

Einweisung 3D-Drucker

Für die 3D-Drucker **Ultimaker²⁺** und **Ultimaker³**

Nur eingewiesene Benutzer dürfen den Drucker selbstständig benutzen, um teure Beschädigungen zu vermeiden. Wenn du noch nicht eingewiesen bist, frage eine:n Betreuer:in. Er erklärt dir die Bedienung und lässt dich unter Aufsicht dein gewünschtes Teil ausdrucken. Wenn du alles verstanden hast, darfst auch du dann die Einweisung unterschreiben und den Drucker in Zukunft selbstständig verwenden.

1 Regeln und Hinweise

Für die Benutzung ist es wichtig, dass du folgende Hinweise beachtest:

- Obwohl das 3D-Drucken unter den Begriff “Rapid Prototyping” fällt, kann ein Druck je nach Größe und Präzision gut mehrere Stunden dauern. Betreuer:innen helfen dir, die Dauer abzuschätzen.
- Nicht unbeaufsichtigt drucken, immer wieder mal einen Blick darauf werfen, besonders am Anfang. Wenn du nicht bis zum Ende deines Drucks da sein kannst, frage vorher einen Betreuer und hinterlasse einen Zettel mit Name und Kontaktdaten.
- Anleitung exakt beachten. Wenn du nicht weiter weißt oder dir unsicher bist, frage eine:n Betreuer:in.
- Verbrennungsgefahr an heißen Teilen:
 - Extruder wird sehr heiß! Nicht direkt berühren, Vorsicht beim Abputzen.
 - Bodenplatte der Ultimakers² wird sehr heiß. Erst abkühlen lassen und dann vorsichtig ohne zu berühren fühlen ob schon kalt genug.
- Drucker ausschalten,
 - wenn der Drucker groben Unfug oder sehr seltsame Geräusche macht
 - wenn der Drucker nicht mehr benötigt wird
 - Power-Switch befindet sich
 - * beim Ultimaker²⁺ hinten links am Gehäuse
 - * beim Ultimaker³ hinten rechts am Gehäuse
- **Keinen Schaber, Messer oder Ähnliches** verwenden, um Objekte von der Plattform zu lösen, denn dies kann die Glasplatte verkratzen
- am Drucker nichts von Hand bewegen (→ 6.1 Manuelles Verfahren auf Seite 7)
- Materialwechsel und sonstige Wartung darf nur gemeinsam mit einer Betreuerin/einem Betreuer durchgeführt werden.
- **Wiegen und Bezahlen nicht vergessen!**

Inhaltsverzeichnis / Arbeitsablauf

1	Regeln und Hinweise	1
2	3D-Modell erstellen	3
2.1	Dateiformat	3
2.2	Einschränkungen der Formen	3
3	Vorbereitung	5
3.1	Putzen	5
3.2	Vorheizen	5
3.3	Material	5
3.4	Materialwechsel	5
4	3D-Modell umwandeln und ausdrucken	5
4.1	Cura für Ultimaker (2+ und 3)	5
5	Bezahlen und abschließen	6
6	Zusatzinfos für Benutzer	7
6.1	Manuelles Verfahren	7
7	Infos für Experten	7
7.1	Kurze Einführung in die wichtigsten Fachbegriffe bei STL:	7
7.2	Einschränkungen bei Blender und manchen anderen Programmen	7
8	Infos für Betreuer:innen	7
8.1	Filamentwechsel	7
8.2	Ausrichten der Buildplate	8
8.3	Ultimaker 2+ demontieren und putzen	8
8.4	Ultimaker 3+ demontieren und putzen	8
8.5	Pflege & Wartung	9
8.6	Firmwareupdates	9
8.7	Ultimaker-App	9
9	Copyright	9

2 3D-Modell erstellen

2.1 Dateiformat

Im STL-Dateiformat, Einheit: Millimeter. Alle gängigen 3D-Programme haben einen STL-Export.

- auf Thingiverse.com gibt es viele vorgefertigte Modelle, als Grundlage oder gleich zum fertig ausdrucken.
- oder erstelle es mit einem Programm deiner Wahl

Name	Beschreibung
<i>kostenlose Software</i>	
Blender	relativ komplex aber auch für Freiformflächen geeignet
OpenSCAD	Skriptsprache für Konstruktion aus geometrischen Grundkörpern
DesignSpark Mechanical	Angelehnt an professionelle CAD-Software, aber relativ einfach zu bedienen
TinkerCAD	sehr einfach, für Kinder gut geeignet
Google SketchUp	wenig Einarbeitung, geringer Funktionsumfang, für einfache Teile
<i>kostenpflichtige Software (proprietär)</i>	
PTC Creo, Solid Edge, Siemens NX	kostenlos beim RRZE für Studenten, professionelle Software
Autocad Inventor	kostenlos bei Autodesk für Studenten ebenfalls für professionelle Anwendungen

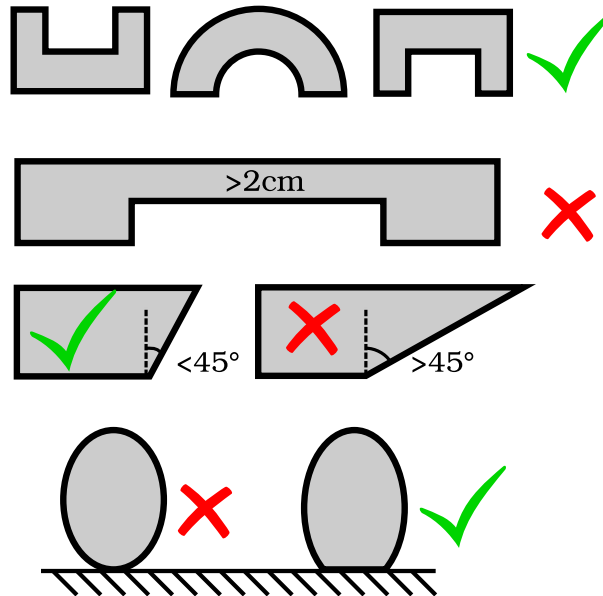
- Die 3D-Daten müssen gewisse Regeln erfüllen. Bei Modellierungsprogrammen wie Blender ist etwas Vorsicht oder Nacharbeit nötig, die meisten Konstruktionsprogramme (Solid Edge und Konsorten, auch OpenSCAD) machen es prinzipbedingt von selber richtig. Zu den Einschränkungen bei Blender stehen am Ende der Anleitung noch weitere Informationen.

2.2 Einschränkungen der Formen

- **Maximale Abmessungen**
 - Ultimaker²⁺: L:223 B:220 H:205mm
 - Ultimaker³:
 - * Nur linke oder rechte Düse: L:215 B:215 H:200mm
 - * Beide Düsen gleichzeitig: L:197 B:215 H:200mm
 - zur Sicherheit lieber ein paar Millimeter kleiner.
 - Es ist in der Praxis meist nicht möglich, den Bauraum des Druckers auch nur annähernd auszunutzen! Wenn möglich, gestalte deine Objekte kleiner als 10x10x5cm (LxBxH).
- **große Teile dauern ewig**, während des Drucks muss jemand dabei bleiben. Druckzeit für 30x30x30mm sind je nach Präzision etwa 30-45 Minuten, ein größeres Volumen braucht entsprechend länger.
- Durch das Druckverfahren sind gewisse Formen schlecht druckbar. Oft ist Ausprobieren angesagt.
- Damit man auch „schwierige“ Formen drucken kann, kann die Software **Stützstrukturen** erstellen. Wenn man dies erlaubt, erzeugt der Drucker ein loses Geflecht unter Überhängen und Brücken, das sich nach dem Ausdrucken mit einer Zange oder einem Skalpell entfernen lässt. So kann man diese Begrenzungen umgehen. Nachteil ist die schlechtere Oberflächenqualität und der Nachbereitungsaufwand.

2.2.1 Drucken ohne Stützstruktur

In diesem Abschnitt wird kurz beschrieben, welche Formen sich besonders gut drucken lassen, auch ohne Stützstruktur. Wenn es ohne großen Aufwand möglich ist, sollte man seine Konstruktionen gleich so wählen, dass sie gut druckbar sind.



- Überhänge sollten nicht zu groß sein (Empfehlung $<45^\circ$)
- Brücken sollten nicht zu weit sein (Empfehlung $<5\text{mm}$)
- Das Objekt sollte mit ausreichend großer Fläche plan auf dem Boden aufliegen
- Der untere Teil des Objekts sollte immer eine stabile Unterlage für die darüberliegenden Schichten bilden. (Den Eiffelturm sollte man also nicht auf dem Kopf stehend drucken.)

3 Vorbereitung

3.1 Putzen

Spätestens bei sichtbarem Schmutz (Staub o.Ä. auf der Plattform) oder bei schlechten Druckergebnissen

- Bodenplatte mit Papiertuch und Oberflächenreiniger reinigen
- Extruderdüse ebenfalls mit Papiertuch reinigen
- **VORSICHT EVENTUELL HEISS!**
- Kunststoff(Filament)abfälle und leere Filamentspulen in die Sammelbox bei den Drucken

3.2 Vorheizen

Vorheizen ist nicht nötig, da es automatisch vor dem Druck geschieht.

Im Gegenteil: Wenn der Extruder länger leersteht, brennt das Material fest!

3.3 Material

Ich Fablab drucken wir ausschließlich mit PLA. Andere Materialien können wir leider nicht anbieten.

3.3.1 PLA

- Organisches Material, Biokunststoff, nicht UV- und wetterbeständig
- wird bei ca. 60°C weich
- benötigt nicht zwingend ein beheiztes Bett es ist dennoch meist ratsam Das Druckbett auf ca. 60°C aufzuheizen. Das ist in Cura auch so voreingestellt.
- Drucktemperatur beträgt meistens 210°C. Je nach Material kann sie allerdings ein wenig variieren.

PLA löst sich in Aceton(Dampf) auf.

3.4 Materialwechsel

Wir haben verschiedene Materialfarben auf Lager. Wenn du eine andere möchtest, frag einfach nach. Der Materialwechsel sollte aber **nur durch einen Betreuer:innen** erfolgen. (Infos für Betreuer:innen → 8.1)

4 3D-Modell umwandeln und ausdrucken

4.1 Cura für Ultimaker (2+ und 3)

- In der oberen Leiste links den richtigen Drucker auswählen (Ultimaker Ultimaker²⁺ oder Ultimaker³)
- mit Klick auf das Ordnersymbol STL-Datei öffnen oder Datei einfach in das Cura-Fenster ziehen. So können auch mehrere Dateien hinzugefügt werden.
- Objekt nach Wunsch auf eine spezifische Seite legen, skalieren, bewegen, drehen etc.
- Sicherstellen dass in der oberen Leiste in der Mitte „Generic PLA“ als Material ausgewählt ist
- Obere Leiste auf der rechten Seite anklicken:

- Schichtdicke zwischen 0,06mm und 0,15mm (Ultimaker Ultimaker²⁺) bzw. 0,2mm (Ultimaker³) auswählen
 - Infill einstellen: 20% sind meistens ein recht guter Kompromiss aus materialsparnis und Stabilität
 - ggf. "Support" (Stützstrukturen) und "Adhesion" (zusätzliche Schürzze um Modell durcken für bessere Haftung) auswählen
 - Unter „Customize“ kann noch eine Vielzahl anderer Option eingestellt werden. Bitte Verändere die Einstellungen zur Drucktemperatur und Geschwindigkeit nicht bzw. nur nach Rücksprache mit einer Betreuerin/einem Betreuer.
- Solange die Daten umgerechnet werden, ist der Save-To-Disk/Removable-Knopf ausgegraut. Unter dem Knopf erscheint ein Fortschrittsbalken.
 - Über „Preview“ kann man sich eine Vorschau der Druckbahnen inklusive Stützstruktur anzeigen lassen.
 - SD-Karte in den Kartenleser (Ultimaker²⁺) oder USB-Stick (Ultimaker³) einstecken
 - Save-To-Disk/Removable-Knopf klicken. Wenn der Knopf ausgegraut ist, warten, bis die Datei fertig gesliced wurde und dann nochmal klicken.
 - Wenn die Datei auf die Speicherkarte/den Stick gespeichert wurde, das Medium in Windows auswerfen und in den Drucker einstecken.

5 Bezahlen und abschließen

Um das Objekt von der Platte zu lösen vorsichtig arbeiten. Meistens lässt es sich von Hand lösen. Wenn nicht, warten bis sich die Platte etwas abgekühlt hat. **Nicht versuchen, das Objekt mit scharfen oder spitzen Gegenständen herunter zu hebeln!** Sollte das Tape oder die Folie auf der Plattform beim Herunterlösen kaputt gehen, bitte einen **Betreuer es zu erneuern**.

Drucker reinigen, siehe 3.1.

Objekt mit Feinwaage (steht meist bei den 3D-Druckern) abwiegen, Preis pro Gramm ist im Kassensystem eingetragen.

Es muss alles mitgewogen werden, auch die Stützstruktur und der Müll, den der Extruder anfangs ausspuckt. **Fehldrucke müssen ebenfalls bezahlt werden.**

6 Zusatzinfos für Benutzer

6.1 Manuelles Verfahren

Manchmal muss man vor einem Druck, z. B. um die Plattform oder die Düse zu säubern, den Extruder bewegen. Das darf bei beiden Druckern **nicht von Hand** gemacht werden!

7 Infos für Experten

7.1 Kurze Einführung in die wichtigsten Fachbegriffe bei STL:

- Einheit (*unit*): Länge, die der Zahl „1“ entsprechen soll (bei uns 1 Millimeter)
- Punkt (*vertex*): Stelle im Raum
- Kante (*edge*): Verbindungslinie zwischen zwei Punkten
- Fläche (*face*): Dreieck, das zwischen drei Punkten bzw. zwei benachbarten Kanten aufgespannt wird. Im verwendeten STL-Dateiformat gibt es nur Dreiecksflächen. Krümmungen werden aus vielen Dreiecksflächen angenähert.
- Polygonnetz (*mesh*): Gesamtheit aller Flächen, die einen Körper ergibt. Alles innerhalb des Netzes soll mit Kunststoff gefüllt werden, alles außerhalb ist Luft.

7.2 Einschränkungen bei Blender und manchen anderen Programmen

Das 3D-Modell muss gewisse Einschränkungen erfüllen, damit die Drucksoftware es versteht. Da man mit Tools wie Blender auch unsinnige Dinge bauen kann (Modelle mit Löchern, unlogische Dinge bei denen innen und außen nicht eindeutig ist), muss auf folgendes geachtet werden.

- Wasserdicht: Der Körper muss rundum geschlossen sein, er darf keine Löcher aufweisen, die Hülle muss ein zusammenhängendes Netz sein.
- Polygonnetz (*mesh*) schneidet sich nicht selbst: Verschiedene Körper dürfen sich nicht überlappen. Sie müssen stattdessen zu einem Körper vereinigt werden. In Blender geht dies zum Beispiel mit dem Boolean Modifier.
- Mannigfaltig (*manifold*): Dieser Begriff ist schwierig zu beschreiben. Vereinfacht gesagt dürfen zu jeder Kante nur zwei Flächen gehören. Es dürfen also zum Beispiel keine Flächen innerhalb eines Körpers existieren.

8 Infos für Betreuer:innen

8.1 Filamentwechsel

8.1.1 Ultimaker²⁺

- "Material" ⇒ "Change"; Anweisungen im Display beachten
- Drucker heizt vor und fährt dann das Filament zurück
- Filament hinten vorsichtig entnehmen; nicht verknoten oder brechen!
- neues Filament auf Spindel und "Ready" drücken
- neues Filament einführen bis Fördermotor zieht; aufpassen dass Filament sich nicht verknotet!

- "Ready" drücken; Drucker fährt Filament vor und extrudiert
- wenn er schön extrudiert, nochmal drücken und das eingelegte Filament wählen

8.2 Ausrichten der Buildplate

8.2.1 Ultimaker²⁺

- Extruder reinigen, dass sich kein Rest zw. Buildplate und Extruder befindet
- Assistent: "maintenance" ⇒ "buildplate"
- den Anweisungen auf dem Display befolgen
- man muss mal mit dem Rad und den Steppern, mal manuell mit den Schrauben die Buildplate leveln (zuerst auf 1mm, dann mit einem Blatt Papier)

8.3 Ultimaker 2+ demontieren und putzen

Lasse es dir vorher von jemand mit Ahnung zeigen! Nur durchführen wenn unbedingt nötig.

Die Düse bitte nicht mit einem Metallstück freistochern, da hierdurch nur die Oberfläche verkratzt wird und die Düse nur noch schlechter funktioniert. Es ist möglich, fest sitzenden Dreck mit einem Stück Filament durchzudrücken. Dazu nimmt man sich ein Stück Filament und drückt es mit ausreichend Kraft durch den heißen Extruder. Eine Kombizange hilft. Dabei nicht abrutschen oder den Extruderkopf überlasten.

Es kann allerdings auch sein, dass die Düse schlicht verschlissen ist und ausgetauscht werden sollte. Düsen haben in etwa eine Lebensdauer von 500-600 Druckstunden, danach kann man sie guten Gewissens austauschen.

- Anleitung zum Wechseln Entfernen der Düse:
https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article_attachments/360010318879/Change_the_nozzle_of_the_Ultimaker_2plus.pdf
- Für den folgenden Schritt Handschuhe und Gesichtsschutz tragen, es dürfen keine anderen Leute im Lab-Hauptraum sein, weil Kunststoffspritzer herumfliegen! Fenster öffnen und Lüftung anschalten.
- Düse auf feuerfeste Unterlage (Steinplatte) auf der Werkbank legen, mit Heißluftpistole auf 600°C einige Minuten lang erwärmen.
- Düse mit Zange greifen und mit Druckluft durchpusten.
- So oft aufheizen und auspusten, bis man durchschauen kann.
- Düse wieder einbauen (Alublock festhalten, Drucker muss aufgeheizt sein!). Dabei nur ganz schwach festschrauben.

8.4 Ultimaker 3+ demontieren und putzen

ACHTUNG: Beim Ultimaker 3 kann die Düse nicht einzeln gewechselt werden. Hier müssen die ganzen Printcores getauscht werden: <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011580799-Changing-materials-and-print-cores-on-the-Ultimaker-3>

8.5 Pflege & Wartung

- Achsen müssen regelmäßig geölt werden (1x wöchentlich)
- Riemenspannung und Riemenzustand überprüfen (leicht gespannt)
Ultimaker: <https://www.youtube.com/watch?v=grHmmmSo0fc>
- die Ausrichtung und den Zustand der Buildplate überprüfen
- die Düse außen putzen und auf Verstopfung untersuchen
- lose herumhängende Kabel befestigen
- Extruder-Coldend zerlegen und putzen (Filament-Abrieb, Förderwalze zugesetzt)
- Extruder-Hotend begutachten und nur wenn unbedingt nötig zerlegen (Temperatursensorkabel ist sehr empfindlich)

8.6 Firmwareupdates

- den Drucker über USB mit dem Rechner verbinden
- Cura zum Updaten verwenden

8.7 Ultimaker-App

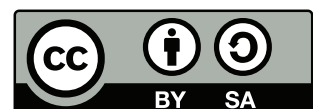
Einige gute Hinweise mit Bildern zum Thema Druckerwartung bei Ultimaker-Druckern gibt es auch in der Ultimaker-App. Darin enthalten ist auch eine Liste von oft gestellten Fragen zum Lösen von Fehlern. Die Anwendung ist für iOS und Android erhältlich: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-app>.

9 Copyright

Verbreiten und Bearbeiten dieser Inhalte ist ausdrücklich erwünscht, du musst (in der Regel) nur

- Quelle und Lizenz korrekt angeben, wie etwa:
FAU FabLab et al.: Einweisung 3D-Drucker, <https://github.com/fau-fablab/3d-drucker-einweisung>,
Lizenz CC-BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.
- das neue (gesamte) Dokument auch unter dieser Lizenz veröffentlichen.

Dieses Dokument „Einweisung 3D-Drucker“ des FAU FabLab und weiterer Autoren ist, bis auf besonders gekennzeichnete Stellen, lizenziert unter einer *Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Unported* Lizenz. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.



Quelltext und Liste der Autoren auf GitHub: <https://github.com/fau-fablab/3d-drucker-einweisung>.
Verbesserungsvorschläge gerne auch an kontakt@fablab.fau.de.

Hinweis zu Sicherheitseinweisungen: Bitte beachte, dass Arbeitsschutz nicht per Copy-Paste erledigt werden kann, sondern jede Einweisung kritisch überprüft und auf den jeweiligen Einsatzzweck angepasst werden muss.

Dieses Dokument stammt aus [fau-fablab/3d-drucker-einweisung@97588f0](https://github.com/fau-fablab/3d-drucker-einweisung@97588f0).