

Einweisung SLA 3D-Drucker

Für LCD basierte SLA 3D-Drucker

Nur eingewiesene Benutzer dürfen den Drucker selbständig bedienen, um Beschädigungen zu vermeiden. Wenn du noch nicht eingewiesen bist, wende dich an einen Betreuer. Er erklärt dir die Bedienung und lässt dich unter Aufsicht das gewünschte Teil drucken. Wenn du alles verstanden hast, kannst auch du die Einweisung unterschreiben und den Drucker in Zukunft selbstständig benutzen.

Inhaltsverzeichnis / Arbeitsablauf

1	Regeln und Hinweise	2
1.1	Gefahren für Mensch und Maschine	2
1.2	Persönliche Schutzausrüstung	2
2	3D-Modell erstellen	3
2.1	Dateiformat	3
2.2	Einschränkungen der Formen	3
2.3	Designrichtlinien für SLA Drucke	4
3	3D-Modell mit dem Slicer umwandeln und ausdrucken	5
3.1	Vorbereitung	5
3.2	Drucken	5
4	Nachbereitung	6
5	Bezahlen und Abschließen	7
6	Pflege & Wartung — Nur von Betreuer durchzuführen	7
6.1	Überprüfung des Verschmutzungsgrades des Isopropanols im FormWash	7
6.2	Wechseln des Harzes	7
6.3	nFEP Folie	7
7	Copyright	8

1 Regeln und Hinweise

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

- Obwohl der 3D-Druck unter den Begriff „Rapid Prototyping“ fällt, kann ein gedrucktes Teil je nach Abmessungen durchaus mehrere Stunden in Anspruch nehmen. Betreuer und Software helfen dabei, die Dauer abzuschätzen.
- Wenn du nicht bis zum Ende deines Drucks da sein kannst, frage vorher einen Betreuer und hinterlasse einen Zettel mit deinem Namen und deinen Kontaktdaten.
- Anleitung ist exakt zu beachten. Wenn du nicht weiter weißt oder dir unsicher bist, frag einen Betreuer.
- Ein Materialwechsel und die Wartung darf **nur von einem Betreuer** durchgeführt werden.
- **Bezahlen bitte nicht vergessen!**

1.1 Gefahren für Mensch und Maschine



- Das eingesetzte Kunstharz und Isopropylalkohol sind gesundheitsschädlich. Haut- und Augenkontakt sowie Verschlucken und Einatmen der Dämpfe vermeiden.
- Zu Ihrer eigenen Sicherheit sollten sowohl beim Umgang mit dem flüssigen Kunstharz als auch beim Umgang mit Isopropylalkohol zur Nachbehandlung des Druckteils Nitrilhandschuhe getragen werden.
- Isopropylalkohol ist leicht entzündlich, daher ist der Umgang mit offenem Feuer und Zündquellen in der Nähe verboten.
- Drucke sind **nicht lebensmittelecht** oder biokompatibel, da sie auch nach der Weiterverarbeitung noch Spuren des Ausgangsmaterials enthalten können.

1.2 Persönliche Schutzausrüstung



Bei allen Arbeiten am Drucker und bei der Nachbearbeitung der Teile sind zu tragen:

- **Schutzbrille**
- **Einweghandschuhe**

Erst nach dem Waschen und Nachbelichten dürfen die Teile ohne Handschuhe angefasst werden. Vorher können sich noch Reste von unpolymertem Kunststoff auf der Oberfläche befinden.

2 3D-Modell erstellen

2.1 Dateiformat

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

- auf Thingiverse.com oder Printables.com gibt es viele vorgefertigte Modelle, als Grundlage oder gleich zum Bereit zum ausdrucken.
- oder erstelle ein Modell 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, Fusion 360	kostenlos bei Autodesk für Studenten ebenfalls für professionelle Anwendungen

2.2 Einschränkungen der Formen

- **Bauraum**
L × B × H: 228 mm × 128 mm × 245 mm
- **Stützstrukturen**
Um die Druckteile sinnvoll drucken zu können, müssen Stützstrukturen verwendet werden. Die Software erzeugt dazu ein loses Geflecht von Verbindungen zu Überhängen und Brücken, die nach dem Drucken mit einer Zange oder einem Skalpell entfernt werden können.
- **Ablösewanne**
Bei Verwendung von Stützstrukturen kann automatisch eine Ablösewanne unter dem Objekt erzeugt werden. Diese erleichtert das Ablösen von der Bauplatzform. Am Rand der Ablösewanne wird zusätzlich der Dateiname der STL-Datei ausgedruckt.

2.3 Designrichtlinien für SLA Drucke

Die folgenden Konstruktionsrichtlinien helfen bei der Optimierung des Druckteils für den SLA-Druck und beschreiben die empfohlenen Mindestwerte. Obwohl es nicht verboten ist, diese Werte zu über- oder unterschreiten, wird empfohlen, dies nur dann zu tun, wenn ein konkreter Grund dafür vorliegt, und auch dann nur mit Vorsicht. Unter Umständen erfordert ein fehlgeschlagener Druck einen erhöhten Aufwand bei der nächsten Wartung.

- **Mindestdicke von gestützten Wänden:** 0,4 mm

Hinweis: Bei der Nachbehandlung von dünnen Wänden ist Vorsicht geboten, da diese Isopropanol aufnehmen und aufquellen können. Dies kann zu Verformungen führen, daher das Druckteil zum Waschen nur kurz eintauchen.

- **Mindestdicke nicht gestützter Wände:** 0,6 mm
- **Maximale Länge nicht gestützter Überhänge:** 1,0 mm
- **Mindestwinkel für nicht gestützte Überhänge:** 19° von der Ebene
- **Maximale horizontale Stützbrücke:** 21 mm
- **Minstdurchmesser von vertikalen Drähten:** 1,5 mm
- **Mindestwert für geprägte Details:** 0,1 mm
- **Mindestwert für eingravierte Details:** 0,4 mm
- **Mindestabstand zwischen mehreren Druckteilen:** 1 mm
- **Minstdurchmesser für Aussparungen:** 0,5 mm

- **Hohlkörper**

Abflussmöglichkeiten für das verbleibende Kunstharz vorsehen, da dieses im Inneren verbleibt. Aufgrund der Viskosität des Harzes sollten diese Öffnungen einen Durchmesser von mindestens 3,5 mm aufweisen.

3 3D-Modell mit dem Slicer umwandeln und ausdrucken

3.1 Vorbereitung

- Vor dem Druck ist es notwendig, die STL-Datei mit einem eindeutigen Namen zu versehen, zum Beispiel „Max_Mustermann_E-Mail_Dateiname“.
- Programm „LyceeSlicer“ öffnen und als Drucker den „Uniformation GKTwo“, auswählen.
- Mit Klick auf den Dialog „Datei“ und anschließend mit „Öffnen“ STL-Datei öffnen.
- Bei Bedarf kann man das Druckteil mit den Schaltflächen skalieren, drehen und verschieben.
- Notwendige Stützstrukturen automatisch erstellen lassen, bei Bedarf händisch anpassen. Hierzu die entsprechenden Menüpunkte oben mittig auswählen.
- Schichtdicke ist fix eingestellt auf 50 µm. Änderungen davon geschehen auf Absprache mit dem Maschinenverantwortlichen.

3.2 Drucken

- Zum Drucken des Objektes die orange Schaltfläche „Druckeinrichtung“ öffnen.
- **Hinweis:** Notiere dir bitte die nun angezeigte kalkulierte Menge an Harz, die für dein Druckteil benötigt wird. Diese ist notwendig, um deinen Druck bezahlen zu können.
- In diesem Dialog ist vor dem Senden der Name des Druckteils zu deklarieren. Hier bitte mindestens Name und E-Mail-Adresse angeben, am besten auch noch die Telefonnummer.
- Nach erfolgreichem Senden befindet sich das Druckteil nun auf dem Drucker selbst. Hierzu einfach den Anweisungen auf dem Bildschirm des *Form2* folgen bis der Druck gestartet ist.
- Wenn du nicht bis zum Ende deines Drucks da sein kannst, frage vorher einen Betreuer und hinterlasse einen Zettel mit deinem Namen und deinen Kontaktdaten.

4 Nachbereitung

Nach erfolgreichem Druck kann nun mit der Nachbearbeitung des Druckteils begonnen werden. Für diesen Zweck stehen nun zwei separate Gerätschaften zur Verfügung, nämlich der Form Wash und der Form Cure. Bei dem erstgenannten Gerät, dem Form Wash, handelt es sich um einen Isopropanol Behältnis mit eingebautem Rührfisch zur Reinigung der Druckteile von nicht verfestigten Herzurückständen. Der Form Cure hingegen ist eine optimierte UV-Aushärtekammer mit zusätzlicher Temperaturregelung.

Die Nachbearbeitung ab dem fertigstellen des Druckvorgangs ist dabei wie folgt.

Hinweis: Ab diesen Zeitpunkt muss die vorgeschriebene Schutzausrüstung (Handschuhe) getragen werden.

1. Die ganze Konstruktionsplattform im Drucker lösen.
 - Ein Hebel befindet sich dazu an der Oberseite der Konstruktionsplattform. Diesen nun lösen und die Quadratische Druckplattform zu sich ziehen und dabei herausnehmen.
 - Bitte dabei möglichst schonend mit der Kostruktionsplattform umgehen, denn es kann sein das sich Tropfen mit Harz darunter sammeln und den Arbeitsbereich verdrecken.
 - Die grüne Haube des Druckers wieder vorsichtig verschließen, sonst kann es zudem zu Verunreinigungen des Harzes im Tank kommen.
2. Die Druckplatte aus dem Drucker nehmen, den Druck von dieser Plattform entfernen und in den Form Wash einlegen.
3. Nun die Druckplatte reinigen und nach kurzer Trocknungszeit wieder in den Drucker auf die Haltevorrichtung einsetzen.
4. Form Wash nun starten und abwarten.
 - Die Standartzeit eines Waschdurchgangs beträgt 5 Minuten.
 - Zum Starten im Menü des Wash START mit dem Dreh-Drück-Taster auswählen und mit einem sanften Druck bestätigen.
5. Nach Abschluss des Waschdurchgangs fährt die Druckplattform eigenständig aus dem Wash heraus.
6. Im besten Falle das Druckerzeugnis noch etwas hängen lassen, damit sich das Isopropanol vom Druck verflüchtigen kann.
7. Ist der Druck vom Wash entnommen, kann im Menü des Wash die Haltevorrichtung wieder eingefahren werden. Hierzu Sleep auswählen und bestätigen. .
8. **Hinweis:** Bitte dabei möglichst schonend mit der Kostruktionsplattform umgehen, denn es kann sein das sich Tropfen mit Harz darunter sammeln und den Arbeitsbereich verdrecken.
9. Nachhärtung in dem Form Cure
 - Hierzu den Druck in den Cure einlegen.
 - Das Material mindestens 15 min aushärten lassen. Hierzu im Menü des Cure die Parameter einstellen und bestätigen.
10. Entfernen der Stützstrukturen

5 Bezahlen und Abschließen

Nach der Nachbearbeitung des Druckteils ist die Arbeitsfläche aufzuräumen und dem Nächsten den Platz frei zu machen, und, sofern noch nicht geschehen, das verbrauchte Harzvolumen am Drucker abzulesen und zu notieren.

Abgerechnet wird das Druckteil am Kassenterminal, hierzu ist das abgelesene Volumen Harz in *ml* zu kennen, und am Kassenterminal auf ganze *ml* aufgerundet zu bezahlen.

6 Pflege & Wartung — Nur von Betreuer durchzuführen

6.1 Überprüfung des Verschmutzungsgrades des Isopropanols im FormWash

Da beim Waschen im FormWash nicht auspolymerisiertes Harz in das Isopropanol übergeht bzw. darin gelöst wird, ist Dieses nach einer gewissen Zeit verschmutzt und muss ausgetauscht werden. Da Isopropanol eine geringere molare Masse als das Harz hat, steigt mit zunehmender Harzkonzentration im Isopropanol die Dichte des Gemisches. Der Verschmutzungsgrad kann daher über eine simple Dichtemessung bestimmt werden.

Das eingesetzte Verfahren wird als Aräometrie bezeichnet und verwendet eine Tauchspindel mit einem definierten Gewicht und Volumen. Entsprechend dem archimedischen Prinzip verdrängt die Spindel jeweils ihr Eigengewicht, so dass sie in dichteren Flüssigkeiten weniger tief eintaucht. Die Eintauchtiefe ist daher linear proportional zur Dichte der Flüssigkeit die gemessen wird.

Die Tauchspindel des FormWash befindet sich hinten rechts am FormWash hinter einer Klappe. An der Spindel sind auf dem Schwimmer kurze und lange "Flügel" nach oben. Nachdem frisches Isopropanol in den FormWash gegeben wurde, wird der rote Gummiring an der Spindel so eingestellt und positioniert, dass er auf der Höhe der kurzen "Flügel", also an der Oberkante des Körpers des Schwimmers ist. Damit ist der Nullpunkt festgelegt. Mit zunehmender Verschmutzung und damit Dichte schwimmt die Spindel mit dem roten Gummiring bei jeder Messung etwas höher. Sobald er bei einer Messung auf der Höhe der beiden längeren (oberen) Flügel schwimmt, ist das Isopropanol verbraucht und muss baldmöglichst ausgetauscht werden.

6.2 Wechseln des Harzes

Der SLA-Drucker ist von uns dafür gedacht, dass das Harz gewechselt werden kann. Dies ist jedoch nur von einem eingewiesenen Betreuer durchzuführen.

Hierzu muss sichergestellt werden, dass die Druckplattform gereinigt und frei von Kontaminationen ist. Auch soll darauf geachtet werden, dass keine Rückstände von Isopropanol auf der Druckplattform zu finden sind. Anschließend kann der gesamte Harztank gelöst werden, dies indem man links und rechts am Tank greift und, wie zuvor, mit einem Sanften Zug zum Benutzer hin den Tank löst.

6.3 nFEP Folie

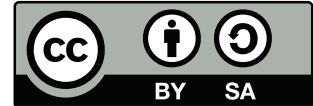
Zur Reinigung des der nFEP Folie unter dem Harztanks bei Verschmutzung durch Schlieren oder Fingerabdrücken.

7 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 SLA-Drucker, <https://github.com/fau-fablab/sla-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 SLA-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/sla-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/sla-drucker-einweisung@4286329](https://github.com/fau-fablab/sla-drucker-einweisung).