellung der Formen, der Herstellungsprozess selbst, Prüfung...), so dass der Hersteller sicher sein muss, dass seine TV-Fernbedienung gut in die Hände der Benutzer passt und alle Tasten bequem erreicht werden können. An dieser Stelle kommt das Prototyping ins Spiel. Obwohl die Preise für 3D-Drucker wirklich hoch waren, lagen die Kosten für die Herstellung eines einzelnen Prototyps mit den alten Methoden bei rund tausend Dollar, was immer noch eine Menge Geld sparen würde. Aufgrund der Kosten der Maschinen bestand jedoch keine Chance, dass sie in die Hände von normalen Anwendern gelangen konnten – glücklicherweise hat sich diese Situation geändert.

Entdeckung der Stereolithographie

Der 3D-Druck, wie wir ihn heute kennen, wurde 1984 entdeckt, als der Gründer von 3D Systems, Charles W. Hull, ein Patent für seine Erfindung – die Stereolithographie – anmeldete. Hull war der erste, der digitale 3D-Daten druckte. Diese Technologie, allgemein als SLA abgekürzt, wird bis heute eingesetzt. Mehr dazu erfahren Sie im Kapitel über die verschiedenen 3D-Druckverfahren.



Erster kommerzieller 3D-Drucker

1992 begann 3D Systems mit der Produktion und dem Vertrieb des ersten kommerziell erhältlichen 3D-Druckers auf Basis der SLA-Technologie.

Das RepRap-Projekt

2005 war wohl das wichtigste Jahr in der Geschichte des modernen 3D-Drucks: Das Projekt RepRap wurde von Dr. Adrian Bowyer an der University of Bath ins Leben gerufen. Die Idee war, einen

3D-Drucker zu entwickeln, der in der Lage ist, so viele eigene Teile wie möglich zu drucken. Das Projekt war von Anfang an als Open-Source konzipiert, d.h. alle Quellcodes sind frei verfügbar und offen für weitere Änderungen und Verbesserungen. Dies war eine wichtige Entscheidung, die es Enthusiasten aus der ganzen Welt ermöglichte, an dem Projekt teilzunehmen. Und das ist der Hauptgrund, warum die RepRap-Maschinen derzeit die am weitesten verbreiteten 3D-Drucker der Welt sind. Dank RepRap können wir nun 3D-Drucker für den DIY/Maker – und Semi-Profimarkt kaufen – das sind in der Regel Maschinen unter 4.000 Euro.

Die Anwendergemeinde rund um RepRap-Drucker ist riesig. Wenn Sie verstehen möchten, wie 3D-Drucker funktionieren (oder verschiedene Upgrades, Mods und Experimente ausprobieren möchten), ist RepRap die perfekte Lösung für Sie. Diese 3D-Drucker können entweder als kalibrierte und komplett montierte Maschinen oder als DIY-Montagesätze gekauft werden, die Spaß machen – und eigentlich weniger kompliziert sind, als Sie vielleicht denken.



Adrian Bowyer (links) mit seinem RepRap 3D-Drucker

Der Einsatz von 3D-Drucken

Der 3D-Druck wurde zunächst als Mittel zur Erstellung kostengünstiger und schneller Prototypen eingesetzt. Als die Technologien billiger wurden, fanden 3D-Drucker ihren Einsatz in anderen Branchen.

Ein Beispiel dafür sind Kleinserienproduktionen. Es gibt Unternehmen, die kleine Mengen ihrer Produkte herstellen, so dass die hohen Kosten im Zusammenhang mit der Großserienproduktion in solchen Fällen nicht gerechtfertigt wären. Daher bietet sich der 3D-Druck als geeignetere Lösung an. Ein weiterer nützlicher Aspekt ist die Tatsache, dass Sie bei der Entwicklung eines verbesserten Designs sofort mit der Produktion beginnen können, was bedeutet, dass Sie neue und verbesserte Produkte viel schneller als sonst einführen können.



Prusa Research Druckfarm

Diesen Ansatz haben wir mit der Produktion unserer Original Prusa i3 3D-Drucker umgesetzt. Unsere hauseigene 3D-Druckerfarm verfügt mittlerweile über mehr als 700 Drucker. Wenn es ein neu gestaltetes oder verbessertes Teil gibt, müssen wir es nur testen und dann in das Druckfarmensystem hochladen – die Produktion kann nahezu sofort beginnen. Außerdem können wir die Daten auch an unsere Kunden senden, damit sie die Teile sofort selbst drucken können. Die Möglichkeit schneller Iterationen ist eine der größten Stärken des 3D-Drucks.



Die personalisierte Produktion ermöglicht es den Herstellern, kundenspezifische Artikel nach Kundenwunsch herzustellen. Dies kann z.B. eine Smartphone-Hülle mit individuellem Motiv, ein anpassbarer Schlüsselanhänger oder verschiedene Marketingartikel sein, die an die Bedürfnisse des Kunden angepasst sind.



Ein 3D-Drucker eignet sich auch hervorragend für die Herstellung von **Spielzeug und Figuren**. Sie können Tausende von kostenlosen oder bezahlten Modellen im Internet finden, die von einfachen Spielzeugen bis hin zu akribisch gestalteten Tischspielen reichen.



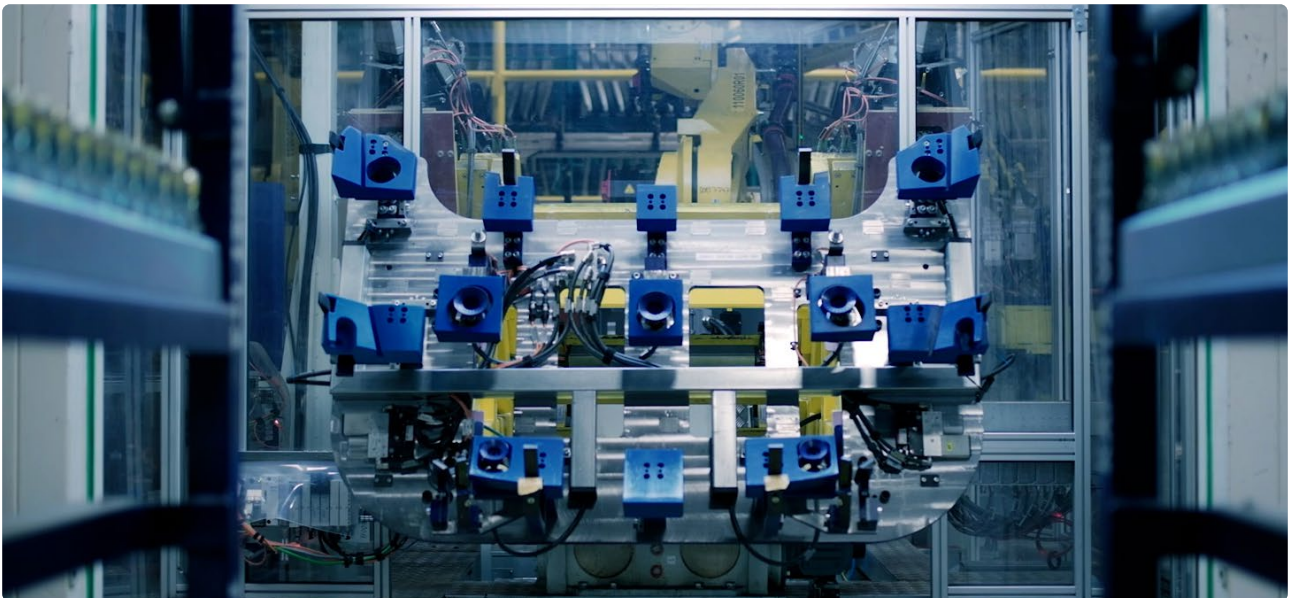
Cosplay*-Fans werden 3D-Drucker besonders nützlich finden, da sie damit Masken, Geräte, Zubehör und andere Artikel herstellen können, die leicht nachbearbeitet (geschliffen und lackiert) werden können, um ihnen ein authentisches Aussehen zu verleihen.

* Cosplay – ein Wortschöpfung aus den Wörtern „Kostüm“ und „Spiel“. Es ist eine Performance-Kunst, bei der die Teilnehmer (Cosplayer) Kostüme tragen, um eine bestimmte Figur aus Büchern, Filmen oder Videospielen darzustellen.



Ein weiterer Bereich, in dem 3D-Drucker wirklich glänzen, ist die Produktion von **Ersatzteilen** – entweder solche, die nicht mehr über offizielle Kanäle erhältlich sind, oder solche, die direkt von den Herstellern bereitgestellt werden. Die Zahl der offiziell erhältlichen druckbaren Teile für Haushaltsgeräte nimmt zu, da die Hersteller diesen Trend unterstützen. Viele nützliche Beispiele von verschiedenen Marken finden Sie unter printables.com/brands!

Wenn wir nach Beispielen aus dem professionellen Bereich suchen, finden wir spannende Anwendungsfälle für den 3D-Druck in verschiedenen Branchen. Automobilunternehmen verwenden 3D-Drucker für verschiedene **maßgeschneiderte Werkzeuge** für Produktionslinien, um Kosten und Zeit zu sparen. Einige gedruckte Teile halten sogar länger als Metallteile!



Das schnellste Ultraleichtflugzeug, der **Shark**, hat über hundert 3D-gedruckte Teile unter der Haube!



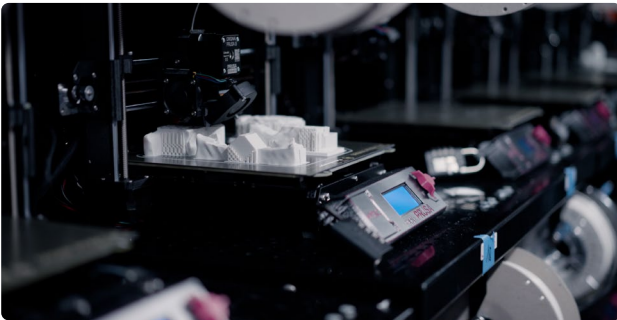
Designer verwenden 3D-Drucker für das Prototyping und die Feinabstimmung ihrer Ideen, bevor sie sie in die Produktion schicken.



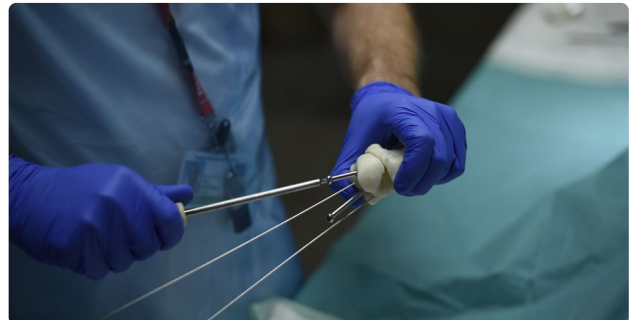
Einige der größten wissenschaftlichen Köpfe arbeiten am **CERN** an den Geheimnissen des Universums. Und 3D-Drucker helfen ihnen, maßgeschneiderte Geräte und verschiedene Werkzeuge zu machen.



3D-Drucker sind bei Special-Effects-Künstlern in der Filmindustrie sehr beliebt. Verschiedene Requisiten, Kostüme und Modelle wurden dank des 3D-Drucks erstellt.



3D-Drucker sind in der Architektur und im Bauwesen eine große Sache. Einer der wichtigsten Bestandteile von Architekturprojekten ist die Visualisierung von Modellen. Außerdem vereinfacht der 3D-Druck die Erstellung von detaillierten Konzeptmodellen und Kundenpräsentationen dramatisch. Die renommiertesten Universitäten der Welt lehren sogar das 3D-Drucken für Architekten.



Im Gesundheitswesen geht es darum, zukünftigen Ärzten die Grundlagen der Anatomie beizubringen oder Chirurgen bei der Vorbereitung von Operationen zu helfen – alles dank 1:1 gedruckter 3D-Modelle auf der Grundlage von CT-Scans des Patienten. Dank der besseren Vorbereitung nimmt die Behandlung weniger Zeit in Anspruch und führt zu besseren Ergebnissen, die sogar Leben retten können!

3D-Druck im Bildungswesen

Da der 3D-Druck immer beliebter und zugänglicher wird, hält er Einzug in die Klassenzimmer weltweit. Die Technologie ermöglicht Lehrern die Erstellung maßgeschneiderte Lehrmittel und die Schüler können Kreativität und praktisches Denken zu entwickeln. Mit wenig Aufwand kann Bildung viel mehr sein als Bücher und Notizen.

Schüler erstellen verschiedene Experimente und Projekte, lernen, zusammenzuarbeiten und aktiv Informationen zu recherchieren.



Werden Sie Mitglied bei Prusa Education!

Für alle Schulen, Universitäten und andere Bildungseinrichtungen bieten wir das Prusa Education Programm an, um Ihnen den Einstieg in den 3D-Druck zu erleichtern. Besuchen Sie education.prusa3d.com, um herauszufinden, was das Programm für Sie und Ihre Schule zu bieten hat.



3D-DRUCK-TECHNOLOGIEN

Alle Arten des 3D-Drucks basieren auf dem gleichen Prinzip: Objekte durch Hinzufügen von Schichten über bestehende Schichten zu erstellen. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine 3D-Drucktechnologie, die völlig universell und für jeden Zweck geeignet wäre. Deshalb ist es wichtig zu entscheiden, wie und zu welchem Zweck Sie den Drucker verwenden werden. Um die Sache zu erleichtern, teilen wir die 3D-Druckertypen in drei Hauptkategorien ein:

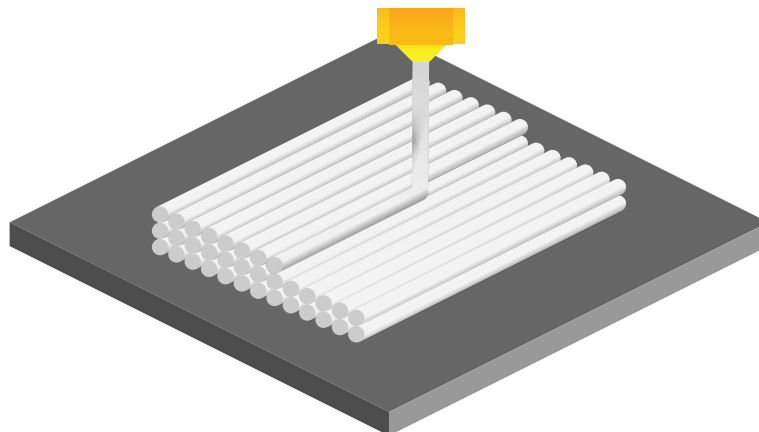
1. Ein Strang aus Kunststoff, der in einem Heizelement geschmolzen und durch einen Druckkopf (Extruder) durch eine Düse extrudiert wird. Dies ist eine typische Beschreibung der Technologien FFF (Fused Filament Fabrication) / FDM (Fused Deposition Modeling). Diese Begriffe können als Synonyme betrachtet werden. FDM ist eine Marke von Stratasys.
2. Flüssiges Material verfestigt sich in Schichten in vordefinierten Bereichen. Das ist es, was wir normalerweise SLA – Stereolithographiegerät nennen. Das flüssige Material (Harz) wird durch einen Lichtstrahl (UV-Laser oder LED-Panel, DLP-Projektor) ausgehärtet.
3. Feinpulver, das mit einem Laser gesintert (verdichtet und geformt, nicht geschmolzen) wird. Die Technologie heißt SLS (Selective Laser Sintering) und ist im Vergleich zu den beiden Vorgängern viel teurer.

FDM/FFF

Die am weitesten verbreitete und kostengünstigste 3D-Drucktechnologie, geeignet für den Druck von funktionalen / mechanischen Teilen und Prototypen. Der Drucker verwendet als Hauptressource Kunststoffstränge. Die Spule aus Kunststoff wird Filament genannt und ist in der Regel mit einem Durchmesser von 1,75 mm erhältlich. Es gibt noch einige 3mm-Filamente auf dem Markt, aber ihre Druckgenauigkeit ist ziemlich gering, und ihre Verwendung wird nicht empfohlen. Im Vergleich zu flüssigen Harzen oder pulverförmigen Materialien sind Filamente sicher und einfach zu verarbeiten. Der Nachteil ist, dass die Schichten auf den gedruckten Objekten mit bloßem Auge sichtbar sind. Die übliche Schichthöhe (bei Verwendung einer 0,4 mm Düse) liegt zwischen 0,05 und 0,3 mm.

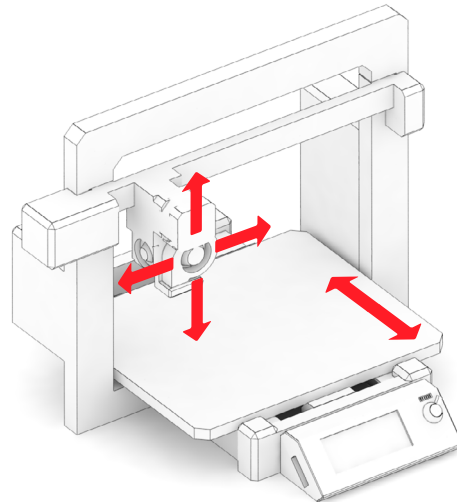


Die Preisspanne der FFF-Drucker beginnt bei ca. 150 EUR für günstige 3D-Drucker aus China und kann weit über 100.000 EUR für professionelle Maschinen hinausgehen. Der Original Prusa MK4S 3D-Drucker beginnt bei 799 USD / 819 EUR und stellt ein ideales Preis-/Leistungsverhältnis dar.

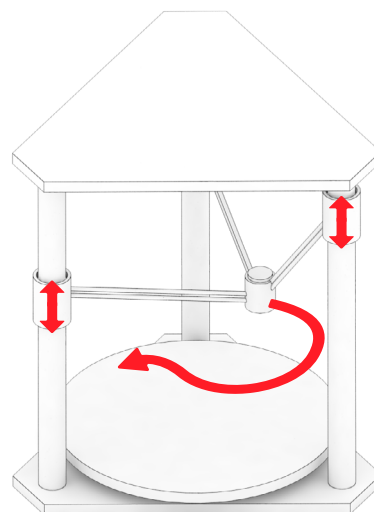


Wir können FDM / FFF 3D-Drucker in Unterkategorien unterteilen, basierend auf der Bewegung ihrer Achsen im dreidimensionalen Raum.

1. **Der kartesische** 3D-Drucker ist nach dem dimensionalen Koordinatensystem XYZ benannt. Der Extruder bewegt sich in zwei Richtungen (X und Z), während sich das Druckbett entlang der Y-Achse bewegt. Das bedeutet auch, dass das Druckbett in der Regel quadratisch oder rechteckig ist. Der Original Prusa MK4S ist ein kartesischer Drucker.



2. **Delta** 3D-Drucker lassen ihre Extruderbewegungen von drei beweglichen Armen steuern, die sich im Extruder treffen. Zwei der größten Vorteile sind die Druckgeschwindigkeit und das große Druckvolumen. Allerdings erfordert der Drucker eine äußerst präzise Montage und Kalibrierung. Die Geometrie des Druckers erfordert komplexe Berechnungen für die Bewegungen von Schrittmotoren in jedem der Arme.



Delta 3D-Drucker sind in der Industrie aus einer Reihe von Gründen sehr beliebt. Sie sind in der Lage, sehr hohe Objekte mit gleichbleibender Qualität zu produzieren, da das Heizbett fest installiert ist. Der Extruder ist leicht, was zu einer geringeren Trägheit und damit zu einer höheren Genauigkeit führt. Delta 3D-Drucker von PrusaResearch sind außerdem mit einer aktiv beheizten Druckkammer ausgestattet, die das Arbeiten mit anspruchsvollen Materialien erheblich erleichtert.

- 3. CoreXY 3D-Drucker** werden immer beliebter. Sie verwenden ein quaderförmiges Design und verfügen über ein System aus Riemen und Riemenscheiben mit zwei Schrittmotoren, die den Extruder in der X – und Y-Achse bewegen. Das Druckbett ist an der Z-Achse befestigt und bewegt sich auf und ab. Dies bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich, wie z.B. höhere Druckgeschwindigkeiten und eine gute Druckqualität, da sich das Bett nicht hin und her bewegt. Der Prusa Core ONE und der Original Prusa XL sind CoreXY 3D-Drucker.



FFF 3D-Drucker Komponenten

Alle FFF 3D-Drucker sind baulich sehr ähnlich. Sie bestehen in der Regel aus den folgenden Teilen:

Extruder

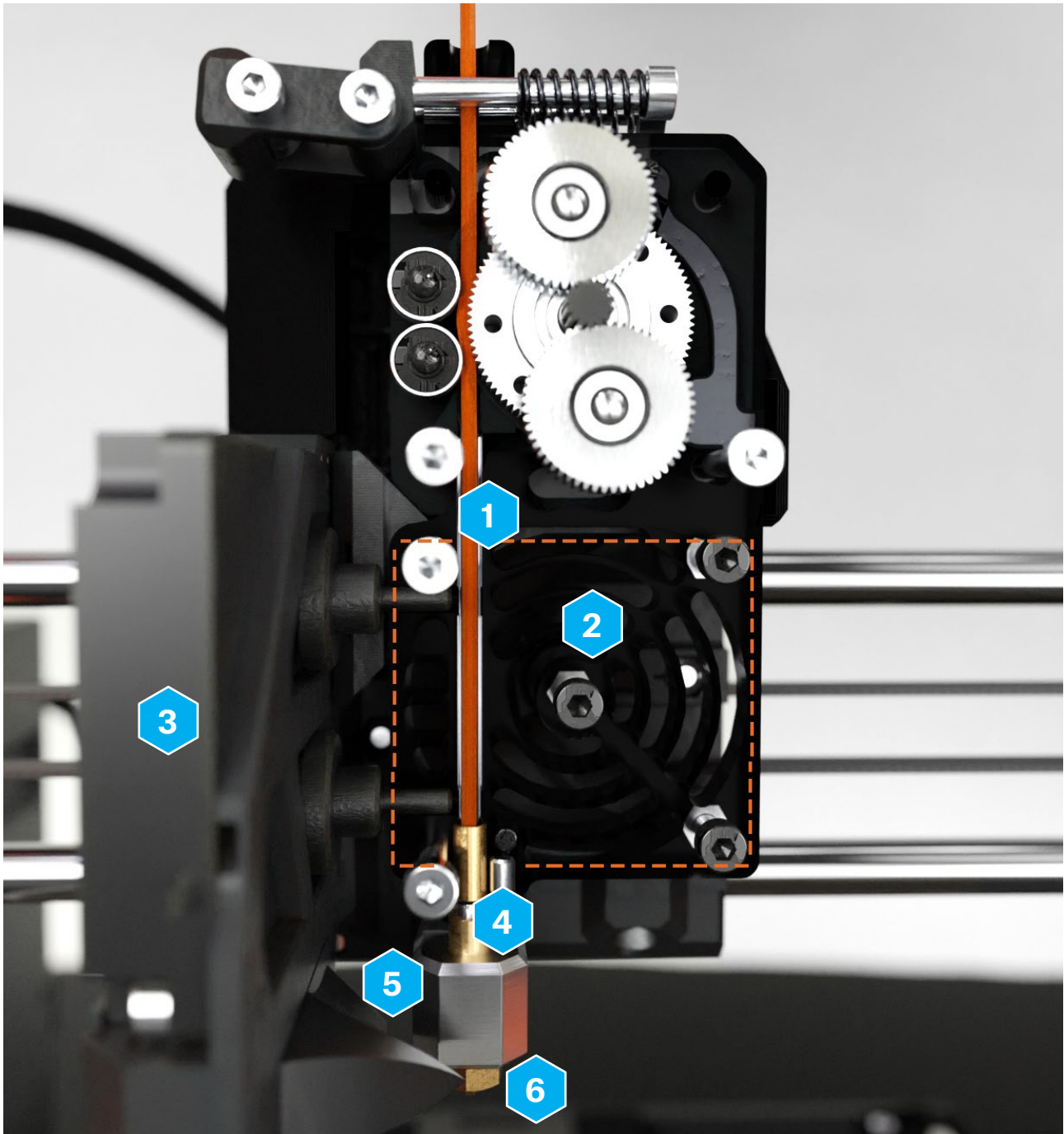
Der Extruder oder ein Druckkopf dient zum Ablegen von Druckschichten durch Extrudieren von geschmolzenem Kunststoff.

Zunächst gelangt der Filamentstrang über einen PTFE-Schlauch in den Extruder. An dieser Stelle ist das Filament ein fester Kunststoffstrang und hat Raumtemperatur. Es durchläuft einen Kühlkörper, der dazu bestimmt ist, die Wärme aus dem Heatbreak, einer Wärmeschranke, abzuführen und die Übergangsfläche zwischen festem und geschmolzenem Filament zu minimieren. Der Kühlkörper hat in der Regel einen seitlich angebrachten Lüfter, um die Kühlleistung zu erhöhen. Das Heatbreak ist im Wesentlichen ein Rohrstück mit einem Außengewinde, das an einem Ende schmaler ist, um den Durchmesser so weit wie möglich zu minimieren, so dass weniger Wärme in Richtung des Bereichs aufsteigt, in dem das Filament fest bleiben soll.

Der Heizblock besteht aus wärmeleitenden Materialien, meist Aluminium, und enthält ein kleines elektrisches Heizelement sowie einen Thermistor zur Temperaturmessung. Das Material wird im Heizblock geschmolzen und durch die Düse weiter und weiter herausgeschoben. Die Düse kann verschiedene Durchmesser haben und viele Drucker ermöglichen es den Benutzern, die Düse auf eine andere mit einem anderen Durchmesser umzustellen. Moderne Extruder sind außerdem mit zusätzlichen Sensoren und Hardware mit erweiterten Funktionen ausgestattet, um das Erlebnis noch benutzerfreundlicher zu machen. Die Original Prusa 3D-Drucker, die mit Nextruder ausgestattet sind, verwenden beispielsweise die Wägezellen-Technologie, um eine vollautomatische Kalibrierung durchzuführen und eine stets perfekte erste Schicht zu erzielen. Mehr über Düsen mit verschiedenen Durchmessern und ihre Vorteile können Sie in einem Artikel auf prusa.io/nozzles lesen.

Extruder

- 1 PTFE-Schlauch
- 2 Kühlkörper
- 3 Druckventilator
- 4 Heatbreak
- 5 Heizblock
- 6 Düse



Beheiztes Bett

Das beheizte Bett oder Heizbett ist ein wichtiger Bestandteil jedes modernen 3D-Druckers, der mit so vielen Materialien wie möglich kompatibel sein sollte. Das beheizte Bett verhindert, dass sich gedruckte Gegenstände verbiegen, verziehen oder von der Oberfläche lösen.

Rahmen

Der Rahmen ist die tragende Struktur des Druckers. Starre und präzise gefertigte Rahmen haben einen positiven Einfluss auf die Druckqualität. Ein robuster und fester Rahmen minimiert Vibrationen und ermöglicht einen schnelleren Druck ohne nennenswerte Qualitätsprobleme bei den produzierten Drucken.

Schrittmotoren

Schrittmotoren sorgen für Bewegungen in allen Achsen – dazu gehören der Extruder und das beheizte Bett, während ein weiterer Motor die Bewegung des Filamentstrangs steuert. Der Vorteil von Schrittmotoren besteht darin, dass die Schritte präzise gesteuert werden können.

Mainboard

Das Mainboard ist eine elektronische Komponente mit integrierten Schaltungen, die den gesamten Drucker steuert. Seine Hauptfunktion besteht darin, Anweisungsdateien (G-codes) zu lesen und die Motoren, Heizbett und Heizung anhand der Anweisungen im G-code zu steuern.



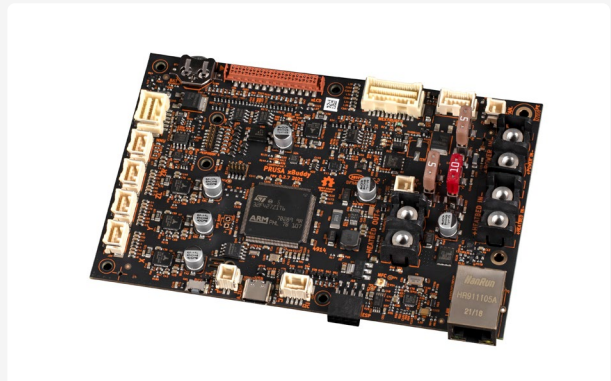
Beheiztes Bett



Rahmen



Schrittmotoren

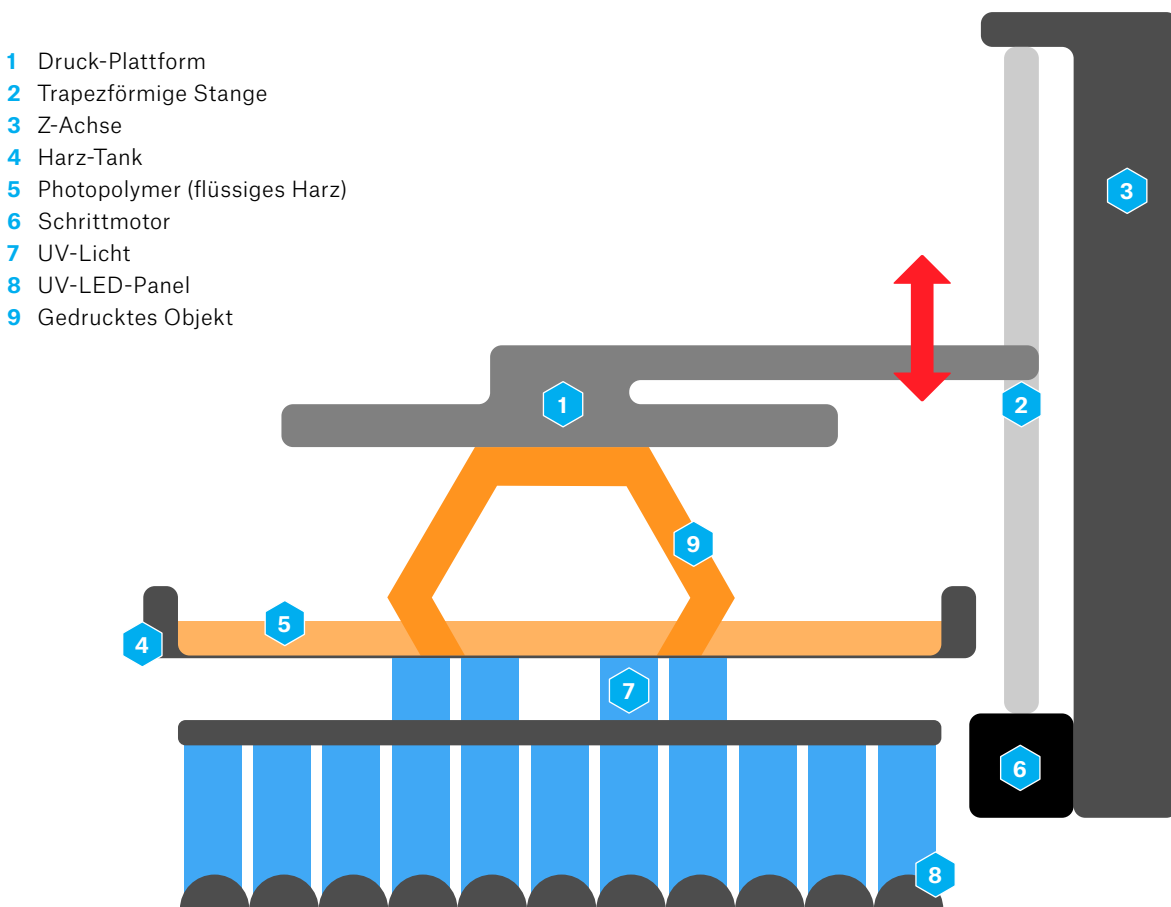


Mainboard

SLA (Stereolithographie)

SLA (Stereolithographie)

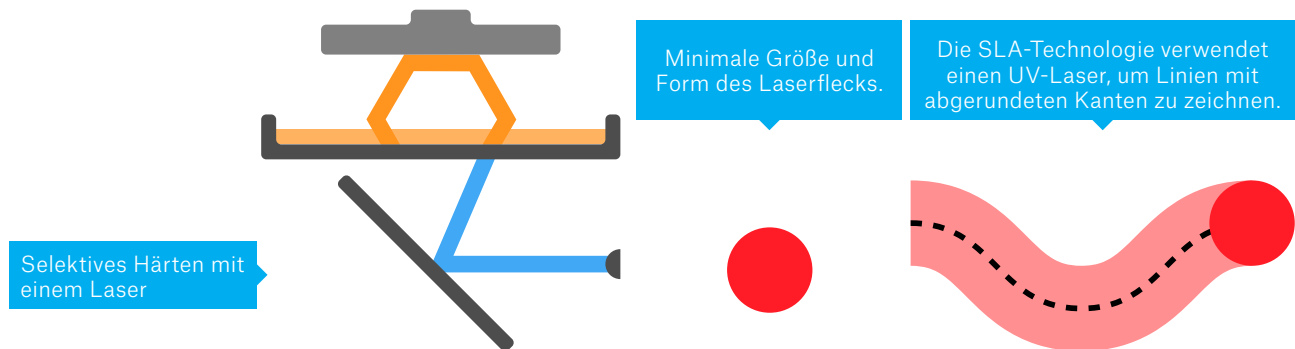
Die SLA-Technologie basiert auf der Aushärtung (Verfestigung) lichtempfindlicher Flüssigharze durch Bestrahlung mit UV-Licht. SLA 3D-Drucker sind mit einer Plattform ausgestattet, die sich bewegt, sobald eine einzelne Schicht ausgehärtet ist, um Platz für eine neue Schicht zu schaffen, die an der vorherigen Schicht haftet. Der Harz-Tank hat einen transparenten Boden, unter dem ein LCD-Panel angebracht ist. Das LCD zeigt eine Maske einer einzelnen Schicht an, während eine UV-Lichtquelle durch die Maske scheint und das Harz in einer exakten Form belichtet (und verfestigt). Dies führt zu unglaublich detaillierten und glatten 3D-Drucken mit Schichten, die für das menschliche Auge fast unsichtbar sind. SLA-3D-Drucker sind perfekt für Miniaturen und Prototypen, werden aber auch in verschiedenen industriellen Bereichen und insbesondere in der Zahnmedizin hoch gelobt.



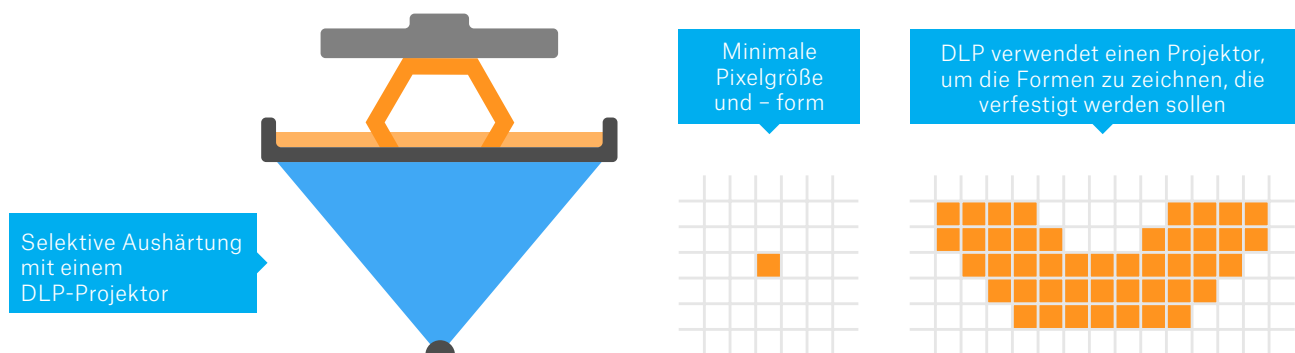
Allerdings sind SLA-Geräte im Vergleich zu ihren FFF/FDM-Pendants etwas komplizierter zu bedienen. Harze sind Flüssigkeiten und können leicht verschüttet werden. Außerdem ist es wichtig, dass sie nicht mit Ihrer Haut oder Ihren Augen in Berührung kommen. Normalerweise müssen die Objekte in Isopropylalkohol gewaschen und mit UV-Licht gehärtet werden. Die Curing and Washing Machine (CW1S) als All-in-One-Zubehör zu unserem Original Prusa SL1S SPEED entwickelt. Die CW1S kann Harz auf Arbeitstemperatur vorwärmen und 3D-Drucke auf Harzbasis innerhalb weniger Minuten und mit minimalem Aufwand waschen, trocknen und aushärten.

Es gibt drei Haupttypen von SLA-Druckern. Sie unterscheiden sich je nach Belichtungsmethode. Auch wenn sie ähnlich erscheinen mögen, kann die Druckqualität stark variieren.

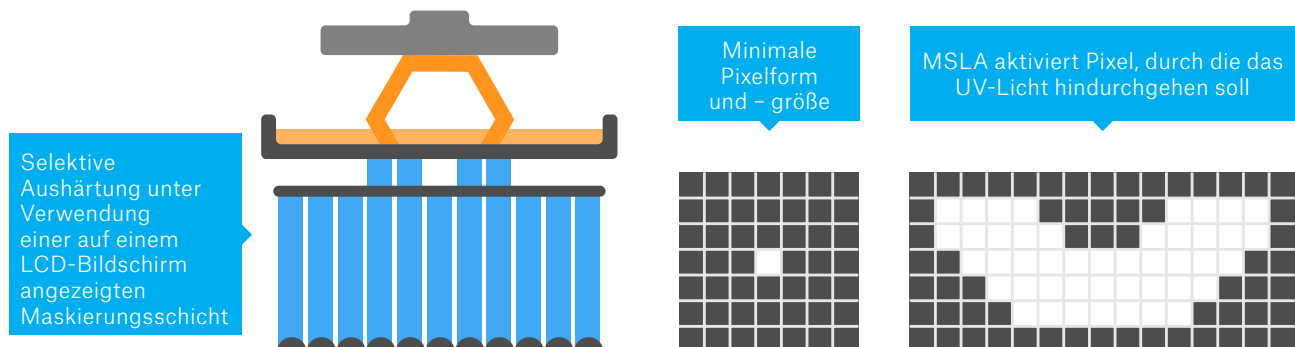
- 1. Die SLA - Laser** – Belichtung erfolgt mit einem UV-Laserstrahl. Der Strahl wird von zwei Spiegeln gesteuert und „zeichnet“ jede Ebene allmählich. Die Zeit, die benötigt wird, um eine einzelne Schicht zu verfestigen, hängt von der Größe der zu verfestigenden Fläche ab. Einfach ausgedrückt: Je mehr Objekte es auf der Druckplattform gibt, desto länger dauert der Druck.



- 2. SLA - DLP (Digitale Lichtverarbeitung)** – die gesamte Schicht wird dank eines Digitalprojektors auf einmal verfestigt. Die Bereiche, die die Belichtung vom Projektor erhalten, sind verfestigt. Der Vorteil dieser Methode liegt auf der Hand – jede Schicht wird in der gleichen Zeit verfestigt, unabhängig davon, wie viele Objekte sich auf der Druckplattform befinden.



- 3. MSLA (Masked Stereolithography)** – die Belichtung erfolgt mit einer leistungsstarken UV-LED, während die Form der Schicht als halbtransparente Maske auf einem LCD-Bildschirm angezeigt wird. UV-Licht kann nur durch weiße Pixel auf dem Display gelangen. Da LCDs eine feste Auflösung haben, bedeutet dies auch, dass gedruckte Objekte eine feste XY-Auflösung haben und der einzige Aspekt, der ihr Aussehen beeinflusst, die Schichthöhe ist. MSLA-Drucker härten auch eine ganze Schicht auf einmal aus, d.h. es spielt keine Rolle, wie viele Objekte sich auf der Druckplattform befinden. Der Original Prusa SL1S SPEED 3D-Drucker verfügt über einen speziellen Kippmechanismus für mehr Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit.



Die obigen Bilder sind vereinfachte Darstellungen der einzelnen Technologien. Die Darstellungen der DLP- und MSLA-Technologien berücksichtigen nicht Merkmale wie Anti-Aliasing. Ohne AA wären die Kanten der Maske deutlich verpixelt. Laienhaft ausgedrückt, kann Anti-Aliasing die scharfen Kanten glätten, indem es die Farbe aus benachbarten Pixeln mittelt. In unserem Fall gibt es also nicht nur einen Schwarz-Weiß-Rand, sondern die Anti-Aliasing-Methode erzeugt tatsächlich einen Gradientenübergang, was zu weicheren Linien führt.

MSLA-Druckerkomponenten

Die Situation bei SLA-3D-Druckern ist ähnlich wie bei FFF/FDM-Modellen – es gibt verschiedene Designs, verschiedene Konfigurationen, je nachdem, wie der SLA-3D-Drucker Harze verfestigt. Wir möchten uns auf MSLA-Maschinen konzentrieren, da unser eigener Original Prusa SL1 mit maskierter Stereolithographie arbeitet.

UV-LED-Panel

Das leistungsstarke UV-LED-Panel dient zur Verfestigung von flüssigem Harz im Harzbehälter. Der SL1S SPEED verwendet ein großes Panel anstelle einer einzelnen LED, so dass die Verteilung des UV-Lichts gleichmäßiger ist. In Kombination mit einer hochwertigen Linsenanordnung führt dies zu extrem niedrigen Belichtungszeiten und schnellerem Drucken.

Touchscreen

Dies ist der zweite LCD-Bildschirm des Druckers, der jedoch nicht für den Druck selbst verwendet wird. Stattdessen kann der Benutzer den Drucker über eine benutzerfreundliche Oberfläche einfach konfigurieren und steuern.

LCD-Panel

Im Grunde genommen strahlt das UV-LED-Panel Licht durch das Display in den Tank mit Harz. Ohne eine Maske wäre das resultierende Objekt ein massiver Block. Aus diesem Grund zeigt das LCD-Panel eine Maske (ein Bild einer einzelnen Schicht) an, indem einzelne Pixel ein – oder ausgeschaltet werden. Deaktivierte Pixel lassen das UV-Licht durch, und aktivierte (schwarze) Pixel blockieren das Licht. Die Auflösung der Anzeige wirkt sich auf die Qualität des Drucks aus.

Acryldeckel

Der SL1S verfügt über einen halbtransparenten, orangefarbenen Acrylglasdeckel. Es blockiert einen großen Teil des von außen kommenden UV-Lichts (z.B. Sonnenlicht), das sonst das Harz im Tank aushärten würde. Es blockiert auch das von der UV-LED emittierte UV-Licht, das aus dem Drucker austritt. Last, but not least, hält es auch teilweise Harzgase im Inneren des Druckers zurück.

Tank (Wanne) und Kippvorrichtung

Der Tank, manchmal auch Wanne genannt, ist der Behälter für flüssiges Harz. Er hat einen transparenten Boden, der das UV-Licht durchlässt. Der Original Prusa SL1S SPEED 3D-Drucker verfügt sogar über einen speziellen Kippmechanismus für schnelleres Drucken und bessere Druckqualität. Wie funktioniert er? Nachdem jede Schicht ausgehärtet (verfestigt) ist, muss sie am Rest des gedruckten Objekts haften, aber sie neigt auch dazu, am Boden des Tanks zu kleben. Die meisten 3D-Drucker verwenden eine einfache Aufwärtsbewegung und versuchen, die Schicht mit einer vertikalen Bewegung vom Boden abzulösen. Der Kippmechanismus ermöglicht eine viel sanftere „Schälbewegung“, so dass die Schicht allmählich abgelöst wird. Außerdem ist sie viel schneller als die normale vertikale Bewegung.

Z-Achsen Turm

Die einzige mechanische Bewegung der Druckplattform erfolgt in der Z-Achse (auf und ab). Dank des maskierenden LCD-Bildschirms mit fester X-Y-Auflösung sind keine weiteren Bewegungen erforderlich.

Luftfilterung

Die meisten handelsüblichen Harze produzieren markante Gerüche. Aus diesem Grund hat der SL1S einen eingebauten Filter.

Stabiler Aluminiumrahmen

Der Rahmen sorgt dafür, dass die Maschine robust und stabil ist. Weichere Rahmen neigen zu Verzug oder Schwingungen, was zu einer schlechten Druckqualität führt.

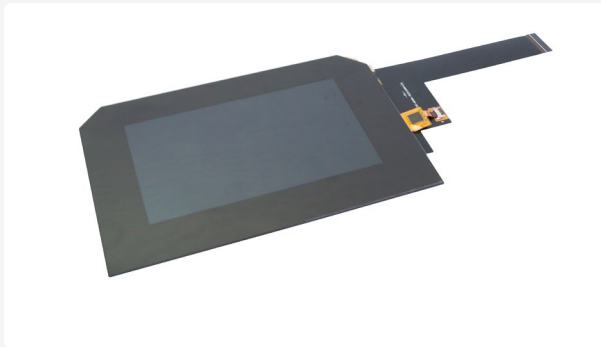
SLA-Drucker sind in der Regel teurer als FFF-Maschinen – sie beginnen meist bei etwa dem Doppelten des Preises. Die billigsten SLA 3D-Drucker um die 450 Euro, professionelle Maschinen weit über hunderttausend Euro. Unser Original Prusa SL1 3D-Drucker beginnt bei 1.399 EUR/USD.



UV-LED-Panel



LCD-Bildschirm



Touchscreen



Tank (Wanne)



Z-Achsen Turm



Acryldeckel



Luftfilterung

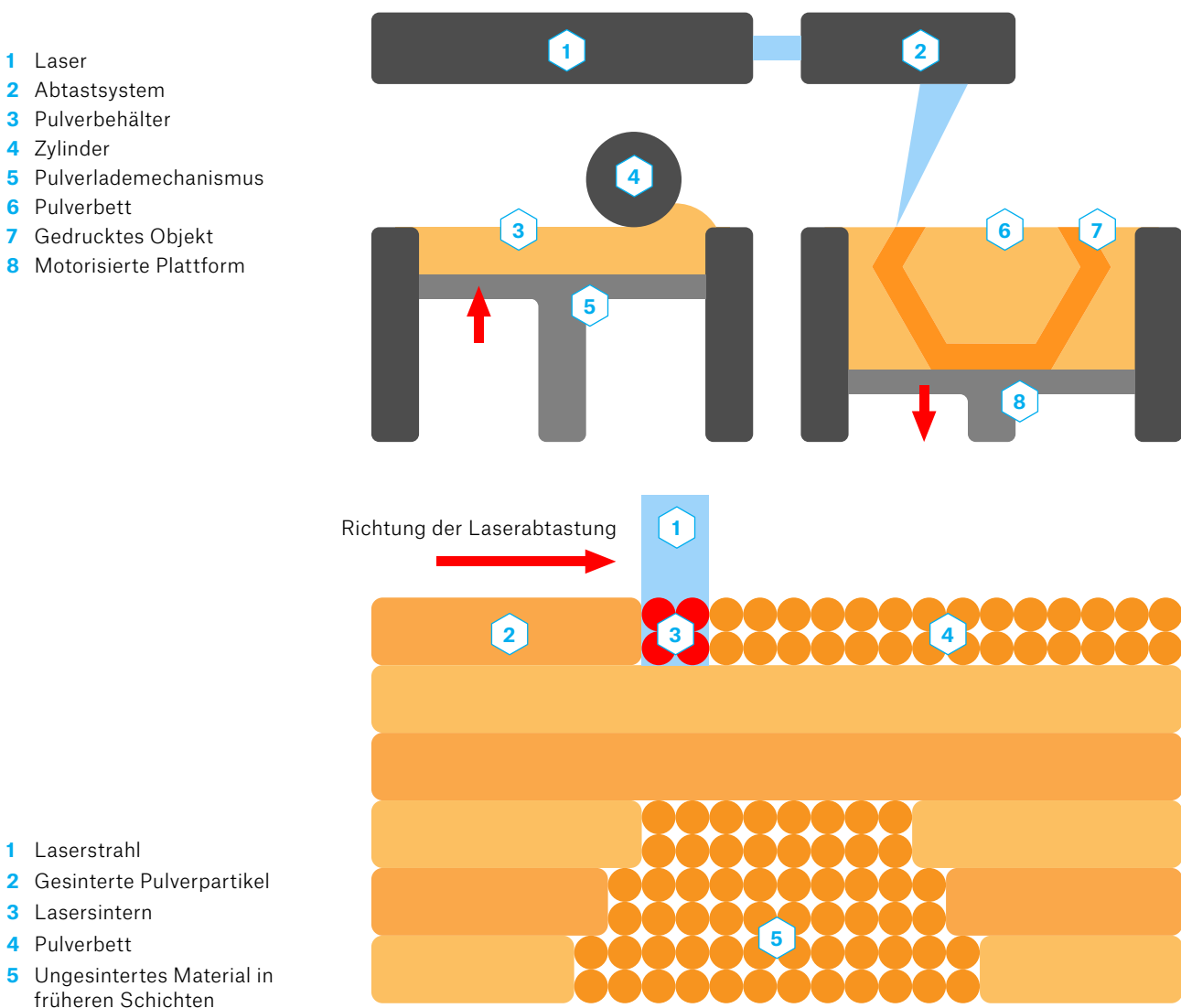


Stabiler Aluminiumrahmen

SLS / DMLS

Weitere Arten von 3D-Drucktechnologien sind SLS und DMLS, die ein Verfahren namens Sinterung verwenden. Im Wesentlichen verteilt ein Zylinder bei jedem Druck einer neuen Schicht eine dünne Schicht aus feinem Pulver auf der Plattform, die dann mit einem Laser in die gewünschte Form gesintert wird. Wenn der Druck abgeschlossen ist, wird das gesamte Objekt mit dem Druckpulver bedeckt. Aufgrund der Funktionsweise dieses Verfahrens müssen die gedruckten Objekte Löcher aufweisen, durch die das überschüssige Pulver ausgegossen wird. Ungesintertes Material kann für weitere Drucke wiederverwendet werden, was bedeutet, dass sehr wenig Material verschwendet wird. Ein weiterer Vorteil ist die Tatsache, dass die Schichten fast unsichtbar sind.

Diese Drucker sind in der breiten Öffentlichkeit nicht sehr verbreitet. Aufgrund ihrer Hauptnutzung in verschiedenen Branchen sind die Preise deutlich höher – die günstigsten Maschinen beginnen bei rund 6.000 EUR.





AUSWAHL EINES 3D-DRUCKERS

Sobald Sie sich für einen 3D-Drucker entschieden haben, ist es immer wichtig zu entscheiden, wie und zu welchem Zweck er verwendet werden soll. Vielleicht haben Sie eine lange Liste von Druckern erwartet, die von den besten bis zu den schlechtesten sortiert sind – aber das ist ziemlich unmöglich, ohne eine allzu weitgehende Vereinfachung der Dinge zu erreichen. Stattdessen möchten wir Ihnen eine Reihe von Fragen stellen, die Sie sich vor dem Kauf eines 3D-Druckers stellen sollten. Die Beantwortung dieser Fragen hilft Ihnen, die richtige Maschine für Ihre Zwecke auszuwählen.

Welche Preisspanne streben Sie an? Teure professionelle Drucker oder billige chinesische Produkte?

Der Preis spiegelt die Qualität der Verarbeitung und die Lebensdauer des Druckers sowie andere nützliche Funktionen wider. Einige billigere Drucker werden oft mit einer langen Liste von erforderlichen Benutzeranpassungen geliefert, die Sie durchführen sollten, bevor Sie das Gerät überhaupt in Betrieb nehmen. Wenn Sie etwas suchen, das sofort nach dem Auspacken funktioniert, müssen Sie möglicherweise Ihre Präferenzen anpassen.

Wie sieht der Kundensupport für den Drucker aus? Gibt es eine aktive Gemeinschaft, die mir möglicherweise helfen könnte, falls ich in Schwierigkeiten gerate? Ist der Drucker Open-Source? Was ist mit Ersatzteilen und Upgrades?

Die Unterstützung durch die Gemeinschaft ist ein wichtiger Faktor bei der Auswahl eines 3D-Druckers. Ähnlich wie bei Smartphones, wo aktive Communities die Lebensdauer der Geräte durch Updates verlängern, profitieren auch Open-Source-3D-Drucker von engagierten Nutzern, die Upgrades und Ersatzteile entwickeln und so die Langlebigkeit erhöhen.

Wie hoch sind die Betriebskosten?

Bestimmte Hersteller erlauben nur die Verwendung von eigenen Markenmaterialien und Ersatzteilen. Dies erhöht die Betriebskosten und begrenzt auch die Bandbreite der unterstützten Materialien.

Spielt die Geschwindigkeit eine Rolle?

Wenn Sie sich für einen 3D-Drucker entscheiden, können Sie sich leicht in unglaublichen Zahlen verlieren, die verschiedene Geschwindigkeiten und Informationen beschreiben. Auch wenn die Zahlen entscheidend aussehen mögen, sind die meisten Angaben theoretisch. In der Realität muss der Druckkopf verschiedene Stopps, Drehungen und Bewegungen machen und erreicht nie die proklamierten Zehntausende von mm/s. Statt auf die angekündigten Geschwindigkeitszahlen sollten Sie sich mehr auf die Zuverlässigkeit und die Gemeinschaft rund um den Drucker konzentrieren.

Wie groß ist die Druckfläche, die Sie wirklich benötigen?

Es mag so aussehen, als wäre es besser, eine riesige Druckfläche zu haben, aber in den meisten Fällen ist es nur ein großer Geldverschwender. Objekte aus PLA können in der Regel nicht größer als 20 cm in einer Achse sein, da sich größere Objekte aufgrund der Wärmeausdehnung verziehen und von der Druckoberfläche lösen. Vergessen Sie nicht, dass Sie das Modell jederzeit in mehrere Teile zerlegen und zusammenkleben können.

Wie detailliert sind die Drucke, die Sie benötigen?

Die Qualität und der Detaillierungsgrad der auf einem FFF-Drucker gedruckten Objekte kann durch die Verwendung einer Düse mit unterschiedlichem Durchmesser und die Auswahl der richtigen Materialien, Geschwindigkeiten und Temperaturen beeinflusst werden. Allerdings ist es zutreffend, dass der Detaillierungsgrad auf FFF-Druckern geringer ist als auf SLA-Druckern.

Ist ein Ein-Material-Drucker gut genug, oder benötigen Sie einen Mehr-Material – (oder sogar einen vollfarbigen) 3D-Drucker?

Mehr zum Thema Mehrfarbendruck erfahren Sie im nächsten Kapitel.



Wir haben das Thema der Auswahl eines 3D-Druckers auf prusa3d.com ausführlich behandelt. Navigieren Sie zu 3D-Drucker – Wie Sie einen 3D-Drucker auswählen und tauchen Sie tief in die Welt des 3D-Drucks ein!



3D-DRUCK EINMALEINS

ORIGINAL PRUSA MK4
by Josef Prusa

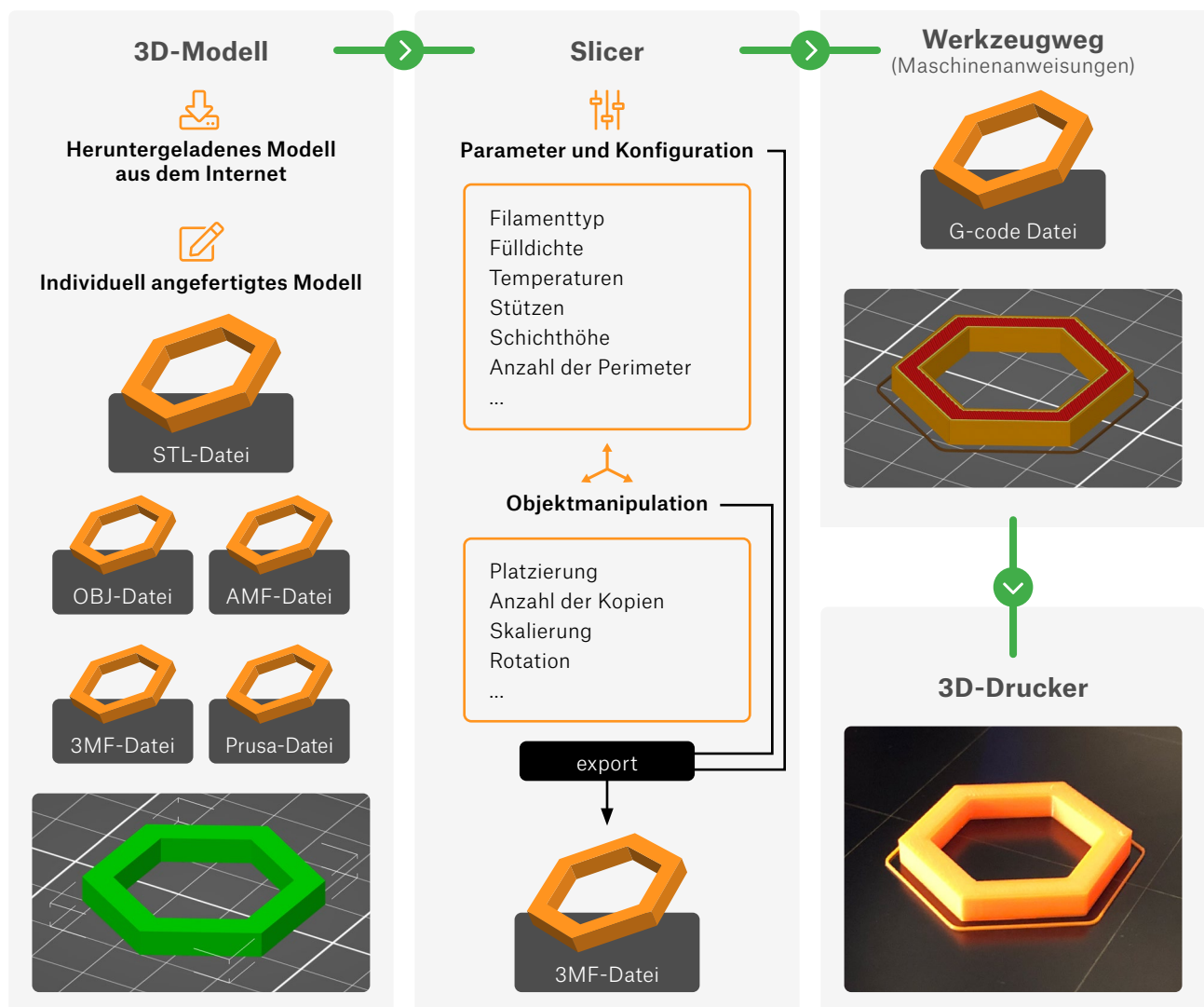
SEHEN SIE SICH DEN PRUSA ACADEMY KURS AN!

Dieser Teil ist nur eine kurze Zusammenfassung des Themas. Um vollständig in das Erstellen Ihrer eigenen Modelle einzutauchen, empfehlen wir Ihnen den Kurs „Designprinzipien für 3D-gedruckte Teile“ in der Academy-Sektion auf prusa3d.com.

Der 3D-Druckprozess besteht aus drei Hauptschritten. Zuerst müssen Sie ein druckfähiges 3D-Modell erhalten. Dann sollten Sie es für den Druck vorbereiten, und der letzte Schritt ist der Druckauftrag selbst. Betrachten wir alles aus einer allgemeinen Perspektive. Dann werden wir näher darauf eingehen.

Der erste Schritt ist das Erhalten eines 3D-Objekts, das typischerweise eine STL-Datei ist. Dieses Format wird jedoch von 3D-Druckern nicht erkannt und ist nicht direkt druckbar. Um eine STL-Datei zu verarbeiten, müssen Sie ein spezielles Werkzeug verwenden, das allgemein als „Slicer“ bekannt ist. Sie können eine STL-Datei in den Slicer Ihrer Wahl importieren, Druckparameter konfigurieren und dann das Endergebnis als G-code exportieren, das im Grunde genommen das ursprüngliche 3D-Objekt ist, das in dünne Schichten geschnitten und in einen Satz von Bewegungsbefehlen umgewandelt wird, die von 3D-Druckern erkannt werden. Darüber hinaus fügen Slicer zusätzliche Informationen in G-codes ein, wie z.B. Temperaturinformationen, Kühlungseinstellungen und andere. Der resultierende G-code ist druckerspezifisch, weshalb 3D-Objekte in der Regel als STL-Dateien freigegeben werden – Benutzer können sie dann für ihren Drucker / Filament individuell slicen.

Das folgende Diagramm zeigt die einzelnen Schritte, die zu einem erfolgreichen 3D-Druck führen.



Erhalten eines 3D-Modells

Im Allgemeinen kann ein 3D-Modell auf eine der folgenden Arten erhalten werden:

1. Herunterladen eines 3D-Modells aus dem Internet
2. Eigene Modelle erstellen
3. 3D-Scannen eines realen Objekts

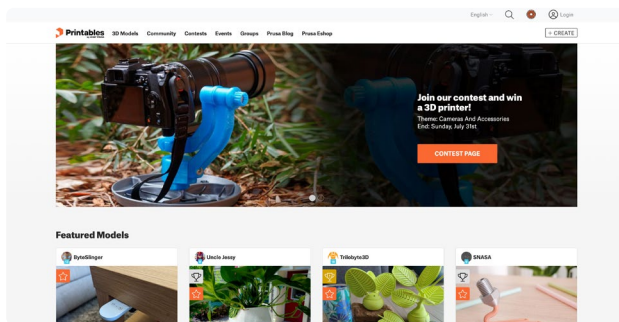
Online-Bibliotheken und 3D-Hubs

Der einfachste Weg, um mit dem 3D-Drucken zu beginnen, besteht darin, 3D-Objekte (im Dateiformat .stl oder .obj) kostenlos im Internet zu finden. Es gibt eine Reihe von Websites, die eine große Auswahl an herunterladbaren Modellen anbieten – die besten sind unten aufgeführt...

Printables

Kostenlose und bezahlte Modelle

www.printables.com

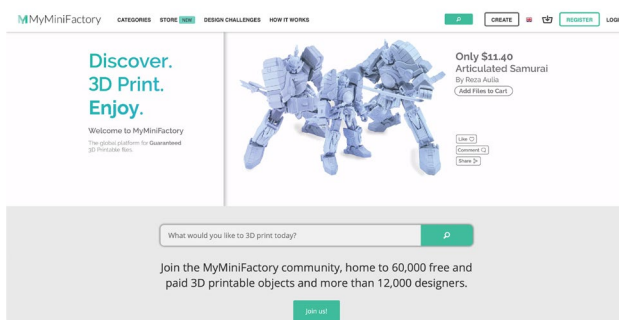


Die ultimative Online-Bibliothek mit Modellen für alle Besitzer von 3D-Druckern, die ständig weiterentwickelt wird. Mit Funktionen wie Community Feed, 3D-Objektvorschau, Auszeichnungen, physischen Prämien und Community-Wettbewerben kann Printables all Ihre Bedürfnisse beim 3D-Drucken erfüllen!

MyMiniFactory

Kostenlose und bezahlte Modelle

www.myminifactory.com

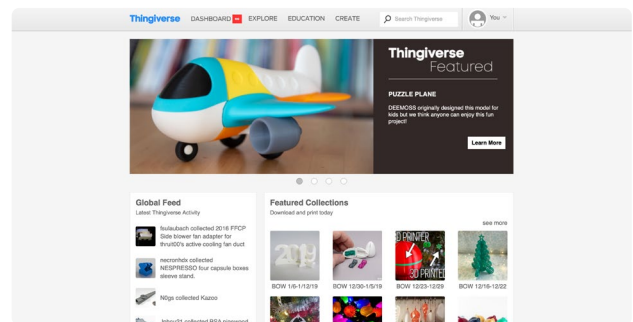


Ein beliebtes Repository mit kuratierten, druckbaren 3D-Objekten von professionellen Designern. Alle Modelle werden vor der Veröffentlichung getestet, so dass Sie sicher sein können, dass Sie qualitativ hochwertige STLs erhalten. Der Preis der bezahlten Modelle liegt normalerweise zwischen 4 und 40 USD.

Thingiverse

Kostenlose Modelle

www.thingiverse.com

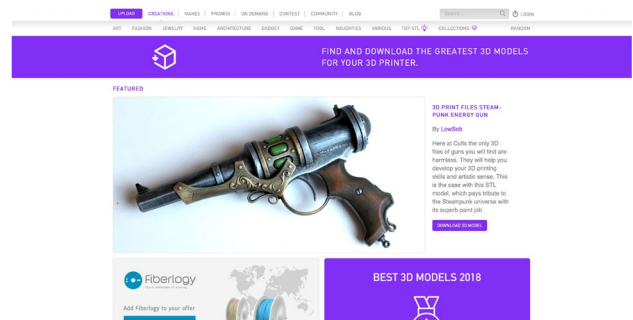


Thingiverse ist eine beliebte Online-Bibliothek mit einer großen Kollektion druckbarer Modelle, die in verschiedene Kategorien unterteilt sind, wie z.B. Hobby, Lernen, Spielzeug und Spiele und mehr. Jeden Tag werden neue Modelle hinzugefügt.

Cults

Kostenlose und bezahlte Modelle

www.cults3d.com



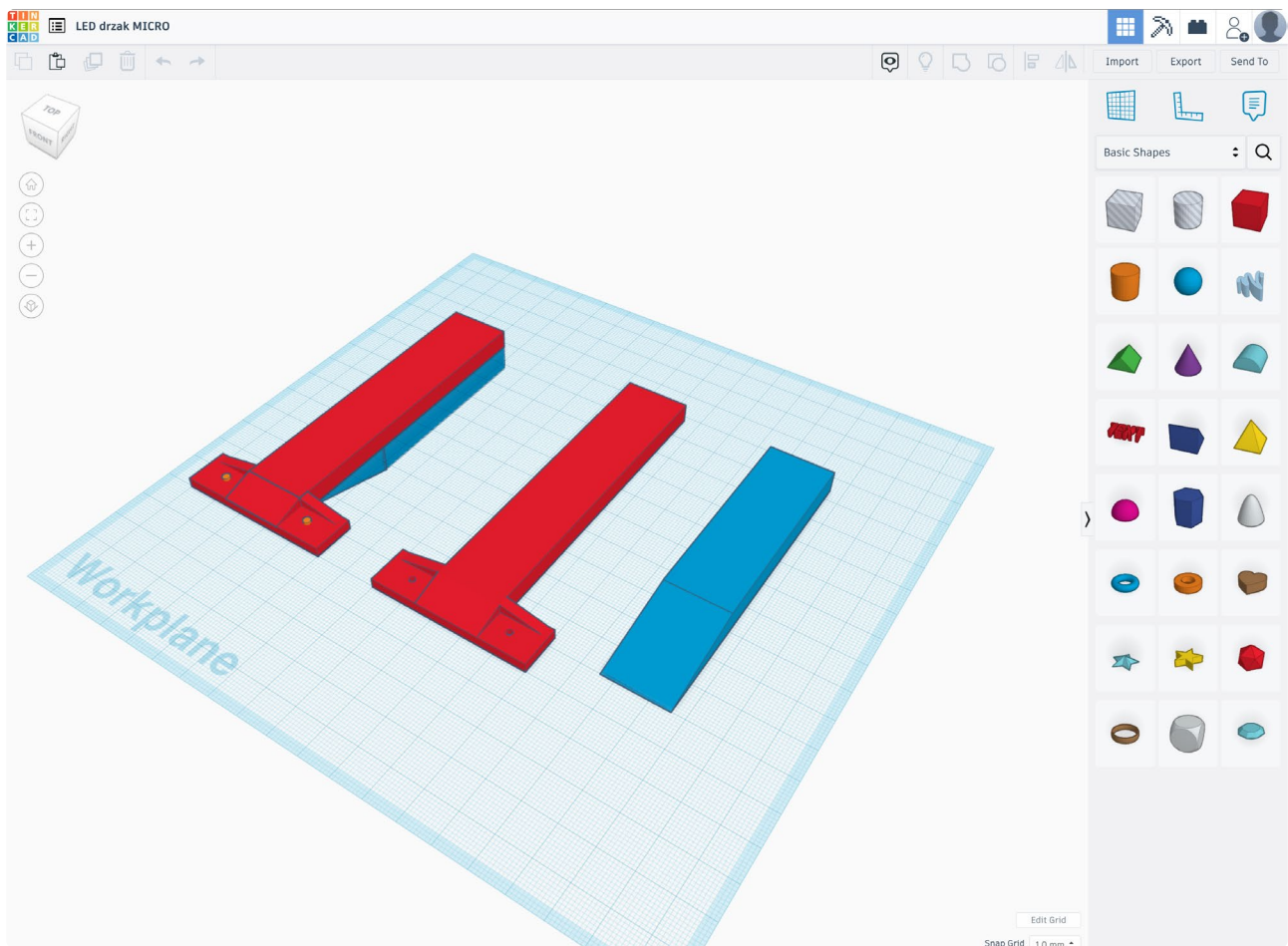
Ein Marktplatz für 3D-Modelldateien, auf dem Maker ihre STL-Dateien kostenlos zur Verfügung stellen oder verkaufen können. Ein interessanter Unterschied zwischen dieser Website und den anderen sind die verschiedenen Kollektionen, die sich um beliebte Marken wie Lego, IKEA oder GoPro drehen.

3D-Modellierungssoftware

Heutzutage können Sie aus einer Vielzahl von verschiedenen 3D-Modellierungsanwendungen wählen. Es gibt einfache und leicht zu erlernende (und oft webbasierte) Anwendungen wie Tinkercad. Sie können die parametrische Modellierung mit OpenSCAD ausprobieren oder ein vollwertiges Werkzeug wie das beliebte Autodesk Fusion verwenden. Alle diese Anwendungen ermöglichen es Ihnen, ein Modell zu erstellen und als STL-Datei zu exportieren.

Tinkercad

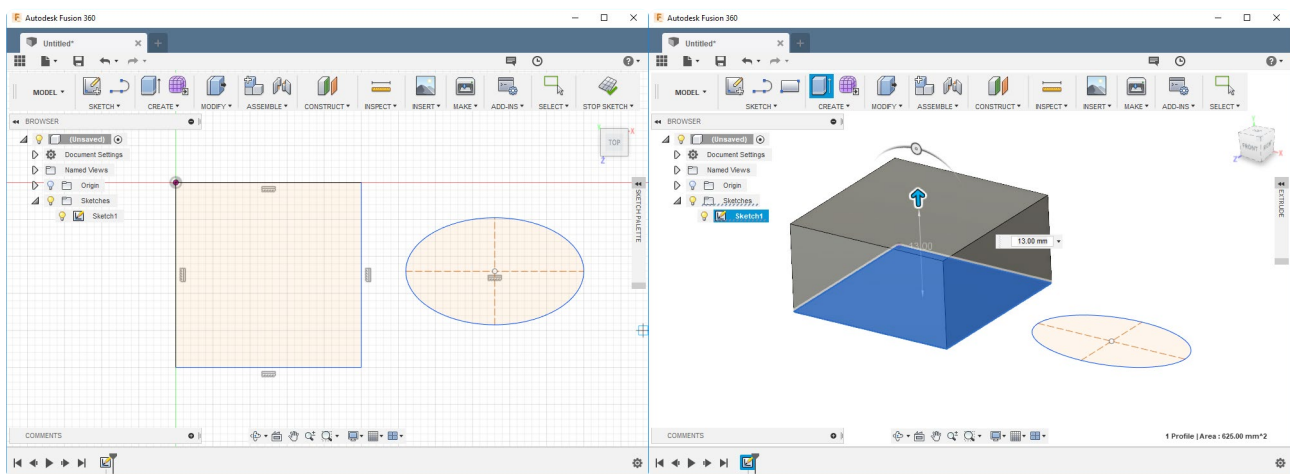
Tinkercad ist ein großartiges und intuitives Werkzeug für Anfänger. Es ist kostenlos, obwohl eine Registrierung erforderlich ist. Sie können viele Tutorials, Anleitungen und Tipps online finden. Tinkercad basiert auf der Idee einer Basisbibliothek mit verschiedenen Formen, die in das Hauptfenster gezogen und weiter bearbeitet werden kann. Der Anwendung fehlen erweiterte Funktionen, sie kann jedoch eine bestehende STL-Datei importieren und bearbeiten. Tinkercad ist unter www.tinkercad.com verfügbar.



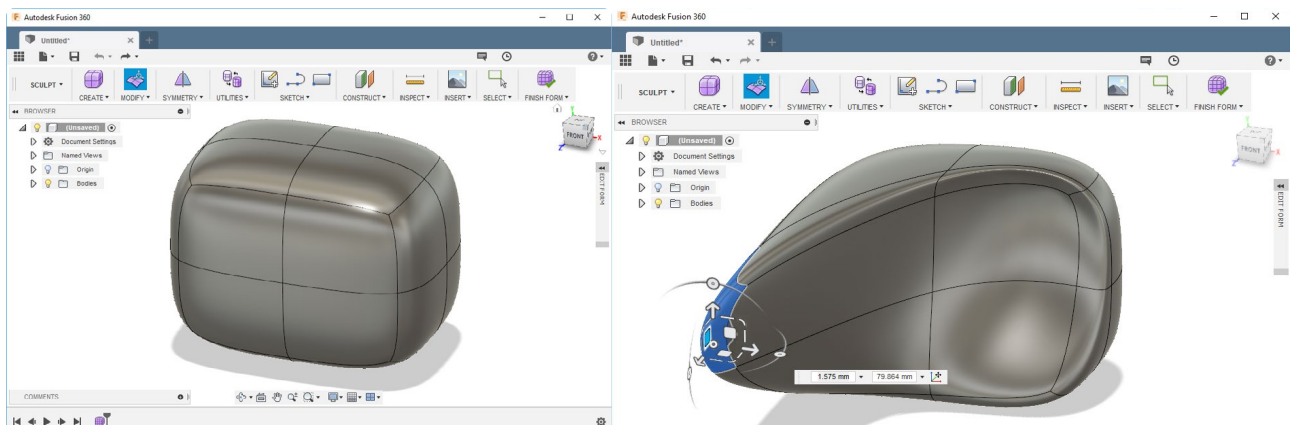
Autodesk Fusion

Wenn Sie anfangen wollen, komplexere Objekte oder sogar verschiedene Komponenten zu entwerfen, die zusammenpassen sollen, dann müssen Sie ein professionelleres Werkzeug wählen. Fusion ist eine beliebte Option. Die Anwender können sowohl in CAD (Computer Aided Design) als auch in CAM (Computer Aided Manufacturing) mit Festigkeitsanalysen oder Visualisierungen arbeiten. Fusion bietet nicht nur parametrische Modellierung, sondern auch plastische Gestaltung. Wir haben in der Prusa Academy unter prusa3d.com einen ausführlichen Kurs über die Modellierung mit Fusion, also lassen Sie uns kurz einen Blick auf diese beiden Methoden werfen.

Parametrische Modellierung ist eine gängige Methode, um Strukturmodelle oder mechanische Teile zu erstellen. Das Objekt beginnt als 2D-Form mit grundlegenden Primitiven (wie Linie, Quadrat, Rechteck, Punkt...). Anschließend wird das Objekt extrudiert, wodurch es in eine 3D-Form umgewandelt wird.



Nun, stellen Sie sich vor, dass wir ein Modell eines Hundes erstellen wollen. Die Verwendung parametrischer Modellierung ist ineffizient und zu kompliziert, da wir eine organische Form erzeugen wollen. Hier setzt die plastische Gestaltung an. Die digitale Bildhauerei ist der realen Bildhauerei ähnlich (z.B. mit einer Skulptur oder ähnlichem Material), hat aber viele Vorteile – wie zum Beispiel die Undo-Funktion. Die primitiven Objekte sind in diesem Fall bereits 3D-Objekte – Würfel, Kugel, Zylinder, Toroid und andere. Diese Objekte können frei extrudiert, gequetscht, gebogen werden... Siehe die folgenden Bilder.



SCHAUEN SIE SICH DEN PRUSA ACADEMY KURS AN!

Wenn Sie daran interessiert sind zu Verstehen Ihre eigenen Modelle mit Autodesk Fusion zu erstellen, empfehlen wir Ihnen den Kurs 3D Modeling in Fusion im Bereich Academy auf prusa3d.com.

Blender

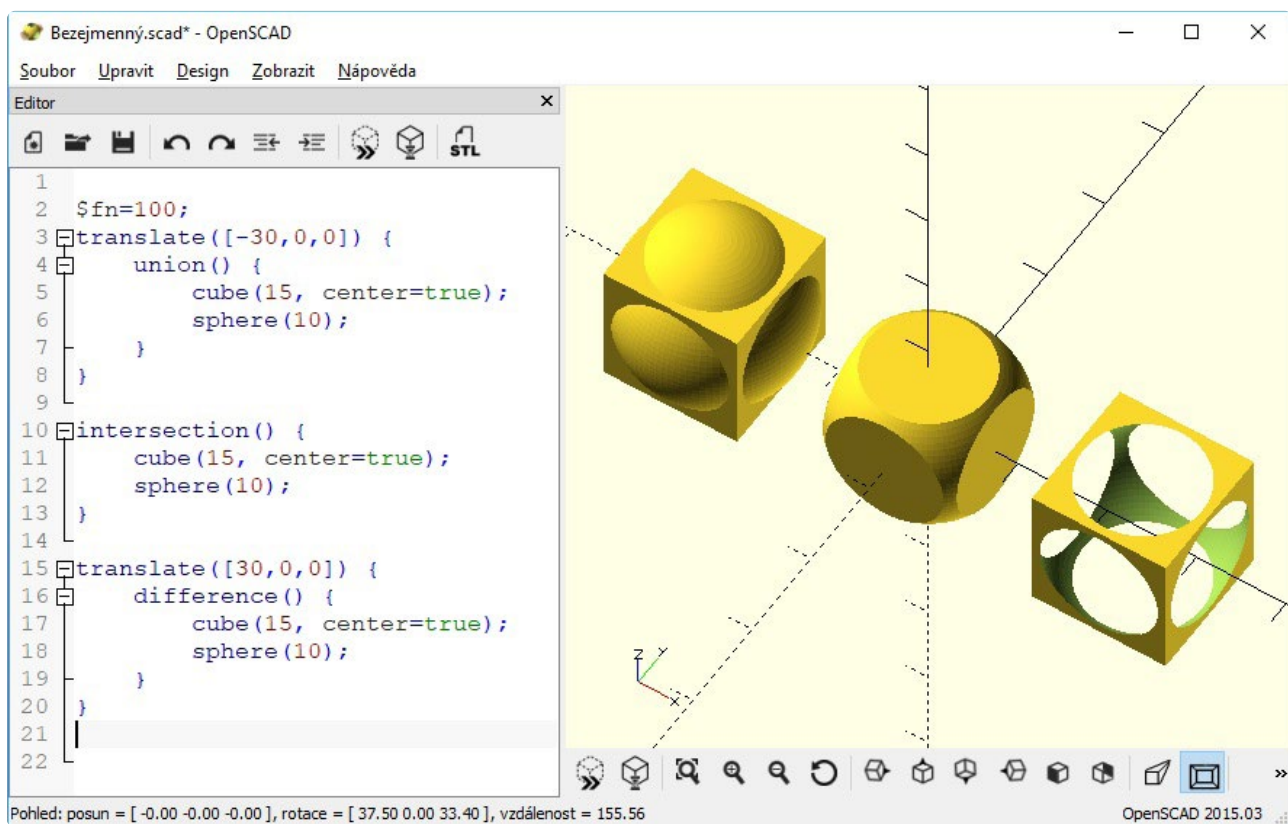
Blender ist wahrscheinlich das beste kostenlose 3D-Modellierungswerkzeug, das heute erhältlich ist. Es wurde unter einer Open-Source-Lizenz entwickelt und ist für Windows, Mac und Linux verfügbar. Es kann für einen Anfänger etwas zu komplex sein, sogar chaotisch. Es hat jedoch seinen Weg in die Herzen vieler Anwender gefunden. Besonders Anwender mit künstlerischen Ambitionen, die keine präzise parametrische Modellierung benötigen, fanden in Blender ein erstaunliches Werkzeug. Bildhauerei, Texturierung, Animationen.... Blender ist ein Schweizer Taschenmesser unter den 3D-Modellierungsanwendungen.



OpenSCAD

OpenSCAD ist ein Open-Source-Projekt, das kostenlos unter www.openscad.org erhältlich ist. Es verfolgt einen ganz anderen Ansatz bei der 3D-Modellierung – alles geschieht durch das Schreiben von code. Die Benutzeroberfläche ist in zwei Teile gegliedert. Im linken Bereich definiert der Benutzer 3D-Objekte, indem er sie „programmiert“, während im rechten Bereich eine 3D-Vorschau angezeigt wird. Die Anwendung arbeitet hauptsächlich mit ein paar Primitiven (Würfel, Zylinder, Kugel,...) und grundlegenden booleschen Operationen (Verbinden, Schneiden, Schnittmenge). Das Programm ermöglicht jedoch auch erweitertes Skripting – Sie können allgemein bekannte Operatoren verwenden, wie z.B. Bedingungen, Schleifen, logische Operatoren und andere. Wenn Sie sich eher als Programmierer denn als Künstler fühlen, können Sie OpenSCAD eine Chance geben.

Wie Sie mit der Erstellung von Modellen in OpenSCAD beginnen, wird ausführlich beschrieben unter: prusa.io/openscad.



Sie können auch die folgenden Anwendungen ausprobieren:

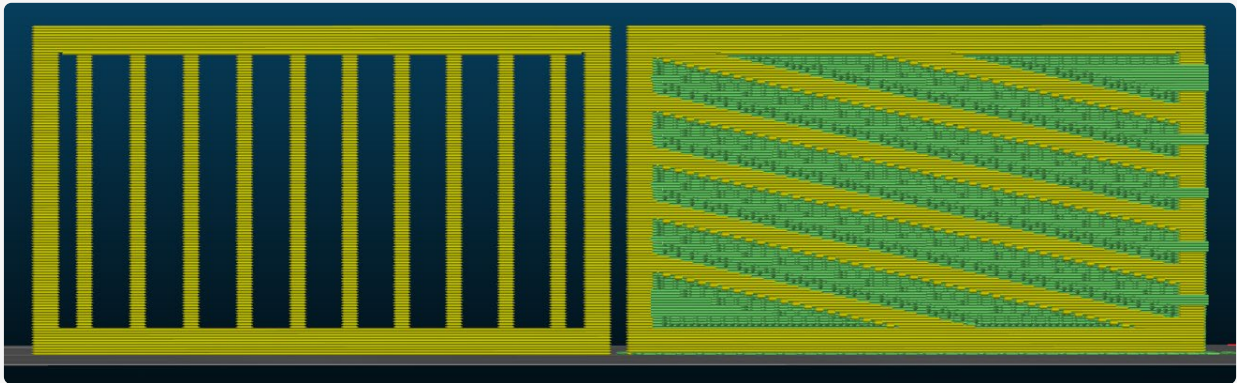
- Microsoft 3D Builder
- Meshmixer
- Rhinoceros 3D
- FreeCAD
- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- Autodesk AutoCAD
- SketchUp

Was Sie bei der Entwicklung eines Modells beachten sollten

1. Versuchen Sie, den Bedarf an Stützen zu minimieren. 3D-Drucker können nicht in der Luft drucken, und massive Überhänge erfordern ebenfalls Unterstützung. Um Zeit und Material zu sparen und die Qualität der Oberfläche des Objekts zu verbessern, versuchen Sie, das Objekt so zu gestalten, dass der Bedarf an Stützen minimiert wird.

Werfen wir einen Blick auf ein Beispiel – Sie müssen einen Teil eines Zauns entwerfen und es liegt an Ihnen, wie die Pfähle aussehen werden. In den folgenden Bildern sehen Sie zwei Möglichkeiten, wie Sie den Zaun gestalten können, wenn wir ihn in vertikaler Position drucken wollen. Die beste Lösung ist hier, das Teil horizontal zu drucken.

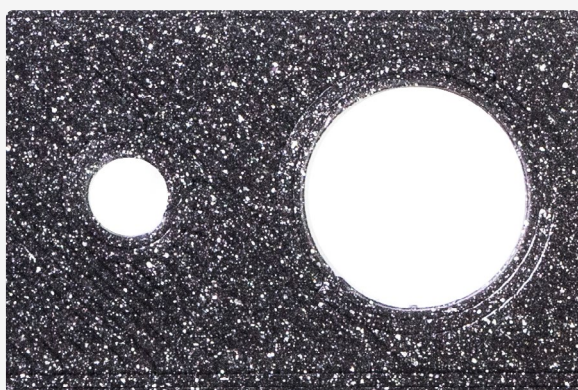
Modellvorschau in PrusaSlicer – Stützstrukturen sind grün markiert, während das Objekt selbst gelb ist.



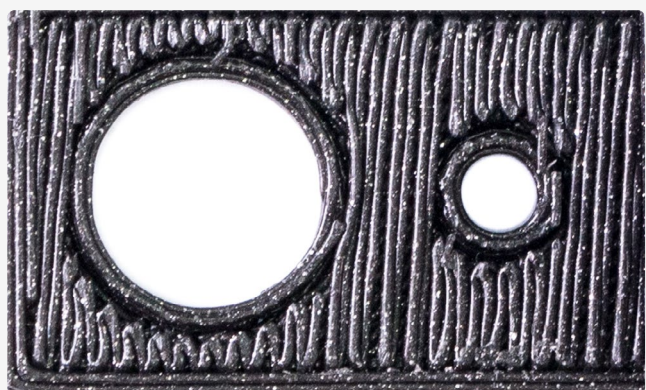
Es ist möglich, dieses Modell ohne Stützen zu drucken.

Für den erfolgreichen Druck dieses Modells sind Stützen erforderlich. Das Entfernen wird jedoch schwierig sein und die Oberfläche des Modells wird nicht perfekt glatt sein.

2. Entscheiden Sie, wie das Modell auf dem Druckbett positioniert wird. Oberflächen, die auf Stützen platziert werden, sind nicht so glatt wie Oberflächen, die direkt auf dem Druckbett platziert werden.



Die direkt auf das Druckbett gedruckte Oberfläche ist perfekt flach und glatt.



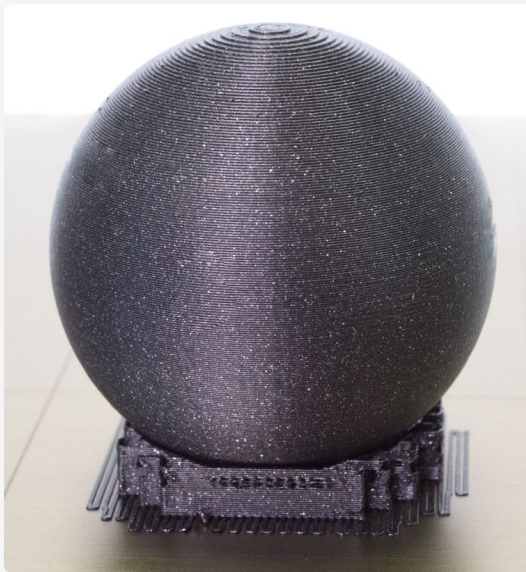
Oberfläche über den Stützen gedruckt. Die Oberfläche ist ungleichmäßig und rau. Dies ist der Worst-Case-Szenario für Demonstrationszwecke. Oberflächen mit einem geringeren Überhangwinkel sehen auch mit Stützen viel besser aus.

BESUCHEN SIE DEN PRUSA ACADEMY KURS!

Es gibt so viel mehr zu lernen und zu entdecken. Um ganz in die Herstellung Ihrer eigenen Modelle einzutauchen, empfehlen wir Ihnen den Kurs „Designprinzipien für 3D-gedruckte Teile“ in der Academy-Sektion auf prusa3d.com.

- 3.** Der Druck hat in der Richtung parallel zu den gedruckten Schichten eine geringere Festigkeit als in der Richtung senkrecht zu den gedruckten Schichten. Wenn Sie erwarten, dass das gedruckte Teil bestimmten Kräften standhalten muss, denken Sie daran.
- 4.** Erwägen Sie, das Modell in mehrere Teile aufzuteilen und finden Sie dann die optimalen Positionen für diese Teile auf dem Druckbett. Nehmen wir eine einfache Kugel als Beispiel. Der Druck als Einzelteil ist recht schwierig, da die erste Schicht, die das Druckbett berührt, sehr klein ist. Sie können einen Rand und Stützen hinzufügen, um dieses Problem zu beheben. Die Oberflächenqualität wird jedoch beeinträchtigt (siehe unten). Eine mögliche Lösung besteht darin, die Kugel in zwei Teile zu schneiden. Drucken Sie sie separat aus und kleben Sie sie dann zusammen.

Drucken einer Kugel als einzelnes Objekt. Die Ebenen am unteren Rand des Objekts sind betroffen.



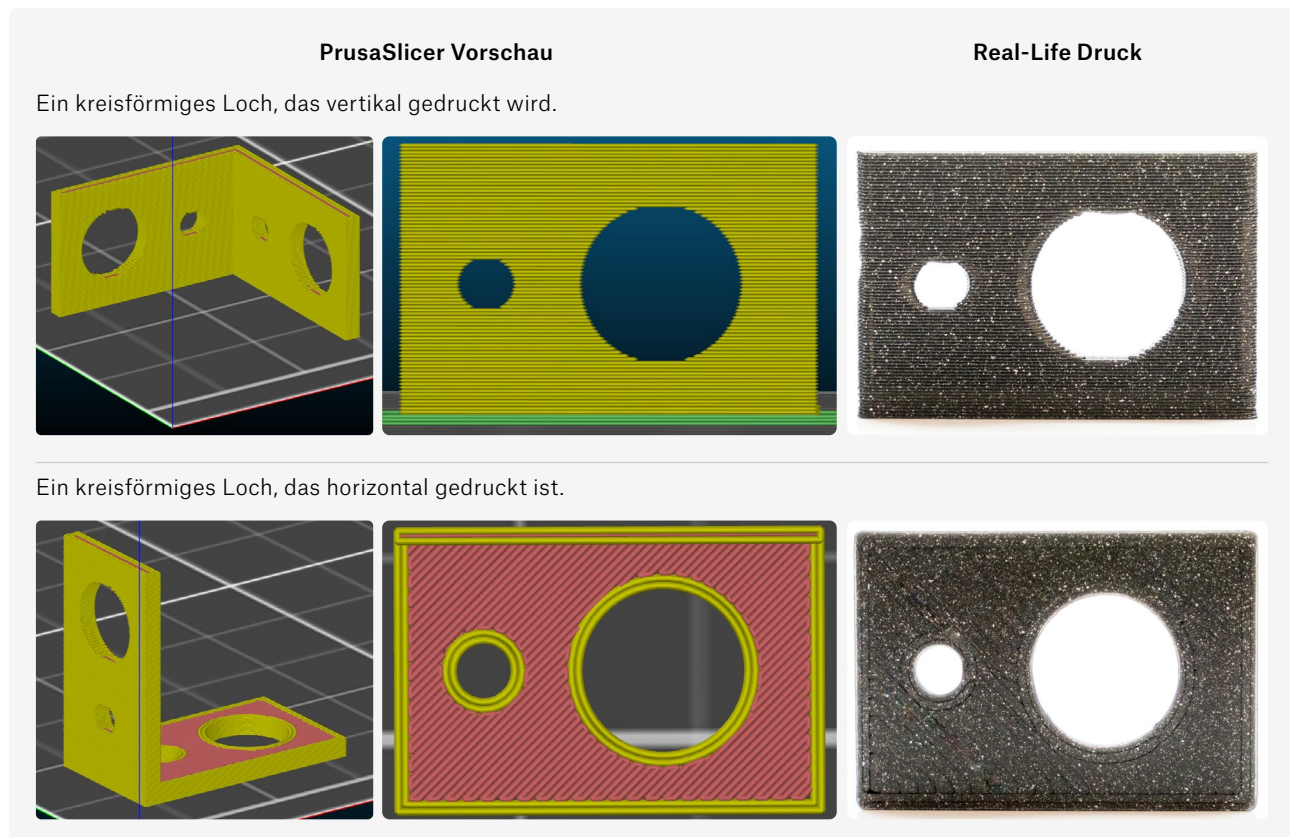
Drucken einer in zwei Hemisphären geschnittenen Kugel, die dann miteinander verklebt werden.



- 5.** Bei der Modellierung von Teilen, die zusammenpassen sollen, müssen Sie eine bestimmte Toleranz angeben. Es ist nicht möglich, zwei Teile mit toleranzfreien Abmessungen zu kombinieren. Bitte beachten Sie, dass Sie wahrscheinlich die Toleranzen anpassen müssen, bis Sie ein optimales Ergebnis erzielen. Es gibt keinen einzigen „universellen“ Wert – es hängt alles von der Größe des Modells, der horizontalen oder vertikalen Ausrichtung, der Form der Teile, die miteinander verbunden werden sollen, der Kalibrierung, den Einstellungen, den Materialien und anderen Aspekten ab. Machen Sie sich also keine Sorgen, dass Sie es nicht beim ersten Mal schaffen, es

wird ein paar Versuche erfordern, alles zu optimieren – schließlich sind 3D-Drucker als großartige Prototyping-Maschinen konzipiert, also fahren Sie bis Sie das beste Ergebnis erzielt haben.

Ein kurzes Beispiel: Wenn wir eine 10 mm Stange in ein Rohr einsetzen wollen, sollte der Durchmesser des Rohres etwa 0,15 mm größer sein.



6. Ein senkrecht gedrucktes kreisförmiges Loch ist nicht perfekt kreisförmig. Um ein besseres Ergebnis zu erzielen, drucken Sie kreisförmige Löcher horizontal, wie in den folgenden Bildern dargestellt.

Wanddicke	Ist es möglich zu drucken?
Weniger als die Breite eines Perimeters	✗
Ein Perimeter	✓
Mehr als die Breite eines Perimeters, aber weniger als zwei Perimeter	✗
Mehr als doppelt so breit wie ein Perimeter	✓

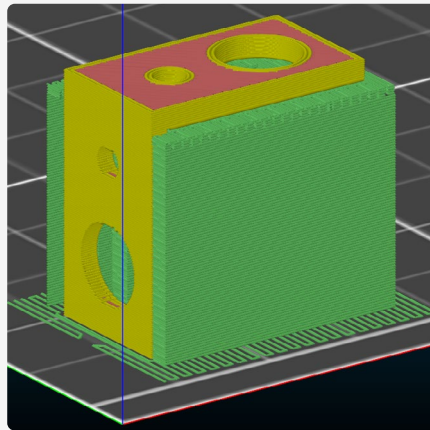
7. Die Breite eines einzelnen Umfangs beträgt beim Drucken mit einer Standard-Düse von 0,4 mm etwa 0,45 mm. Dies wirkt sich auf die Gesamtbreite der Wände eines Modells aus.

Beispiele für mögliche Objektausrichtungen und deren Auswirkungen auf die resultierenden Ausdrücke

Werfen wir einen Blick auf eine einfache L-förmige Klemme mit zwei Löchern an beiden Enden und wie sich die Objektausrichtung auf das endgültige Aussehen auswirkt. Und nicht nur das Aussehen wird beeinflusst – auch die Art und Weise, wie ein Objekt ausgerichtet ist, hat Einfluss auf seine strukturelle Integrität und Zähigkeit.

- ⊕ Die Seite parallel zum Druckbett weist schön geformte kreisförmige Löcher auf.
- ⊖ Viel zu viele Stützen führen zu viel Materialverschwendung.
- ⊖ Geringe Materialfestigkeit in der 90°-Ecke.
- ⊖ Das vertikal gedruckte Teil neigt dazu, in Richtung der gedruckten Schichten zu brechen.
- ⊖ Das vertikal gedruckte Teil weist keine perfekt kreisförmigen Löcher auf.
- ⊖ Das Teil über den Stützen hat eine leicht raue Oberfläche.

PrusaSlicer Vorschau

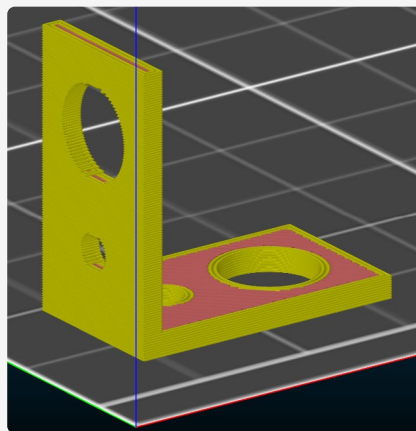


Gedrucktes Objekt



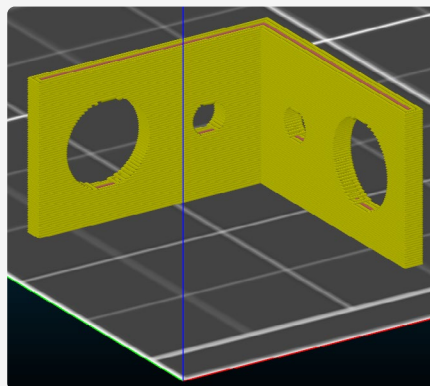
Dies ist keine optimale Orientierung für dieses Modell.

- ⊕ Die parallel zum Druckbett gedruckte Seite weist schön geformte kreisförmige Löcher auf.
- ⊕ Keine Stützen.
- ⊖ Geringe Materialfestigkeit in der 90°-Ecke.
- ⊖ Das vertikal gedruckte Teil neigt dazu, in Richtung der gedruckten Schichten zu brechen.
- ⊖ Das vertikal gedruckte Teil weist keine perfekt kreisförmigen Löcher auf.



Dies ist keine optimale Orientierung für dieses Modell.

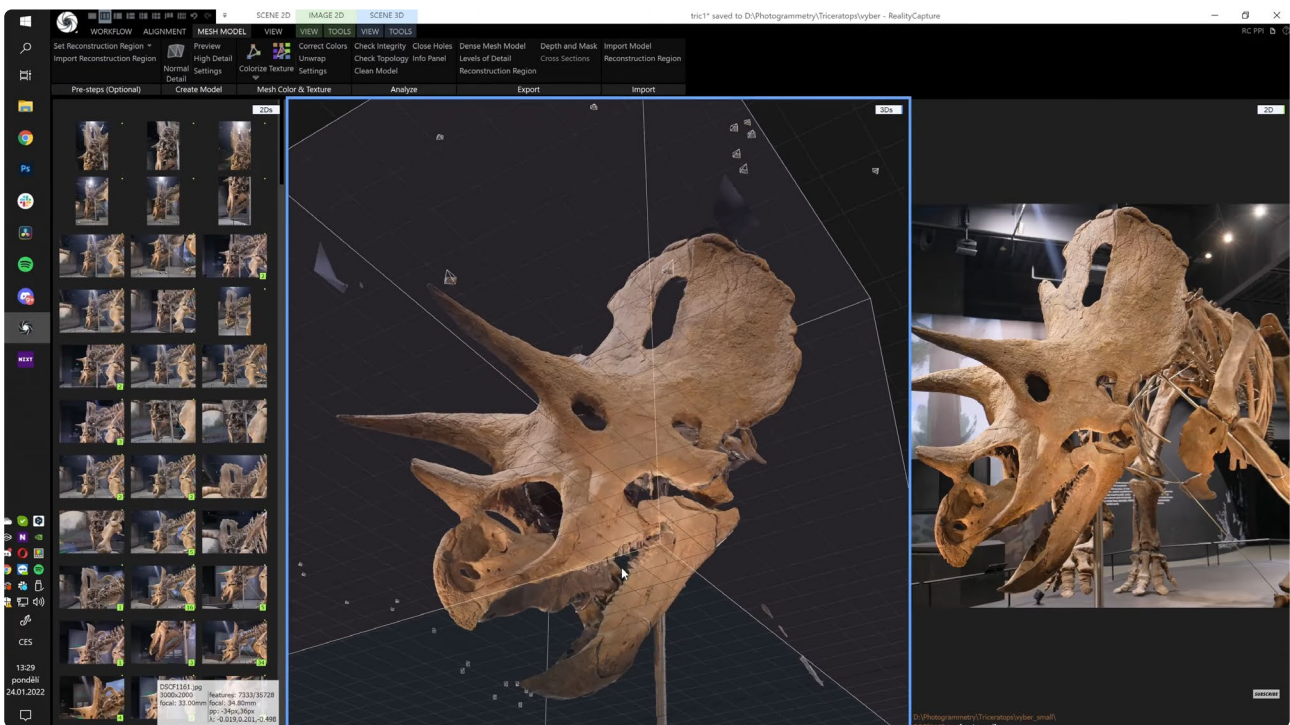
- ⊕ Bestmögliche Materialfestigkeit in der 90°-Ecke.
- ⊕ Keine Stützen.
- ⊖ Die Löcher werden nicht perfekt kreisförmig sein.



Dies ist die optimale Ausrichtung für dieses Modell.

3D-Scannen und Photogrammetrie

3D-Scannen und Photogrammetrie sind zwei beliebte Optionen, um ein digitales Objekt basierend auf einem realen zu erstellen. 3D-Scanner sind schon seit geraumer Zeit auf dem Markt, aber aufgrund ihres hohen Preises sind sie für Mainstream-Nutzer nicht verfügbar. Die billigsten Scanner können sogar für weniger als 300 Euro gekauft werden, während die teuren weit über 10.000 Euro hinausgehen können. Hier setzt die Photogrammetrie an. Es ist eine viel billigere Technologie, erfordert aber zusätzlichen Aufwand – das ganze Prinzip basiert auf der Verarbeitung von Dutzenden oder sogar Hunderten von Fotos eines einzelnen Objekts in einer speziellen Software. Das Gute daran ist, dass selbst die Kamera Ihres Smartphones für den Job ausreicht. Mehr über Photogrammetrie erfahren Sie unter: prusa.io/photogrammetry.



Sense 3D-Scanner von 3D Systems

Quelle: <https://3dprint.com/58221/3d-systems-sense-plus>

Die Wahl des richtigen Druckmaterials

Ein häufiges Missverständnis ist, dass verschiedene Filamente nur etwa verschiedene Farben sind. Die Wahrheit ist, dass es viele verschiedene Arten von Filamenten mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften gibt. Einige Materialien sind sehr einfach zu drucken und ermöglichen viele Details auf den gedruckten Objekten, aber ihre Hitzebeständigkeit ist gering (PLA). Andere Materialien können das genaue Gegenteil sein (PC Carbon Fiber).

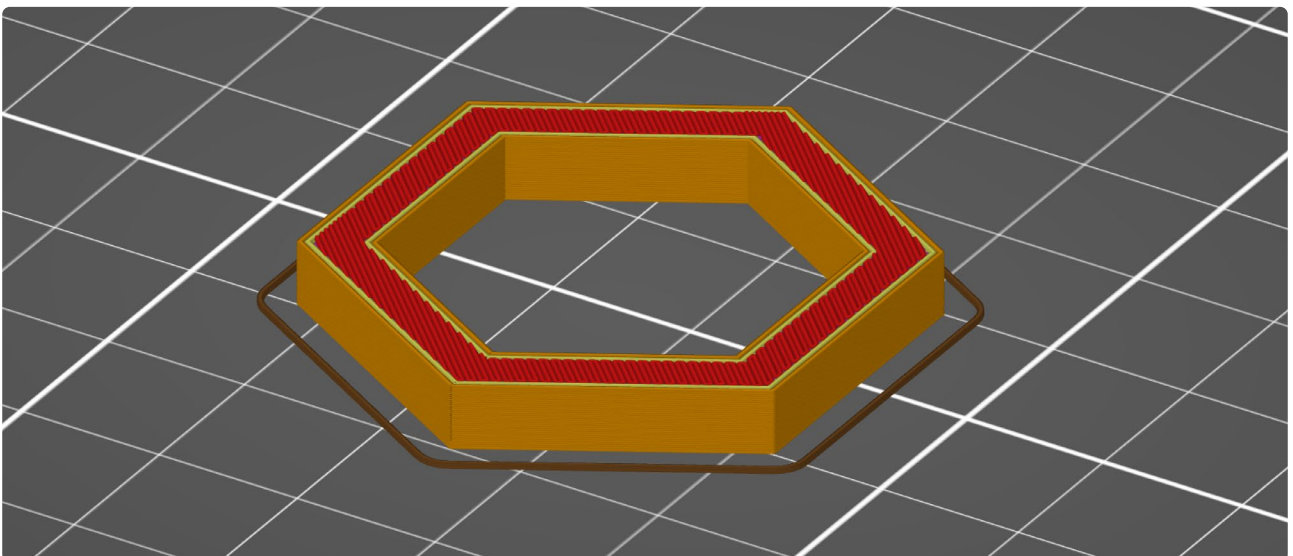


Mehr über Druckmaterialien erfahren Sie im Kapitel „Filamente“.

Slicen

Das Slicen ist der Prozess der Umwandlung eines 3D-Objekts in einen Maschinencode namens G-code mit Hilfe eines Softwaretools namens Slicer. Die gängigsten Slicer sind Slic3r PE (und sein Nachfolger PrusaSlicer), Simplify3D und Cura. Die Grundlage für die G-code Generierung ist nicht nur ein 3D-Objekt, sondern es kommen auch verschiedene Einstellungen ins Spiel. Sie können den G-code / Druckprozess auf verschiedene Weise beeinflussen – zum Beispiel durch die Zähigkeit des Modells, die Anzahl der Details oder die Druckgeschwindigkeit. Es ist auch möglich, die Objekte zu modifizieren – Skalierung, Drehung, Schneiden und andere Werkzeuge sind verfügbar. Last, but not least – Sie können Slicer verwenden, um das/die Objekt(e) auf der virtuellen Druckfläche zu positionieren. Die Software ist genauso wichtig wie die Hardware, was bedeutet, dass die richtigen Slicing-Einstellungen für einen gut aussehenden 3D-Druck entscheidend sind.

Es gibt eine Reihe von verfügbaren Slicern, jeder von ihnen hat seine Vor – und Nachteile. Die meisten davon sind kostenlos erhältlich. Anfänger sollten sich an Slicer halten, die über getestete, vorgefertigte Slicing-Profile für ihre Drucker verfügen. Sobald Sie sich mit etwas vertraut gemacht haben, das sofort einsatzbereit ist, können Sie andere Softwarepakete herunterladen und ausprobieren. So ziemlich jeder große 3D-Druckerhersteller hat seinen eigenen Slicer, der auf seine Druckeraufstellung abgestimmt ist. Werfen wir einen Blick auf drei Slicer, die von den meisten Original Prusa 3D Drucker-Besitzern verwendet werden.



PrusaSlicer

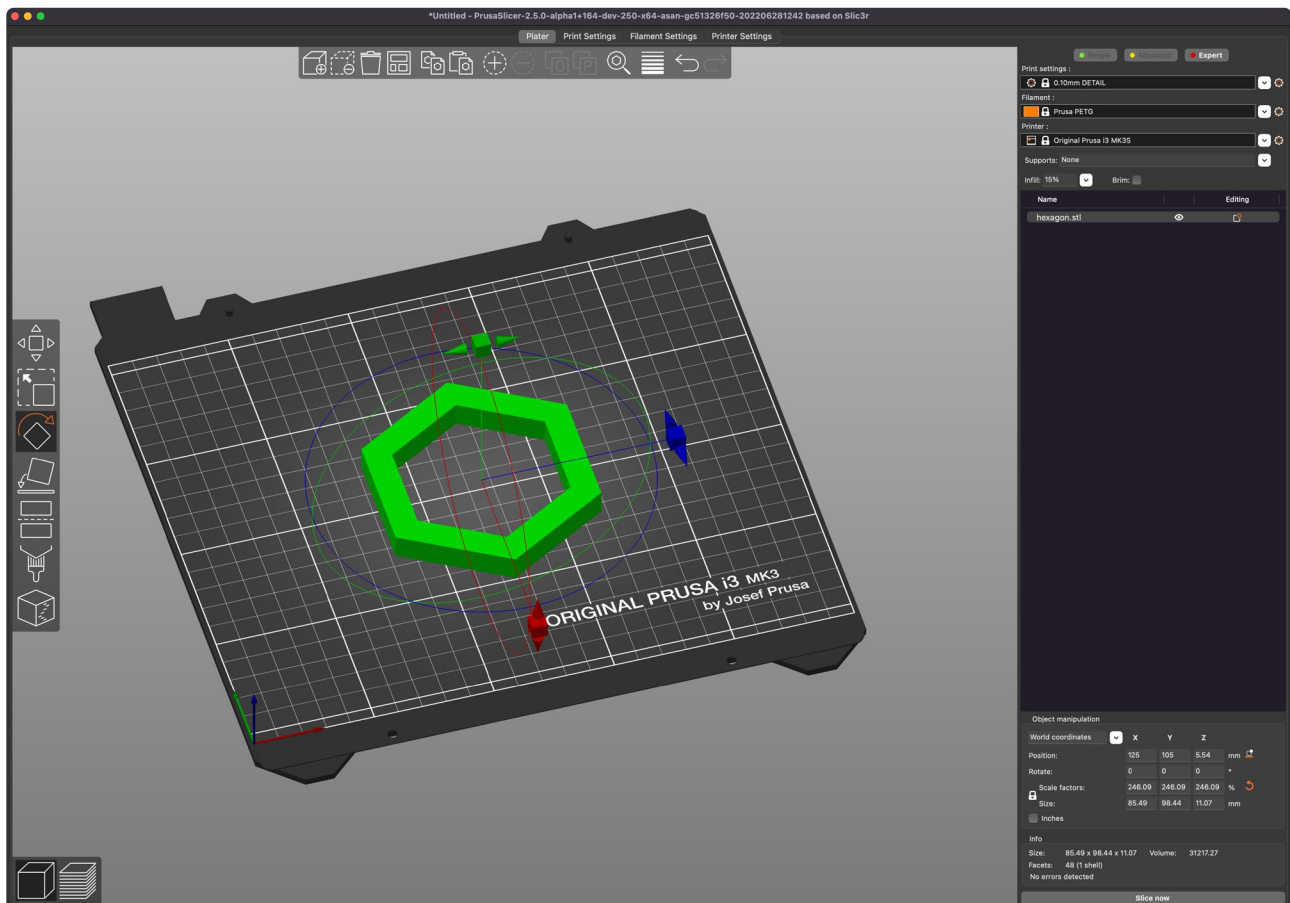
PrusaSlicer basiert auf dem Open-Source-Projekt Slic3r, oder besser gesagt, „forked from“.

PrusaSlicer ist unser Standard-Slicer und Sie können stabile Versionen von prusa3d.com/prusaslicer herunterladen. Die Anwendung verfügt über eine Reihe nützlicher Funktionen und wird regelmäßig aktualisiert. Sie enthält zahlreiche Verbesserungen und Optimierungen für Prusa Research Produkte, einschließlich Profilen für das Drucken mit mehreren Materialien und auch für 3D-Drucker von Drittanbietern. Und er kommt auch mit einer riesigen Bibliothek von vorgefertigten und getesteten Einstellungen für alle Arten von Materialien.

Merkmale:

Kostenlos und Open-Source.

- ➞ Enthält über 300 getestete Profile für verschiedene Filamente, von den beliebtesten bis hin zu verschiedenen exotischen Materialien (wie Woodfil und viele andere). Die Druckprofile werden regelmäßig aktualisiert.
- ➞ Integriertes Firmware-Flash-Tool für Original Prusa 3D-Drucker.
- ➞ Multi-Material-Druckunterstützung.
- ➞ Octoprint Integration.
- ➞ Viele Optionen für Druckeinstellungen, einschließlich spezieller bereichsbasierter Modifikatoren.
- ➞ Geslicte Modellvorschau, die das Objekt Schicht für Schicht anzeigt.
- ➞ Variable Schichthöheneinstellungen.
- ➞ Unterstützung für SLA 3D-Drucker.
- ➞ Unterstützung für 3D-Druckerprofile von Drittanbietern.

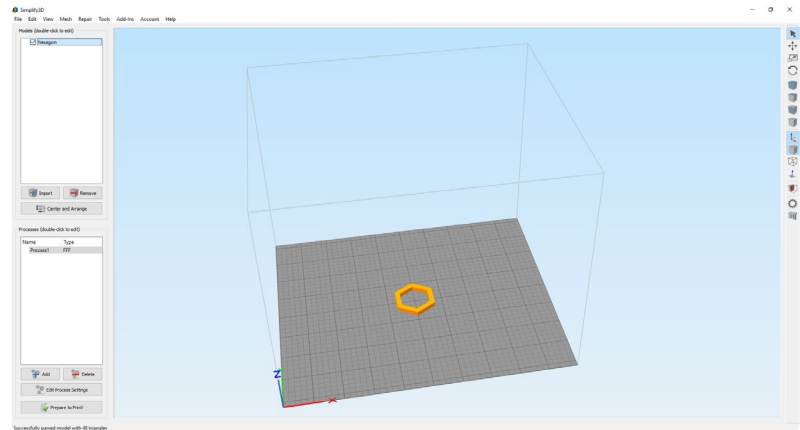


Simplify3D

Simplify3D ist eine unabhängig entwickelte Slicing-Software, die nicht an einen 3D-Druckerhersteller oder ein bestimmtes Modell gebunden ist. Es enthält vorgefertigte Profile für Hunderte von verschiedenen 3D-Druckern. Dies ist besonders nützlich, wenn Sie mehr als nur eine Marke von 3D-Druckern haben, da Sie keine Druckprofile selbst erstellen müssen.

Merkmale:

-  **Kostenpflichtige Software.**
-  Realitätsnahe Simulation von Extruderbewegungen im Vorschaumodus.
-  Vorschau von geslicten 3D-Objekten im G-code Format.
-  Automatisch generierte 3D-Stützen mit optionalen Benutzermodifikationen.
-  Viele Druckeinstellungen.
-  Flächenbasierte Einstellungs-Modifikatoren, objektspezifische Druckeinstellungen.

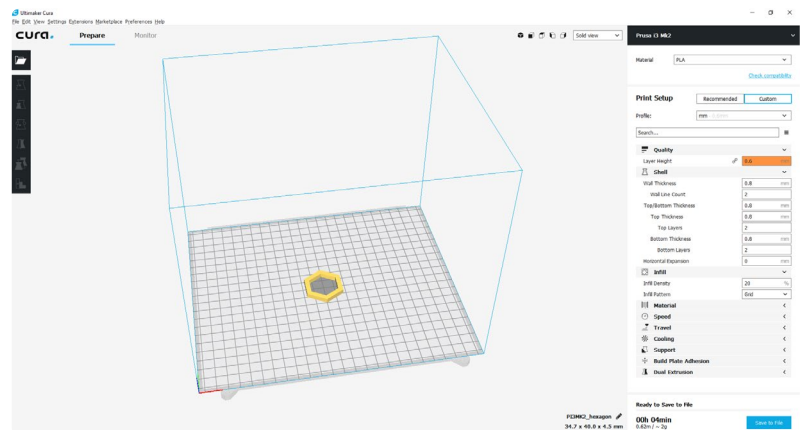


Cura

Cura ist eine Slicing-Software, die von Ultimaker, einem Hersteller von 3D-Druckern, entwickelt wurde. Es ist die häufigste Wahl für Besitzer von Ultimaker 3D-Druckern. Das Programm verfügt jedoch auch über eine Reihe von Profilen für andere Marken von 3D-Druckern.

Merkmale:

-  **Kostenlos und Open-Source.**
-  Die einfache Benutzeroberfläche ist anängerfreundlich, es gibt aber auch erweiterte Einstellungen.
-  Optimierte Profile für offizielle Materialien und Ultimaker 3D-Drucker.
-  Objektspezifische Druckeinstellungen, die es ermöglichen, mehrere Objekte auf demselben Druckbett mit jeweils unterschiedlicher Konfiguration zu positionieren.
-  Vorschau eines geslicten 3D-Modells im G-code Format.
-  Zeigt eine detaillierte Aufschlüsselung, wie lange es dauert, jeden Abschnitt des Modells zu drucken (Perimeter, Stützen, Ausfüllung und andere).



Slicer - Grundeinstellungen

Filament - und Druckbetttemperaturen – jeder Filamenthersteller gibt den optimalen Temperaturbereich für seine Filamente an. Sie sollten sich an die empfohlenen Werte halten. Die Änderung der Drucktemperaturen führt zu Veränderungen in der Optik des Drucks. Die Temperatur der Düse und des Druckbetts liegt normalerweise zwischen 200 °C und 240 °C (392 °F und 464 °F) bzw. 60 °C und 100 °C (140 °F und 212 °F).

Die Schichthöhe – manchmal auch „Z-Achsenauflösung“ genannt – hat einen großen Einfluss auf die Druckzeiten und die Gesamtoberflächenbeschaffenheit des gedruckten Objekts. Höhere Werte führen zu schnelleren Drucken und sichtbareren Schichten auf der Oberfläche des Objekts. Dieser Effekt ist besonders ausgeprägt auf Oberflächen, die nahezu parallel zum Druckbett verlaufen. Meistens werden Schichthöhen von 0,15 mm – 0,20 mm bevorzugt. Eine geringere Schichthöhe führt zu detaillierteren Drucken (weniger auffällige Schichten), die Druckzeit verlängert sich jedoch. PrusaSlicer verfügt über eine Funktion zur Konfiguration variabler Schichthöhen – das bedeutet, dass Benutzer wählen können, welche Teile des Objekts niedrigere Schichten haben sollen (detaillierte oder schräge Teile) und welche Teile eine höhere Schichthöhe haben können. Abhängig von der Geometrie des Objekts können Sie viel Druckzeit sparen, wenn Sie die Funktion Adaptive Schichthöhe verwenden und PrusaSlicer die optimale Schichthöhe für verschiedene Teile des Modells berechnen lassen – z.B. werden gerade vertikale Seiten mit einer erhöhten Schichthöhe gedruckt, während abgerundete Kanten bei Verwendung einer niedrigeren Schichthöhe glatter sind. Klicken Sie auf die Schaltfläche Variable Schichthöhe, um das Menü zu öffnen, passen Sie dann die Schieberegler an und sehen Sie sich das Ergebnis an, indem Sie auf die Schaltfläche „Adaptiv“ klicken.

Wie sich die Schichthöhe auf die Oberfläche des Objekts auswirkt



 **0,2 mm**
 **18 Minuten**



 **0,1 mm**
 **33 Minuten**

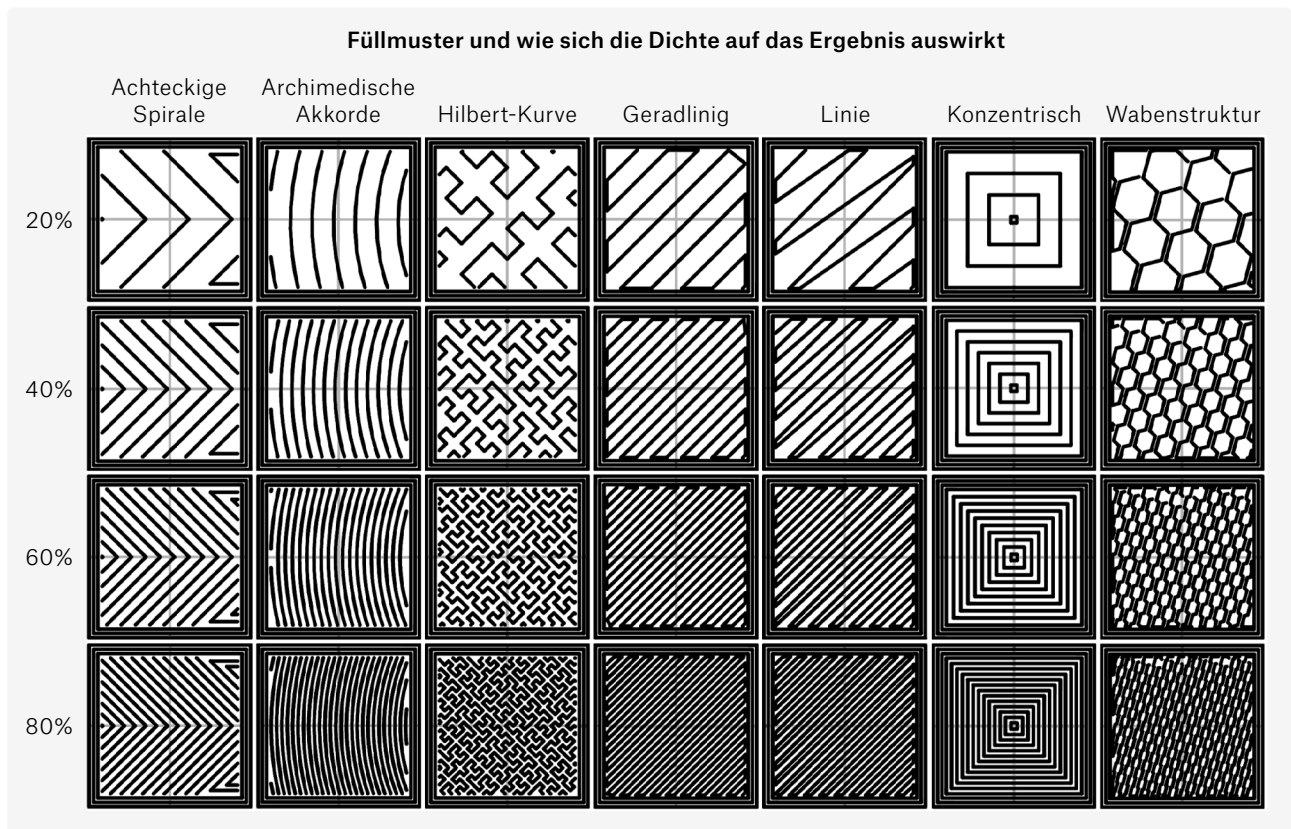


 **0,05 mm**
 **75 Minuten**

Vertikale Hüllen / Perimeter – das sind die Außenwände des Modells und durch die Einstellung der vertikalen Hüllen passen wir an, wie viele Perimeter es sein werden. Die resultierende Wanddicke kann grob berechnet werden als: Anzahl der Perimeter × Düsendurchmesser. Mehr über Perimeter erfahren Sie in unserem Leitfaden unter prusa.io/perimeters.

Horizontale Schalen / Solide Schichten – wird verwendet, um die Anzahl der oberen und unteren Schichten des Modells zu konfigurieren, die vollständig geschlossen sind (100% Füllung).

Füllung – beeinflusst die Druckzeit, die Haltbarkeit des gedruckten Objekts und den Filamentverbrauch. Die Füllung wird in Prozent angegeben, während 0 % ein vollständig hohles Objekt bedeutet. In der Regel werden 10-20 % verwendet. Es ist auch möglich, das Füllmuster zu wählen (siehe unten).



Stützen – gerüstartige Konstruktionen, die Überhänge oder Teile, die in der Luft starten, tragen. Die Halterungen sind so konzipiert, dass sie leicht zu entfernen sind, aber sie können Spuren auf dem Modell hinterlassen. Unser Ziel ist es, die Anzahl der Stützen zu minimieren, indem wir das Objekt drehen (oder sogar konstruieren), um eine optimale Ausrichtung zu erreichen, bei der nur wenige (oder keine) Stützen benötigt werden. Weniger Stützen bedeutet schnelleres Drucken und ein besseres Gesamtbild des Modells. In diesem Zusammenhang war die Einführung von Organic Supports – einer deutlich verbesserten Art von Stützen, die das Wachstum von Bäumen nachahmen – eine große Hilfe. Organische Stützen ermöglichen es, schneller zu drucken und weniger Filament zu verschwenden, während der Kontakt mit dem Überhang erhalten bleibt.

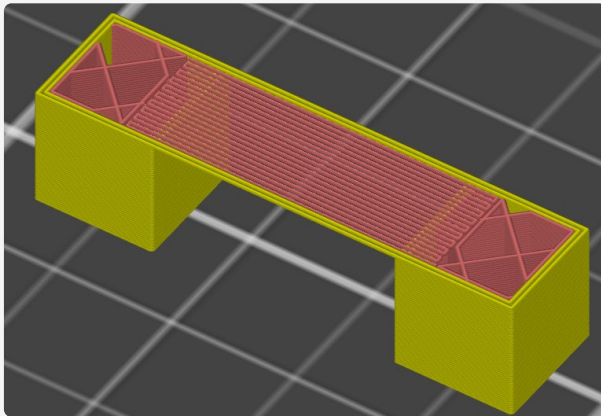


Überbrückung – dies ist der einzige Fall, wenn der Drucker in der Luft ohne Stützen unter der Schicht drucken kann. Dies ist jedoch ein Sonderfall. Der Extruder kann eine Schnur aus extrudiertem Kunststoff in einer geraden Linie zwischen zwei festen Punkten ziehen. Das bedeutet auch, dass die Brücke perfekt parallel zur Druckplattform verlaufen muss. Die maximale Länge des überbrückten Weges wird auch durch die Kühlleistung Ihres 3D-Druckers bestimmt.

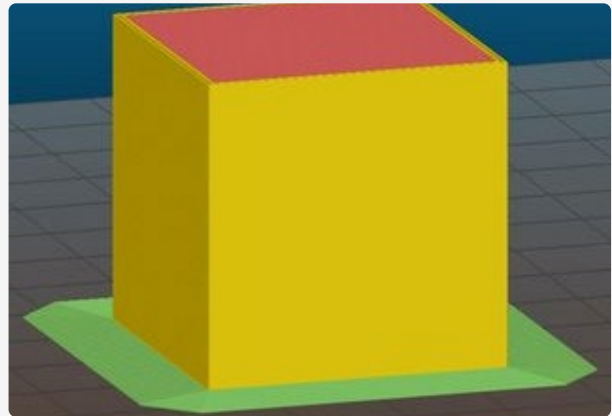
Rand – um die Haftung des gedruckten Objekts auf dem Druckbett zu erhöhen (z.B. beim Drucken kleiner/dünnere Objekte), wird empfohlen, einen Rand zu verwenden. Es handelt sich um eine zusätzliche flache Oberfläche, die verhindert, dass sich das Objekt in der Mitte des Drucks verformt oder löst. Sie kann leicht entfernt werden, wenn der Druckauftrag abgeschlossen ist.

Schürze – ist ein 3D-gedruckter Umriss um alle Modelle auf dem Druckbett. Er wird zu Beginn des Druckauftrags vor allen Objekten gedruckt und dient hauptsächlich dazu, den Fluss des Filaments durch die Düse zu stabilisieren. Die Schürze ist auch nützlich, um die Haftung der ersten Schicht auf dem Druckbett zu überprüfen. Da sie vor den Modellen gedruckt wird, können Sie die Live Z-Einstellung schnell ändern, wenn Sie sehen, dass die erste Schicht nicht richtig haftet oder von der Düse zu sehr gequetscht wird.

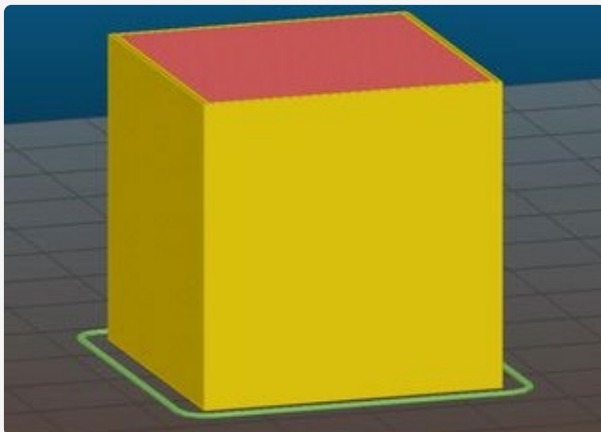
Raft – eine spezielle Art von Tragkonstruktion, die das gesamte gedruckte Objekt über die Druckplattform hebt. Es wird hauptsächlich bei ABS-Materialien eingesetzt, da es hilft, ein Verziehen / Anheben des Objekts von der Druckoberfläche zu verhindern.



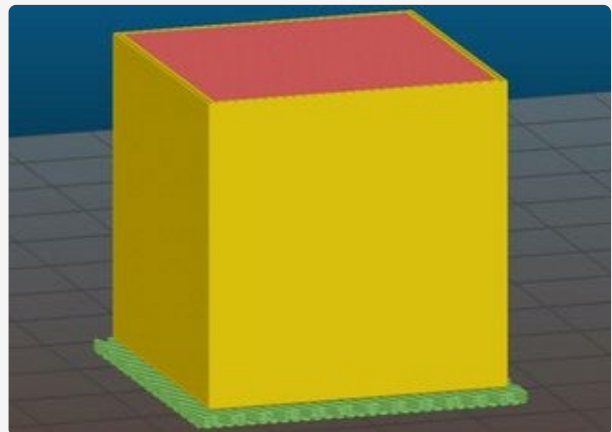
Überbrückung



Rand



Skirt



Raft

Kühlung – es wird empfohlen, gedruckte Objekte aktiv zu kühlen – insbesondere dünne und hohe Strukturen, die nicht genügend Zeit zum selbständigen Kühlen haben, da der Extruder dazu neigt, längere Zeit in einem Bereich zu bleiben.

Erweiterte Einstellungen

Slicing-Apps bieten eine ganze Reihe weiterer Parameter, die Sie optimieren und anpassen können: Geschwindigkeit für Perimeter, Brücken, Füllung und viele andere. Diese Einstellungen sind in der Regel werkseitig voreingestellt, so dass es nicht notwendig ist, sie weiter anzupassen.

Mehr über das Slicen erfahren Sie in unserem Artikel unter prusa.io/prusaslicer.

Vorbereitung der Druckfläche



Die Vorbereitung der Druckfläche ist der Schlüssel zum erfolgreichen Drucken. Wenn der Drucker nicht ordnungsgemäß kalibriert ist und die Oberfläche keine gute Haftung zulässt, schlägt der Druckauftrag fehl. Achten Sie immer darauf, dass die erste Schicht gut auf der Druckoberfläche haftet.

Die Entwicklung von 3D-Druckern umfasste auch verschiedene Versionen der Druckoberfläche. Ursprünglich gab es nur Standard-Glas – oder Spiegelbetten ohne zusätzliche Heizung. Um die Haftung zu erhöhen, wurde ABS-Saft (winzige Stücke von in Aceton gelöstem ABS) verwendet. Andere Optionen waren die Verwendung eines Kaptonbandes oder Papierklebers (Kores). Das bedeutete auch, dass die Arbeit mit dem Drucker etwas chaotisch war. Dann wurde die PEI-Folie entdeckt – und alles änderte sich. Sie finden die PEI-Oberfläche auf allen Original Prusa i3 3D-Druckern ab der MK2-Version. Diese Art von Oberfläche erfordert keine langwierige und komplizierte Vorbereitung – halten Sie sie einfach sauber und fettfrei. Es ist mit einer Vielzahl von Materialien kompatibel und die einzige Zeit, in der Sie den Kores-Kleber verwenden müssen, ist, wenn Sie mit PET drucken möchten. In diesem Fall fungiert der Klebstoff als Separator, da die Haftung von PET möglicherweise viel zu stark ist, was das Entfernen vom Bett erschwert.

Heutzutage gibt es eine Reihe von verschiedenen Druckblechen für Original Prusa 3D-Drucker, die unterschiedliche Oberflächeneigenschaften aufweisen und sich somit für verschiedene Materialien eignen. Einige können sogar den visuellen Aspekt Ihres Drucks beeinflussen – das strukturierte pulverbeschichtete Blech überträgt seine raue Textur auf die Unterseite Ihrer Drucke.

Starten des Druckvorgangs

Das Starten des Druckvorgangs bedeutet, den erzeugten G-code an einen 3D-Drucker zu senden. Lassen Sie uns einen Blick auf die verfügbaren Optionen werfen.

Der 3D-Drucker benötigt während des gesamten Druckauftrags kontinuierlichen Zugriff auf sequenzielle G-code-Anweisungen. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung einer SD-Karte oder eines USB-Sticks. Moderne 3D-Drucker verfügen wie die meisten Geräte über Wi-Fi, LAN und die Möglichkeit, den Druck aus der Ferne zu starten. Die traditionellen Methoden, wie SD-Karten und USB-Verbindungen, werden jedoch noch einige Zeit Bestand haben, zumindest aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit, selbst in Offline-Umgebungen oder geschlossenen oder eingeschränkten Netzwerken. Weitere Optionen für die Fernverwaltung von Druckern sind Prusa Connect oder OctoPrint. Diese Plattformen erweitern die Möglichkeiten zur Steuerung und Verwaltung von 3D-Druckprozessen über die Webbrowser-Benutzeroberfläche.

Nachbearbeitung

3D-Druckobjekte sind in der Regel nach dem Druck einsatzbereit – dies gilt vor allem für Funktionsteile. Wenn Sie zusätzliche Anforderungen an die Oberfläche des Objekts oder das Gesamtbild im Allgemeinen haben, müssen Sie die Oberfläche mit einer Vielzahl von Werkzeugen anpassen. Dies wird als Nachbearbeitung bezeichnet.

Die Nachbearbeitung umfasst ein breites Spektrum an Techniken, Materialien, Werkzeugen und Verfahren mit dem Ziel, die Oberfläche des gedruckten Objekts glatt, farbig und optisch ansprechend zu gestalten. Modelle aus Kunststoff können geschliffen werden (mit elektrischen Schleifmaschinen wird das Modell in der Regel durch hohe Temperaturen, die durch übermäßige Reibung entstehen, beschädigt), mit Spachtelmasse geglättet, mit einem Füllstoff besprüht, laminiert, mit Acryl oder mit einem Spray gefärbt... Allerdings kann das Hinzufügen von zusätzlichem Material zu dem Modell dazu führen, dass feine Details verschwinden.



Mehr über die Nachbearbeitung erfahren Sie in unserem Artikel unter: prusa.io/postprocessing.

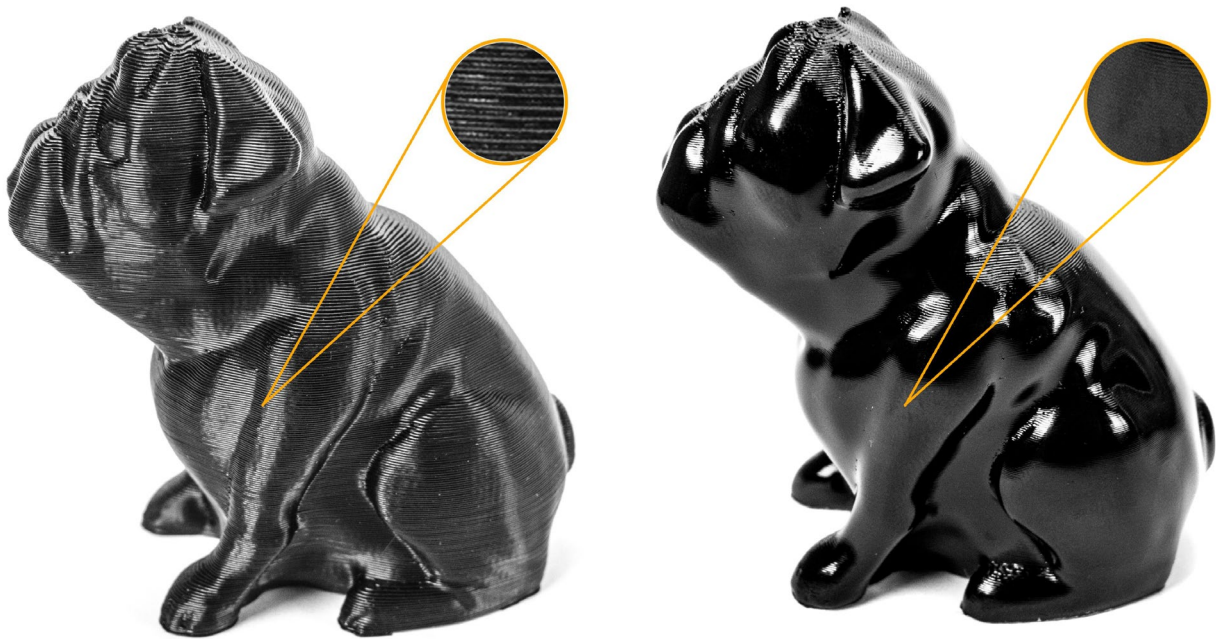


Kleben und Glätten von Modellen mit Aceton

ABS und ASA sind in Aceton lösliche Materialien. Dies kann auch zum Verkleben von gedruckten Modellen verwendet werden: Besprühen Sie die zu befestigenden Flächen mit etwas Aceton und schieben Sie sie zusammen.

Aceton kann auch zum Glätten der Oberfläche von 3D-Druckmodellen verwendet werden. Sie können das Modell entweder für kurze Zeit (5-10 Sekunden) in Aceton tauchen, oder Sie können das Modell in einen versiegelten Behälter mit Aceton auf dem Boden stellen – das Objekt berührt die Oberfläche nicht, aber die Dämpfe glätten die Oberfläche mit der Zeit.

Das Glätten der Oberfläche führt zum Verlust feinsten Details.



WARNUNG!

Aceton ist eine flüchtige, brennbare Flüssigkeit – achten Sie auf eine gute Raumbelüftung. Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen.

Weitere Tipps:

- ➞ Sogenanntes „Stringing“ (dünne Stränge auf der Oberfläche) kann leicht mit einer Heißluftpistole entfernt werden – allerdings sehr schnell, da sich das Objekt sonst bei übermäßiger Hitze verformen könnte.
- ➞ Materialien wie PLA und PETG können mit jedem guten Sekundenkleber verklebt werden. Sie können einen Aktivator verwenden, um den Prozess zu beschleunigen.



PLA ist ein in Chloroform (Trichlormethan) lösliches Material. Chloroform eignet sich jedoch nicht zum Glätten der gedruckten Objekte (wie bei der ABS/Aceton-Kombination), da es die Oberfläche zerfrisst. Chloroform kann als Klebstoff verwendet werden, um Teile miteinander zu verbinden, aber ein herkömmlicher Sekundenkleber ist eine viel bessere Option. Chloroform ist ein gefährlicher Stoff und sollte mit Vorsicht und in gut belüfteten Bereichen behandelt werden.



FILAMENTE

Da die Popularität von 3D-Druckern wächst, produzieren die Hersteller auch neue Filamente mit verschiedenen Farben oder besonderen Eigenschaften. Derzeit ist die Palette der verfügbaren Filamente ziemlich breit und es gibt viele Materialien zur Auswahl: leicht druckbares und sehr beliebtes PLA, universelles PETG, das sich für den Druck von mechanischen Teilen eignet, sehr zähes und temperaturbeständiges PC Carbon Fiber, Verbundmaterialien, die den Look von Holz oder Bronze nachahmen, leuchtende Filamente, weiche flexible Materialien und viele andere.

Jedes Filament benötigt spezifische Druckeinstellungen, was auch bedeutet, dass die gleiche Materialart von zwei verschiedenen Herstellern unterschiedliche Druckanforderungen haben kann. Es ist sogar möglich, dass es ein Filament eines einzigen Herstellers geben kann, das aufgrund seiner Farbe unterschiedliche Druckanforderungen hat (z.B. rot vs. blau PLA).

Um die bestmögliche Qualität während des Druckvorgangs zu erreichen, beachten Sie immer die vom Hersteller empfohlenen Drucktemperaturen. Wir haben Profile für die meisten der unterstützten Filamente in PrusaSlicer. Nur für den Fall, dass die Drucke sichtbare Probleme aufweisen, können Sie das Materialprofil in PrusaSlicer anpassen – dazu gehören Temperaturen, Lüftergeschwindigkeiten, Druckgeschwindigkeit, Filamentfluss, Einzüge und andere Einstellungen.

Die am häufigsten verwendeten Filamente sind PLA, PETG und ASA. Wir erklären, wie sich diese Materialien unterscheiden und in welchen Situationen sie am besten funktionieren. Aber es gibt auch andere interessante Materialien auf dem Markt – Tatsächlich gibt es so viele Materialien, dass Sie am besten mehr darüber erfahren, wenn Sie unsere Wissensdatenbank mit dem Materialführer oder die Webseiten der Hersteller besuchen.

Wenn Sie ein Anfänger im 3D-Druck sind, sollten Sie am Anfang vor allem die „Basismaterialien“ kennenlernen und lernen, in welchen Situationen sie am besten funktionieren. Das benutzerfreundlichste Material ist PLA. Betrachten wir PLA-Filamente als Grundlage für unseren Leitfaden und sehen wir, wie sich die anderen gängigen Materialien im Vergleich dazu verhalten.



PLA

PLA ist wahrscheinlich das am häufigsten verwendete Filament im Allgemeinen.

Es gibt eine Reihe von Gründen, warum:

- Es ist einfach zu drucken. Was bedeutet das in Wirklichkeit? Sehr schönes Oberflächenfinish und akzeptables Oberflächenfinish über Stützen und in großen Überhängen. Gut geeignet für den Druck von kleinen und detaillierten Modellen. Kein unangenehmer Geruch beim Drucken.
- Geringe thermische Ausdehnung im Vergleich zu anderen Materialien. Es verformt sich nicht und haftet gut auf der Druckplattform. Aus diesem Grund ist es für den Druck großer Objekte geeignet.
- PLA ist in einer Vielzahl von Farben erhältlich.
- Eines der billigeren Materialien.

Warum also brauchen wir andere Materialien?

- PLA ist hart und spröde. Es hat die Tendenz, unter Druck zu brechen und zu zersplittern.
- PLA ist nicht temperaturbeständig, es beginnt bei etwa 60°C zu erweichen, was es zu einer weniger als idealen Wahl für den Druck von Dingen wie dem Halter eines Smartphones für Autos macht.
- Im Vergleich zu den anderen gängigen Materialien hat PLA die schlechteste Wetterbeständigkeit.

In diesen drei Situationen sind PETG und ASA eine bessere Wahl.



PETG, ASA und PC (Polykarbonat)

Alle diese drei Materialien sind im Vergleich zu PLA flexibler, was bedeutet, dass sie sich unter Druck leicht biegen und nicht sofort brechen. Auf der Skala von den einfachsten bis zu den schwierigsten zu druckenden Materialien liegt PETG zwischen PLA und ASA/PC. Das Problem bei ASA und PC ist ihre thermische Ausdehnung. Diese Materialien neigen dazu, sich beim Drucken zu biegen und zu verziehen, was dazu führt, dass sie sich vom Druckbett lösen – vor allem größere Objekte neigen stärker zum Verziehen und Biegen und sind dadurch schwieriger zu drucken. Außerdem erzeugt ASA beim Drucken einen sehr auffälligen Geruch, viel stärker als PETG oder PLA. PETG hat im Vergleich zu PLA ein glänzenderes Oberflächenfinish, aber auch die Tendenz, während der Extruderbewegung Filamentfäden zu erzeugen.

Wozu ist ASA / PC gut und worin besteht der Unterschied zwischen ihnen?

ABS war das erste weit verbreitete Material für den 3D-Druck. Im Laufe der Entwicklung der Branche kamen neue und verbesserte Materialien auf den Markt. ASA gilt als Nachfolger von ABS. Die meisten ihrer Eigenschaften sind die gleichen, während ASA in gewisser Weise besser ist. ASA ist ein UV-stabiles Material und weist auch eine geringere thermische Ausdehnung auf, was die Druckbarkeit verbessert (im Vergleich zu ABS).

ASA und Polycarbonat werden im Allgemeinen als technische Materialien betrachtet.

ASA ist ein UV-stabiles, hitzebeständiges Material und hat eine etwas geringere Wärmeausdehnung, wodurch es leichter zu drucken ist. Das beliebteste Merkmal von ASA ist, dass es mit Hilfe von Acetondämpfen geglättet werden kann.

Polycarbonat ist etwas schwieriger zu drucken, verfügt aber über eine hohe mechanische und chemische Beständigkeit. Es ist etwas schwieriger zu drucken als ASA, eignet sich aber viel besser zum Drucken von mechanischen und hitzebeständigen Teilen als PETG und ASA.

Und das gilt für PLA, PETG, ASA und PC – das sind gute Materialien für den 3D-Druck im Allgemeinen. Vielleicht möchten Sie aber noch etwas mehr. Werfen wir einen Blick auf einige Materialien, die seltener verwendet werden, aber sie bieten einige interessante Eigenschaften – ihr Preis ist jedoch tendenziell höher.



FLEX (TPU/TPE/TPEE)

Flexible Materialien sind eine große Gruppe von Spezialfilamenten mit flexiblen Eigenschaften. Diese Materialien sind dem Gummi ähnlich – wenn man sie biegt, brechen sie nicht. Es werden flexible Materialien mit unterschiedlichen Härtegraden hergestellt. Je weicher (biegsamer) das Material ist, desto schwieriger ist es, damit zu drucken. Flexible Filamente können verwendet werden, um Räder für RC-Modelle, Handytaschen und Dämpfungsblöcke zu drucken. Beachten Sie jedoch, dass die gedruckten Objekte nicht die gleiche Haftung wie Gummi aufweisen. Mit anderen Worten, für leistungsstarke RC-Autos werden die im Geschäft gekauften Reifen eine bessere Leistung erbringen.



Gefüllte Materialien

Kompositmaterialien wie mit Holz/Metall/Karbon gefüllte Filamente bestehen aus dem Hauptteil aus Kunststoff und einem darin gemischten Sekundärmaterial. Allerdings sind diese Filamente meist mit Materialien gefüllt, die ihre mechanischen oder ästhetischen Eigenschaften verbessern. Die gebräuchlichsten Verbundwerkstoffe sind mit Kohlenstofffasern gefüllt, aber es gibt sie auch mit Glasfasern, Kevlarfasern usw. Diese Fasern verhelfen den Filamenten zu einer perfekten Dimensionsstabilität ohne Verformung, erhöhter Temperaturbeständigkeit, Abriebfestigkeit usw. (siehe unser Prusament PC Blend Carbon Fiber). Allerdings sind diese Materialien in der Regel teurer und eine Düse aus gehärtetem Stahl ist ein Muss.



Bronzefill und andere Verbundwerkstoffe



Poliertes Bronzefill

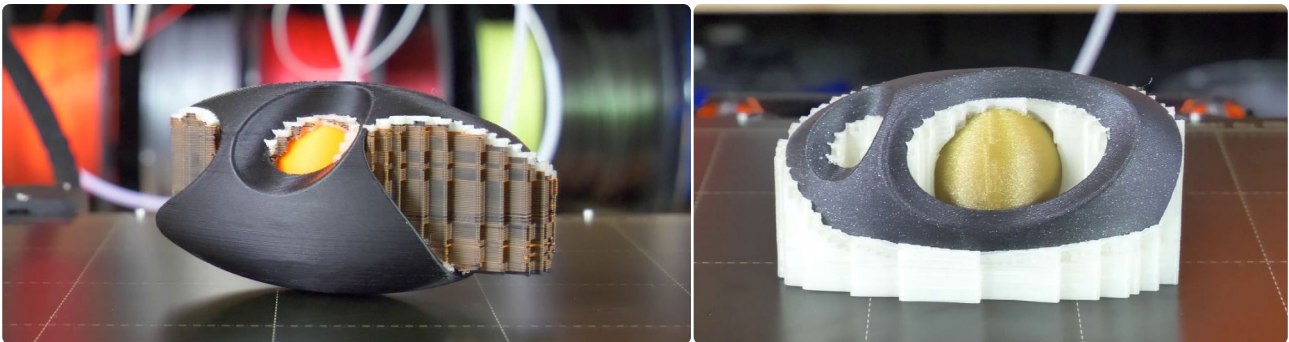
PVA und BVOH für lösliche Stützstrukturen

Normalerweise ist es beim Drucken eines Modells die beste Vorgehensweise, das Modell so zu drehen, dass die Anzahl der Stützen minimiert wird. Dies ist jedoch nicht immer möglich. In den meisten Fällen werden die Träger mit dem gleichen Material wie der Rest des Modells gedruckt – und schließlich, wenn der Druck fertig ist, können wir sie abbrechen. Die Oberfläche über den Stützen kann oft Spuren des abgebrochenen Materials tragen, Schichten können im Vergleich zum Rest des Objekts besser sichtbar sein usw.

Es gibt 3D-Drucker, die mit zwei oder mehr Materialien gleichzeitig drucken können (z.B. unser OriginalPrusa 3D-Drucker mit dem Multi Material Upgrade 3 oder ein Original Prusa XL mit mehreren Druckköpfen), was die Möglichkeit eröffnet, ein anderes Material zum Drucken von Stützen zu verwenden: hier kommen lösliche Materialien wie PVA und BVOH ins Spiel. Dank dieser Materialien entfällt der Parameter Stützabstand (der zum leichteren Entfernen von Standardstützen verwendet wird), da wir das Material einfach in Wasser auflösen. Diese Materialien sind jedoch teurer als herkömmliche Filamente. Es ist möglich, den Filamentverbrauch zu reduzieren, indem man nur die löslichen Materialien an der Schnittstelle verwendet (ein paar Schichten zwischen den Trägern aus einem Standardmaterial und dem Objekt selbst).

BVOH – und PVA-Materialien funktionieren am besten in Kombination mit PLA, insbesondere aufgrund der ähnlichen Drucktemperaturen. Sowohl BVOH als auch PVA sind wasserlöslich.

HIPS ist ein in D-Limonen (Lemonessöl) oder Aceton lösliches Trägermaterial und funktioniert am besten in Kombination mit PETG.



Andere Materialien

PP – höhere Temperaturbeständigkeit im Vergleich zu ABS oder PLA. Chemisch beständig, flexibel, hat Probleme mit der Haftung auf der Druckoberfläche.

Nylon – beständiges und zähes Material mit ausgezeichneter Haftung zwischen den Schichten. Nylon ist abriebsfest, daher ist es für den Druck von mechanischen Teilen geeignet, aber es ist auch hygroskopisch (absorbiert Luftfeuchtigkeit), was sich negativ auf den Druck auswirkt.

PVB – einfach zu druckendes Material mit ähnlichen Einstellungen wie PLA, gut geeignet für die Oberflächenglättung mit Isopropylalkohol. PVB hat ein gutes Aussehen und eine gute Transparenz, aber schlechte mechanische Eigenschaften und Temperaturbeständigkeit.



MEHRFARBIGER 3D-DRUCK

Bisher haben wir nur über den einfarbigen 3D-Druck gesprochen. Die offensichtliche Frage ist also, ob es möglich ist, mit mehreren Farben gleichzeitig zu drucken. Sicher ist es das! Es gibt sogar mehr als eine Möglichkeit. Es gibt Vor- und Nachteile gegenüber den derzeit verfügbaren Methoden, also lassen Sie uns einen Blick darauf werfen.



Worin besteht der Unterschied zwischen mehrfarbigen und vollfarbigen Drucken?

In unserem Fall bedeutet mehrfarbiger Druck ein Objekt, das mit zwei bis fünf Farben gedruckt wird. Vollfarbige 3D-Drucker können jede beliebige Farbe erzeugen, da sie CMYKW-Farben mischen.

Der einfachste Weg, mehrfarbige Drucke zu erzielen, ist das manuelle Wechseln des Filaments während des Druckauftrags. Dies ist eine gute Möglichkeit, um z.B. Logos, Banner oder originelle Visitenkarten zu erstellen.

- ⊕ Sie müssen Ihren 3D-Drucker nicht ändern.
- ⊕ Keine Materialverschwendung.
- ⊖ Muss manuell durchgeführt werden.
- ⊖ Nur ein Farbwechsel pro Ebene, nicht möglich, mehrere Farben in einer Ebene zu haben.



Wenn wir die vorherige Methode ein paar Schritte weiterführen, erhalten wir das Original Prusa Multi Material Upgrade 3S oder die Mosaic Palette. Im Wesentlichen können diese Geräte Filamente automatisch und sogar mehrmals pro Schicht austauschen.

- ⊕ Aktivieren Sie Filamentwechsel innerhalb einer Schicht.
- ⊕ Verwenden Sie den originalen (oder leicht modifizierten) Einzelextruder – keine Kalibrierung mehrerer Extruder erforderlich.
- ⊖ Verschwendetes Material – der Drucker muss während des Filamentwechsels Material aus der Düse „spülen“.
- ⊖ Unterstützt nur bis zu 5 Farben.
- ⊖ Es ist nicht möglich, Farben zu mischen, um neue Mischungen zu erstellen.



Der Vollfarbdruck kann durch Mischen von Filamenten direkt im Extruder erreicht werden. Das Prinzip ist ähnlich wie bei herkömmlichen Tintendruckern, der einzige Unterschied besteht darin, dass die Tinte durch Filamente ersetzt wird. Ein 3D-Drucker benötigt jedoch mehr als nur CMYK-Filamente – auch weiße (W-)Filamente sind erforderlich.

- ⊕ 4-5 Filamente reichen für den vollfarbigen Druck.
- ⊕ Gesättigte Farben.
- ⊖ Viel verschwendetes Material.
- ⊖ Um gute Farben zu erzielen, sind „kalibrierte“ CMYKW-Filamente erforderlich.

Sie können auch Vollfarbdrucke mit einer Kombination aus einem 3D-Drucker und einem normalen (Tinten-)Drucker erzielen. Der Tintendrucker kombiniert CMYK-Farben, um den gewünschten Farbton zu erreichen, und die Farbe wird auf ein weißes Filament aufgebracht, das die Farbtropfen absorbiert.

- ⊕ Jede Farbe ist möglich.
- ⊕ Nur ein Filament reicht aus.
- ⊕ Keine Materialverschwendung.
- ⊖ Es ist nicht möglich, vollständig gesättigte Farben zu erreichen.



MULTIMATERIAL-3D-DRUCK

Die Möglichkeit, mit mehreren Farben zu drucken, ist eine Sache, aber die Kombination mehrerer Materialien in einem Druck ist noch interessanter. Auf diese Weise können Sie funktionale Teile erstellen oder Modelle mit abbrechbaren, wasserlöslichen oder leicht entfernbaren Stützstrukturen drucken.

Doch es gibt Grenzen: Das Mischen von Materialien für den 3D-Druck hängt von ihren mechanischen und thermischen Eigenschaften ab. Diese Aufgabe eignet sich am besten für erfahrene Designer und Drucker mit mehreren Druckköpfen, wie der Original Prusa XL mit einem Werkzeugwechsler. Mit bis zu fünf Druckköpfen kann er bis zu fünf verschiedene Materialien gleichzeitig drucken, und das mit minimalem bis gar keinem Abfall.

Dieses robuste Gehäuse für den Transport von Mikrofonen wird zum Beispiel aus PETG, PLA und TPU hergestellt.

- ⊕ Ermöglicht vielfältige Materialkombinationen für einzigartige Projekte.
- ⊕ Ideal für Funktionsteile mit unterschiedlichen Materialeigenschaften.
- ⊕ Sie können komplizierte Designs mit verschiedenen Stützstrukturen machen.
- ⊕ Visuell ansprechende und detaillierte Designs.
- ⊕ Minimaler bis kein Filament-Abfall.
- ⊖ Kann aufgrund der speziellen Drucker und Materialien teuer sein.
- ⊖ Bedienung und Kalibrierung sind komplexer.
- ⊖ Eingeschränkte Materialkompatibilität aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften.
- ⊖ Es erfordert eine Lernkurve und ist weniger benutzerfreundlich für Anfänger.
- ⊖ Filament-Abfall.



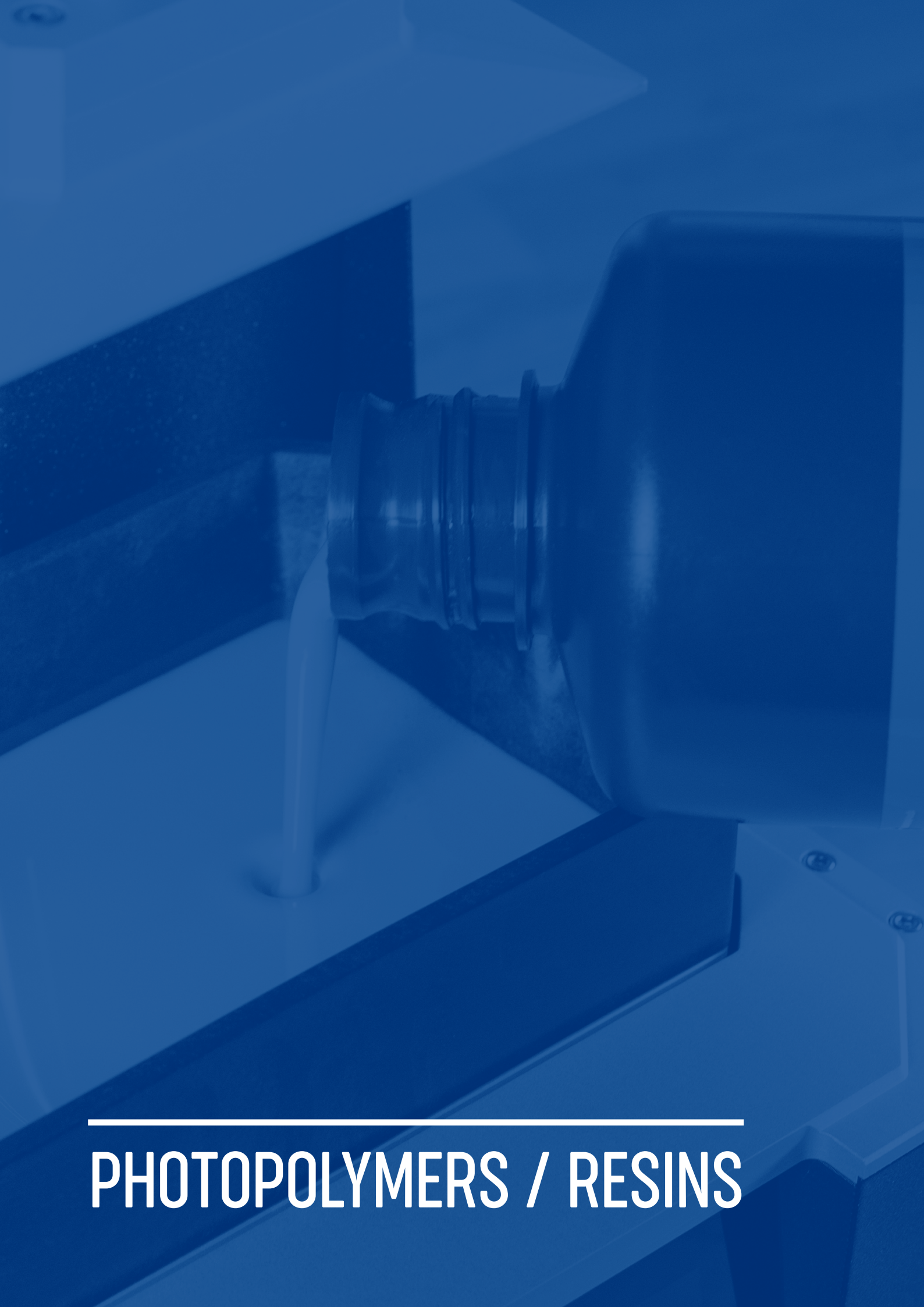
Der Mehrfarbendruck erzeugt zwar farbenfrohe Modelle und macht das Bemalen und andere Nachbearbeitungsschritte überflüssig, hat aber zwei entscheidende Nachteile: längere Druckzeiten und Kunststoffabfälle. Ein 3D-Drucker mit einer Düse muss von einer Farbe zur anderen wechseln und dabei das Übergangsfilament, das eine Mischung aus beiden Farben enthält, spülen, bevor der Druck mit der neuen Farbe fortgesetzt wird. Aus diesem Grund verwenden 3D-Drucker mit mehreren Farben wie der Original Prusa MMU3 Reinigungstürme oder Spülstrukturen, um die Extruder zwischen den Farbwechseln zu reinigen. Andere 3D-Drucker werfen das verschmutzte Filament einfach direkt auf den Tisch. Beide sind eine Quelle für Kunststoffabfälle.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, den Kunststoffabfall zu reduzieren: Wenn Sie einen 3D-Drucker mit einem Werkzeugwechsler verwenden, können Sie den Abfall auf Null reduzieren. Andere Methoden umfassen erweiterte Slicer-Einstellungen – PrusaSlicer hat die Option eingeführt, Filament direkt in den Infill zu wischen. Andere Bemühungen zur Abfallreduzierung beim 3D-Druck gehen über die Optimierung von Druckern und Filamenten hinaus: So können beispielsweise auch Designoptimierungen wie die Minimierung von Stützen und die Druckausrichtung eine entscheidende Rolle spielen.



Nachhaltigkeit bei Prusa Research

Wir ergreifen kontinuierlich Maßnahmen, um unseren CO₂-Fußabdruck zu verringern: Die Spulenseiten von Prusament werden aus recyceltem Kunststoff hergestellt. Wir produzieren recycelte Filamente. Außerdem setzen wir kontinuierlich Maßnahmen um, die unseren Kunden und der Umwelt zugute kommen, wie z.B. Verpackungseffizienzverbesserung und emissionsarme Versand-partner. Unsere Drucker sind alle aufrüstbar und vollständig reparierbar.



PHOTOPOLYMERS / RESINS

Harze (auch Photopolymere oder UV-empfindliche Harze genannt) sind Druckmaterialien für SLA-3D-Drucker. Harze sind Flüssigkeiten, die durch Einwirkung von UV-Licht ausgehärtet (verfestigt) werden. Harze sind in der Regel deutlich teurer als Filamente und ihr Preis kann sich aufgrund ihrer Eigenschaften stark unterscheiden. Prusament Harze kosten um die 60 USD und bieten ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Im Allgemeinen sind SLA-Drucke empfindlicher als FFF-Drucke. Andererseits brechen SLA-Drucke nicht entlang der Schichtlinien, sondern sie zerbrechen wie Glas.

Harze bestehen in der Regel aus drei Grundkomponenten:

- ➞ **Der Kern** des Harzes (Monomere und Oligomere).
- ➞ **Photoinitiatoren** – Moleküle, die auf UV-Licht reagieren und den Verfestigungsprozess einleiten.
- ➞ **Additive** – Zusatzstoffe, die die Farbe und die Eigenschaften des Harzes verändern.



Prüfen Sie beim Kauf von Harzen immer, bei welcher Wellenlänge der Aushärtungsprozess geschieht, um eine gute Kompatibilität mit Ihrem 3D-Drucker zu gewährleisten. Unsere SL1 und SL1S SPEED arbeiten mit Standard 405 nm Harzen.

Unterschiede entstehen nur durch die Zugabe von Additiven und Farbstoffen. Ein typischer Parameter, der durch Zusätze beeinflusst werden kann, ist der Grad der Härte und Zähigkeit. Die folgende Tabelle fasst die gängigsten Harztypen mit ihren Vor- und Nachteilen zusammen.

Materialart	Eigenschaften
Standardharz	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Glatte Oberfläche, viele Details ⊖ Zerbrechlich ⊖ Nicht geeignet für mechanische Teile
Klares Harz	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Kann durch Nachbearbeitung nahezu vollständig transparent gemacht werden ⊖ Halbtransparent
Harz für Gussformen	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Viele Details ⊕ Hervorragend geeignet für die Vorbereitung von Gießformen ⊕ Wenig bis gar keine Rückstände nach dem Ausbrennen des Harzes
Harte und beständige Harze	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Ähnlich wie ABS oder PP Materialien ⊕ Teilweise flexibel ⊕ Geeignet für mechanische Teile ⊖ Geringer Temperaturbeständigkeit bei hohen Temperaturen
Hitzebeständiges Harz	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Hochtemperaturbeständig ⊕ Wird für Spritzgussformen verwendet ⊖ Teuer
Biokompatible Harze	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Ungiftig ⊕ Geeignet für die Herstellung von Zahnimplantaten ⊕ Abriebfest ⊖ Teuer
Flexibles Harz	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Weiches Material, viele Details ⊕ Hohe Druckzuverlässigkeit und geringe Viskosität ⊖ Begrenzte Verformung ⊖ Nicht wiederverwertbares Material

Bitte beachten Sie, dass Flüssigharze giftige Materialien sind. Verwenden Sie bei der Arbeit mit ihnen immer eine Schutzausrüstung wie Handschuhe und Schutzbrille. Sie sollten wissen, dass es Harze auf dem Markt gibt, die verschiedene Mengen hochgiftiger Chemikalien enthalten. Wir empfehlen Ihnen, das Sicherheitsdatenblatt zu studieren, bevor Sie das Harz verwenden. Manchmal verströmen Harze einen unangenehmen Geruch und man denkt, dass er gesundheitsschädlich sein könnte. Leider gibt es keinen spezifischen Zusammenhang zwischen schlechtem Geruch und der Toxizität von Filamenten. Es gibt sichere Chemikalien mit schlechtem Geruch und es gibt unsichere Chemikalien mit schlechtem Geruch. Einige Anbieter verkaufen geruchsarme Harze, aber auch hier gilt, dass jede schädliche Substanz im Sicherheitsdatenblatt erwähnt werden sollte.

GLOSSAR

Die am häufigsten verwendeten Begriffe und deren Erklärung finden Sie in der folgenden Tabelle.

Begriff	Beschreibung und Erklärung
AMF/3MF-Datei	Dateiformat, das von der Slicer-Software verwendet wird, um die gesamte Szene zu speichern (Modelle, Platzierungs – und Druckeinstellungen).
FDM / FFF	3D-Drucktechnologien – additiver Fertigungsprozess. Ein Kunststoffdraht (Filament) wird in einen Extruder geladen, erwärmt, geschmolzen und extrudiert. Der Drucker verfügt über mechanische Teile, die sich in drei Achsen bewegen, so dass er jedes 3D-Objekt drucken kann.
G-code	Datei, die eine Liste von Befehlen für einen 3D-Drucker enthält.
OBJ-Datei	Eines der 3D-Objekt-Dateien, das von Slicern unterstützt wird, ähnlich wie bei STL.
PEI	Ein Film auf der Oberfläche des Druckbogens – gute Haftung und einfache Pflege.
RepRap	RepRap ist das erste Open-Source-3D-Druckerprojekt. Es wurde 2005 an der University of Bath von Adrian Bowyer gegründet. Jetzt liegt das Projekt in den Händen der 3D-Druckergemeinde – Hunderttausende von Entwicklern und Zehntausende von Anwendern.
Harz	Flüssiges Material, das für den Druck mit SLA-3D-Druckern verwendet wird. Auch Photopolymer genannt, da der Verfestigungsprozess durch UV-Licht ausgelöst wird.
SLA / DLP	3D-Drucktechnologien, die auf der Aushärtung von Flüssigharz mit UV-Licht basieren.
SLS	3D-Drucktechnologie basierend auf dem Sintern von Metallpulvern mit einem Laser.
STL-Datei	Eines der unterstützten Dateiformate für Slicer. Es definiert eine Reihe von Punkten (Knoten) im 3D-Raum, die zu Kanten und Polygonen verbunden sind. Es ist die häufigste Art von Datei in der 3D-Druckindustrie.
Bett, Heizbett	Druckfläche, in der Regel mit einer Heizeinheit zur Verbesserung der Haftung.
Überbrückung (Bridging)	Der einzige Fall, in dem das Drucken in der Luft ohne Stützen möglich ist, funktioniert jedoch nur in einem bestimmten Szenario. Überbrückung kann eine gerade Linie zwischen zwei Punkten mit gleicher Höhe der Z-Achse erzeugen. Das bedeutet, dass die Brücke parallel zum Druckbett sein muss.

Rand (Brim)	Zusätzliches Material, das um die Basis des Objekts herum gedruckt wird, um die Haftung zu verbessern – besonders nützlich für kleine Objekte.
Extruder	Der gesamte Druckkopf. Es besteht in der Regel aus dem Hotend, dem Zuführmechanismus und einem Lüfter.
Filament	Druckmaterial, das in FDM/FFF 3D-Druckern verwendet wird.
Firmware	Software, die 3D-Drucker verwenden und steuert.
Heatbreak	Ein Teil des Hotends in Form eines Rohres, das den Wärmeübergang zwischen dem Heizblock und dem Kühlkörper minimiert.
Heizblock	Der untere Teil des Hotends besteht aus wärmeleitenden Materialien. Es enthält eine Düse, ein Heizmodul und einen Thermistor.
Heizpatrone	Heizmodul, das den Heizblock zusammen mit der Düse erwärmt.
Hotend	Ein Teil des Extruders, der das Filament schmilzt.
Infill	Slicing-Einstellungen, die bestimmen, wie dicht die innere Struktur des gedruckten Objekts sein soll. 100% bedeutet ein festes Objekt. Die übliche Anzahl liegt zwischen 10 und 20 %. Dieser Parameter hat einen großen Einfluss auf die Druckzeit und die Menge des verwendeten Materials.
Schicht	Eine Schicht des Objekts, die durch den Slicing-Prozess erzeugt wurde. Die empfohlene Schichthöhe sollte $0,75 \times$ Düsendurchmesser nicht überschreiten. Sie hat einen großen Einfluss auf die Druckgeschwindigkeit. Je niedriger die Schichthöhe verwendet wird, desto mehr Details befinden sich in der Z-Achse.
Netz	Eine Art der Darstellung eines 3D-Modells. Ein Satz von Knoten, Kanten und Polygonen (Facetten) im dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem.
Düse	Ein Teil eines 3D-Druckers, der zum Extrudieren von geschmolzenem Kunststoff verwendet wird. Ihr Durchmesser beeinflusst die Qualität und Geschwindigkeit des Drucks. Mehr erfahren Sie unter: prusa.io/nozzles .
Überextrusion	Ein 3D-Druckfehler – eine zu hohe Filamentmenge wird durch die Düse gedrückt, was zu einer unebenen Oberfläche des gedruckten Objekts führt.
Perimeter	Äußere „Wand“ eines 3D-Druckobjekts. Slicers haben die Möglichkeit, die Anzahl der Perimeter zu ändern. Die Breite eines Perimeters wird durch den Düsendurchmesser definiert. Bei Verwendung einer Standard-Düse 0,4 mm beträgt die Perimeterbreite 0,45 mm. Die Anzahl der Perimeter hat einen großen Einfluss auf die Druckzeit.

Raft	Eine Art von Trägern, die unter der gesamten ersten Schicht des gedruckten Objekts vorhanden ist.
Einzug	Eine Anweisung, die bewirkt, dass das Filament während der Bewegung des Extruders wieder in die Düse zurückgezogen wird. Auf diese Weise wird verhindert, dass der geschmolzene Filamentstrang auf das Modell ausläuft. Falsche Retraktionen können sich oft als Fädenbildung manifestieren (siehe „Fäden ziehen“).
Schürze	Eine Linie um das gedruckte Objekt herum, meist mehrere Schichten hoch. Es erzeugt ein Mikroklima für das gedruckte Modell und verringert die Gefahr von Biegung, Verformung oder Rissbildung. Kann auch zum Kalibrieren der ersten Lagenhöhe verwendet werden.
Slicer	Software zum Konvertieren (Slicen) eines 3D-Modells in einen von 3D-Druckern lesbaren Maschinencode (G-code). Es gibt eine Reihe von ihnen auf dem Markt, einige sind kostenlos, während andere bezahlt werden – PrusaSlicer, Cura, Simplify3D etc. Ein Slicer ist eigentlich kein Modellierungswerkzeug, aber PrusaSlicer bietet viele Modifizierungen.
Slicen	Der Prozess der Umwandlung eines 3D-Modells in einen Maschinencode, der von 3D-Druckern gelesen werden kann. Der Prozess „schneidet“ das Modell in horizontale Schichten definierter Höhe und erstellt die Bewegungsanweisungen für den Extruder.
Fäden ziehen	Ein unerwünschter Effekt manifestiert sich als dünne Kunststoffschnüre („Haare“) auf der Oberfläche des Objekts. Die Einstellung des Einzugs ist in der Regel hilfreich.
Stützen	Gerüstartige Strukturen zum Drucken komplexer Objekte mit großen Überhängen oder Teilen, die in der Luft beginnen. Die Stützen werden mit speziellen Einstellungen gedruckt, so dass es eher einfach ist, sie vom gedruckten Objekt abzutrennen. FFF/FDM-Träger hinterlassen jedoch in der Regel Spuren auf der Oberfläche.
Thermistor	Thermosensor. Dient zum Überprüfen und Einstellen der Temperatur von Hotend und Heatbed.
Unterextrusion	Ein 3D-Druckproblem, das auftritt, wenn nicht genügend Filament durch die Düse geschoben wird, manifestiert sich als fehlende Schichten/Teile des gedruckten Modells. Bei richtiger Temperatureinstellung ist die Ursache in der Regel eine verstopfte Düse.



FAQ

Was ist 3D-Druck?

Der 3D-Druck ist ein automatisierter Prozess, der die Herstellung von realen physischen Objekten auf der Grundlage digitaler Daten (3D-Modell) ermöglicht.

Wie viel kostet es, einen 3D-Drucker zu betreiben?

Die höchsten Kosten entstehen durch das Material (Filamente). Der Preis für den Druck eines einzelnen Objekts hängt hauptsächlich von seinem Gewicht ab. 1 kg Filament kostet in der Regel ca. 20–30 EUR. Der Energieverbrauch ist vergleichbar mit einer 100W Glühbirne. Die Wartung eines normalen 3D-Druckers ist recht günstig und kostet in der Regel weniger als ein paar Dutzend Dollar.

Wozu ist 3D-Druck gut?

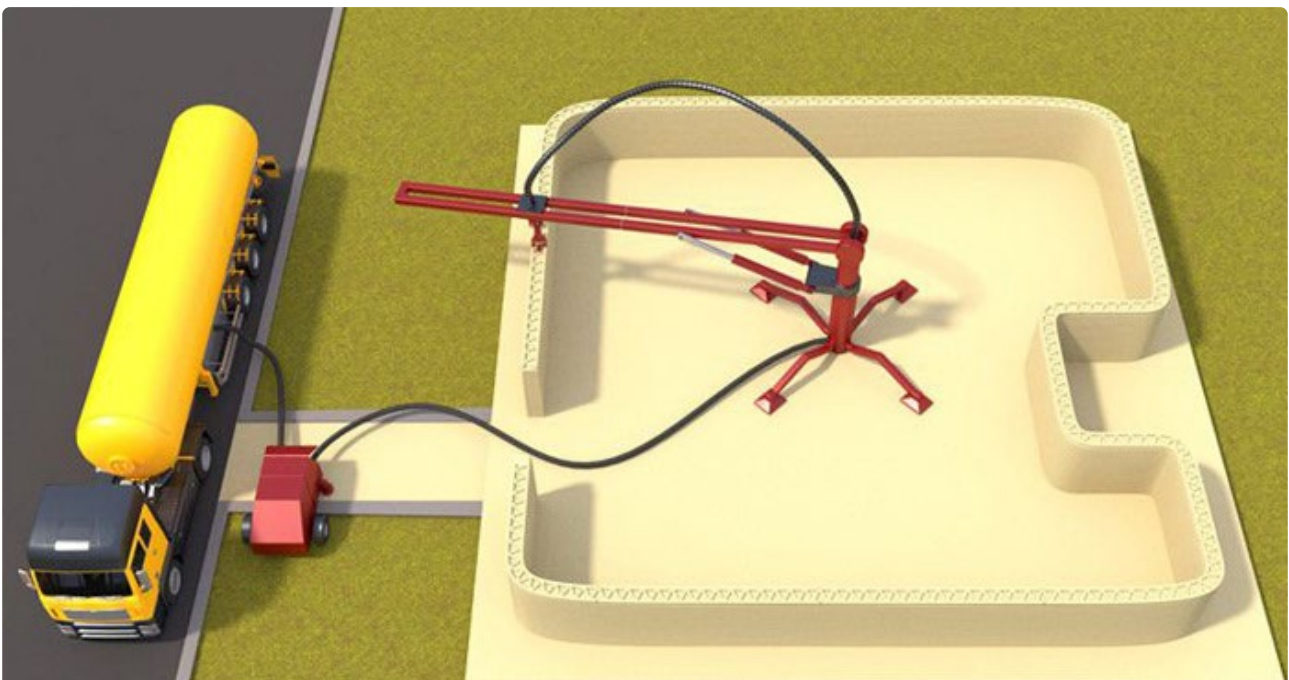
Es ist schwierig, alle Verwendungszwecke aufzuzählen – Rapid Prototyping, individuelle Modellherstellung, Kleinserienproduktion, Zahnmedizin, Heimwerken... es gibt so viele Bereiche, in denen 3D-Druck eingesetzt werden kann!

Gilt der FFF-3D-Druck als umweltfreundlich?

Der 3D-Druck ist ein additives Fertigungsverfahren, d.h. es wird Material auf eine leere Fläche aufgebracht, um ein Objekt zu drucken. Das direkte Gegenteil ist die subtraktive Fertigung, bei der Material von einem bestehenden Objekt entfernt wird (z.B. bei der Holzbearbeitung). Das bedeutet, dass der 3D-Druck weniger Abfall produziert. Ein weiterer Vorteil ist, dass wir mit dem 3D-Druck Dinge reparieren können, die sonst weggeworfen werden würden. Es gibt auch recycelte PLA – und PETG-Materialien, die zu 100 % aus recyceltem PLA und PETG bestehen.

Ist es möglich, ein Haus zu drucken?

Ja, es gibt bereits eine Reihe von erfolgreichen Versuchen mit Beton oder ähnlichen Materialien. Es funktioniert genauso wie der 3D-Druck mit Kunststoffen.



Visualisierung eines 3D-gedruckten Hauses. Quelle: www.3dnatives.com/en/3d-printed-house-companies-120220184

Können 3D-Drucker menschliche Organe drucken?

Noch nicht. Doch Wissenschaftler aus aller Welt arbeiten hart daran, dies zu ermöglichen. Fast täglich werden Neuigkeiten zu diesem Thema veröffentlicht. Das Problem (und die Herausforderung) ist die Tatsache, dass menschliche Organe unglaublich komplex und abhängig von anderen Organen sind. Wissenschaftler konzentrieren sich vorerst auf den Druck von Geweben für weniger komplexe Organe.

Kann ich Objekte drucken, die größer als die Druckfläche sind?

Ja, es ist möglich, das Modell in Stücke zu schneiden und nach dem Druck zusammenzukleben.

Worin besteht der Unterschied zwischen SLA - und FFF-Technologien?

Beim FFF (oder FDM) 3D-Druck wird Filament als Ausgangsmaterial verwendet – ein Strang aus Kunststoff. Das Material wird geschmolzen und durch die Düse extrudiert, die Teil eines Extruders ist. SLA hingegen basiert auf der Verfestigung von Flüssigharzen mit UV-Licht. Objekte, die auf FFF-3D-Druckern gedruckt werden, haben im Vergleich zu SLA sichtbarere Schichten. Auf der anderen Seite hat der SLA-Druck verschiedene Nachteile – wie z.B. die Verwendung von Flüssigharzen, die potenziell schädliche Chemikalien sind.

Welche Art von Material wird für den FFF 3D-Druck verwendet?

Verschiedene Arten von Kunststoffen, in einigen Fällen mit Zusatzstoffen. Die beliebtesten und am häufigsten verwendeten Fäden sind PLA und PETG. Sie können jedoch auch aus einer breiten Palette von weiterentwickelten (haltbareren) Materialien wählen, wie ASA, PC Carbon Fiber und Nylon.

Wie lange dauert ein Druckauftrag?

Eine einfache Frage, die schwer zu beantworten ist. Es hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab: in erster Linie von der Größe des gedruckten Objekts, aber auch von der Dichte der Füllung, der Anzahl der Perimeter, der Unter – und Oberschalen, dem Düsendurchmesser, der Schichthöhe, der Komplexität des Modells, der Anzahl der Stützen und anderen Faktoren. Das Drucken einer 5 cm großen Figur dauert ein paar Stunden. Bei großen und komplexen Objekten können Sie jedoch problemlos Dutzende von Stunden drucken.

Die meisten Slicing-Anwendungen können die Gesamtdruckzeit schätzen.

Was ist mit leeren Filamentspulen zu tun?

Entsorgen Sie sie in den Kunststoff-Mülltonnen. Leider ist es (aus verschiedenen Gründen) nicht möglich, die leeren Spulen von den Kunden zurückzukaufen. Wenn Sie sie nicht wegwerfen möchten, können Sie sie für eine Vielzahl von Projekten verwenden – lesen Sie unseren Artikel unter:

prusa.io/spools.

Ist es möglich, Lebensmittel zu drucken?

Überraschenderweise, ja! Sie benötigen einen speziell modifizierten 3D-Drucker (einige davon gibt es in der RepRap-Familie) und können mit Schokolade drucken oder sogar Pfannkuchenteig direkt auf eine Pfanne drucken.

Kann ich einen Becher oder Teller drucken und ihn zum Trinken und Essen verwenden?

Ja, aber es gibt ein paar Dinge, die man beachten sollte! PETG und PLA sind harmlose Kunststoffe, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen können. Es ist jedoch nicht ratsam, die gedruckten Objekte zum Essen oder Trinken zu verwenden, ohne sie vorher nachbearbeiten zu lassen. Winzige Spalten in Schichten sind perfekt für die Ansammlung von Bakterien und es ist fast unmöglich, diese Teile gut zu reinigen. Bevor Sie mit der Verwendung eines gedruckten Bechers beginnen, verwenden Sie lebensmittelechtes Epoxidharz, um die Seiten zu beschichten.

Wie kann man die Geschwindigkeit eines 3D-Druckers messen?

Viele 3D-Drucker behaupten zwar, mit unglaublichen Geschwindigkeiten zu drucken, aber in Wirklichkeit sind diese Werbeangaben vor allem theoretischer Natur. Um die Geschwindigkeit eines 3D-Druckers genau zu beurteilen, sollten Sie den Slicer des Herstellers herunterladen und die Zeit überprüfen, die er für Ihre bevorzugten Einstellungen berechnet. Der zuverlässigste Weg, 3D-Drucker zu vergleichen, ist nach wie vor der Blick auf die Rückmeldungen zur Zuverlässigkeit und das Feedback aus der Community.

Kann ich erotisches Spielzeug drucken?

Ja, aber eher nur zur Anzeige. Es ist das gleiche Problem wie bei Besteck (Tassen, Teller) – es gibt Lücken zwischen den Schichten, in denen sich Bakterien ansammeln. Es ist möglich, das Objekt nachbearbeiten und mit einer Beschichtung zu versehen, um eine unbedenkliche Oberfläche zu erzeugen.

Ist es möglich, eine Waffe in 3D zu drucken?

Theoretisch, ja. Wenn Sie sich Zeit für die Nachbearbeitung nehmen, kann sie sogar ganz real aussehen. Würden Sie eine echte Kugel in eine Plastikpistole stecken und den Abzug betätigen? Nein? Wir auch nicht! Die Kunststoffkanone würde höchstwahrscheinlich in Ihrer Hand zerbrechen und Sie verletzen. Außerdem wäre es unmöglich, diese Waffe durch einen Metalldetektor zu führen, da die Patronenhülse der Kugel ohnehin einen Alarm auslösen würde. Also vielleicht denken Sie: „Wie wäre es mit Metallpulver (SLS-Druck)?“ Ja, das wäre theoretisch möglich. Dieses Szenario ist jedoch aufgrund der hohen Herstellungskosten völlig sinnlos. Wenn Sie, aus welchem Grund auch immer, zu Hause eine Waffe herstellen wollen, ist eine einfache Drehmaschine völlig ausreichend.

Grundlagen des 3D-Drucks mit Josef Prusa

Ondřej Stráňský

Herausgeber:

Prusa Research a.s.
Partyzánská 188/7a
170 00 Prag
Tschechien

Co-Autoren:

Josef Průša, Martin Bach, Štěpán Feik

Grafikdesign und Satz:

Petr Memory Dragoun, Dagmar Karochová

Übersetzt von:

Jan Olejník, Dirk Hilleke