

E3D+VET

ERASMUS+
3D PRINTING
VET CENTRES



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

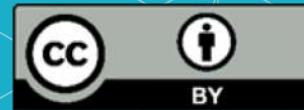
O4-A1 – Schulungsunterlagen für die Workshops

Anleitung für die Nachbearbeitung und die Entnahme
von 3D-gedruckten Teilen

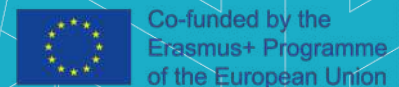
Erasmus+ für den Einstieg in den 3D-Druck an Berufsbildungszentren

Project Agreement Number:
2017-1-DE02-KA202-004159

This work is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 International License

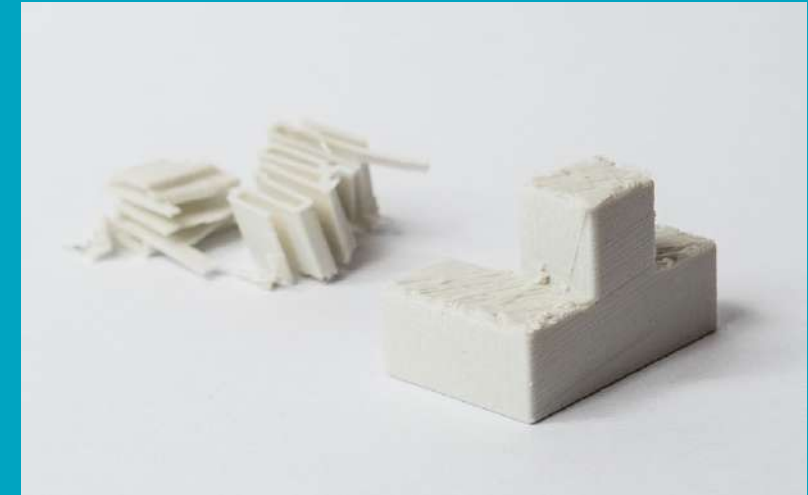


"Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung der Inhalte dar, die nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden."



Einleitung – Nachbearbeitung

- Die Nachbearbeitung umfasst alle Aktionen, die durchgeführt werden, nachdem der 3D-Druck abgeschlossen und das Teil aus dem Drucker entfernt wurde.
- Die Nachbearbeitung ist ein nicht werthaltiger Vorgang, der den Aufwand erhöht und Grenzen setzt. Es verkompliziert den 3D-Druck-Workflow, verursacht zusätzliche Kosten und verlängert die Lieferzeit.
- Für die 3D-Drucklabore ist dies nicht erwünscht. Es begrenzt die Häufigkeit der Nutzung des 3D-Drucks, die sinnvollen Anwendungen und die Märkte, die bedient werden.

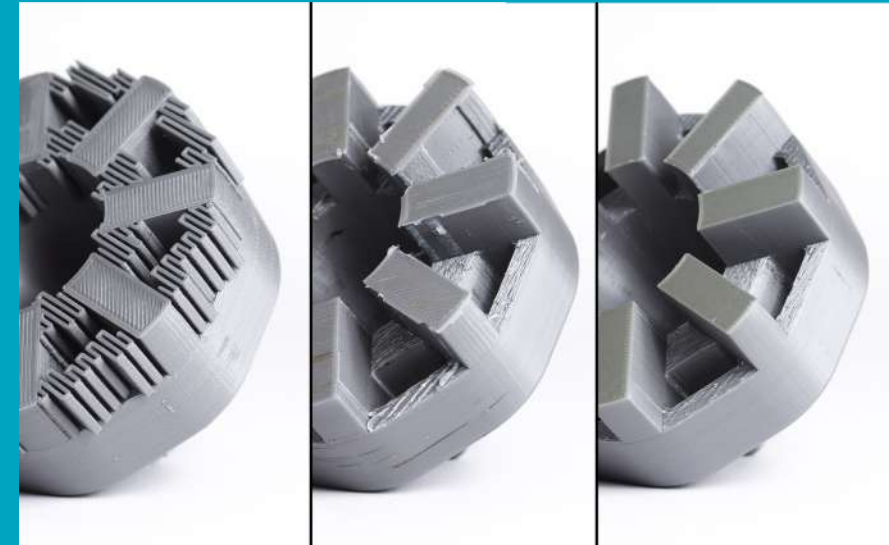


Figur 1: Unterstützt FDM-Druck, der eine zusätzliche Nachbearbeitung erfordert.. [1]

Es gibt zwei Schritte in der Nachbearbeitung:

- **Erster Schritt der Nachbearbeitung:** Es enthält die obligatorischen Schritte, die an allen Teilen durchgeführt werden müssen, damit sie für den jeden Einsatz geeignet sind.
- **Zweiter Schritt Nachbearbeitung:** Enthält optionale Teilveredelung, die die Ästhetik oder Funktion des Teils verbessert. Meistens beinhaltet der sekundäre Postprozess das Schleifen, Füllen, Grundieren und Lackieren. Es kann aber auch z.B. die Bearbeitung oder das Beschichten beinhalten.

Nachbearbeitungen können automatisiert, halbautomatisiert oder manuell erfolgen, und sie können entweder serielle oder Stapelverarbeitungen sein.



Figur 2: Ein mit 3D gedrucktes Teil während des Nachbearbeitungsprozesses. [2]

Fused Deposition Modelling (FDM)

Reinheitsgrad

Der FDM-Prozess hat den Vorteil, dass er nicht gereinigt werden muss. Fertigteile ohne Stützmaterial sind nach Abschluss des Druckprozesses einsatzbereit oder können weiterverarbeitet werden.

Stützen an FDM-Teilen müssen je nach Trägermaterial manuell abgerissen oder in Wasser gelöst werden. FDM-Maschinen können mit dickeren Schichten drucken und eine geringere Füllung für die Stützen verwenden, was zu schnellen 3D-Drucken und einfacher zu entfernenden Stützen führt.

Dies ist ideal für Anwendungen wie Rapid Prototyping. Die Anwender können das gedruckte Bauteil schnell bewerten und zu einem anderen Druck oder Projekt übergehen.

Minimieren der Stützstrukturen

- Der erste Schritt im Umgang mit Stützmaterial kommt tatsächlich, bevor Sie mit dem Drucken beginnen.
- Der Entwurfsprozess sollte versuchen, den Bedarf an Stützmaterial zu minimieren. Anschließend sollte in der Software zur Erstellung des G-Codes die Ausrichtung gewählt werden, die weniger Stützstrukturen benötigt.
- Ziel ist es, die Stützstrukturen und damit den Arbeits- und Zeitaufwand für die Nachbearbeitung zu minimieren.

Beurteilen Sie Ihr Material

- Unterschiedliche Verarbeitungsmethoden benötigen einen anderen Zeitaufwand und erfordern je nach Material und Technologie verschiedene Verfahren.

Prozess: Entfernung des Stützmaterials

Das allgemeine FDM-Nachbearbeitungsverfahren für gleiche Materialträger umfasst:

- Entfernen der Stützstruktur (manuell, seriell)
- Leichtes Schleifen zum Entfernen von Stützstrukturresten (manuell, seriell)

Bei der Verwendung von löslichem Trägermaterial beinhaltet die Nachbearbeitung Folgendes:

- Grobe Entfernung der Stütze (manuell, seriell)
- Einweichen, um die Träger zu lösen (automatisiert, im Stapel).
- Auswahl/Ausschneiden von ungelösten Resten (manuell, seriell)
- Spülen und trocknen (manuell, seriell)



Figur 3: Beispiel für die manuelle Entfernung des Stützmaterials.. [1]

Nachbearbeitung ABS

Obwohl die FDM-Technologie gebrauchsfertige Teile liefert, kann die Oberflächenqualität der Drucke weiter verbessert werden.

Für ABS ist die einfachste und effektivste Art, die Oberfläche des Teils zu glätten, die Verwendung eines Aceton-Dampfes.



Figur 4: ABS Reinigung mit Aceton-Dampf . [3]

Was Sie benötigen:

1. Papiertücher
2. Aceton
3. Alufolie
4. Verschließbarer Behälter

Um Ihr gedrucktes Objekt zu glätten:

- Entfernen Sie überschüssiges Material von Ihrem Objekt.
- Legen Sie Papiertücher außen um den Kunststoffbehälter.
- Streuen Sie an einem gut belüfteten Ort eine kleine Menge Aceton in den Behälter und bedecken Sie den Boden Ihres Behälters mit Alufolie.
- Legen Sie Ihren 3D-Druck in den Behälter und lassen Sie ihn mehrere Stunden ruhen - bis der Druck nach Ihrem Geschmack geglättet ist.
- Entfernen Sie das Objekt und lassen Sie ihn einige Minuten ruhen, damit das Aceton verdunsten kann.
- Ihr Objekt ist geglättet und kann gezeigt werden!



Figur 5: Beispiel für ein mit Aceton-Dampf geglättetes Bauteil

Nachbearbeitung PLA

Für das Material PLA ist die Alternative zur Glättung mittels Aceton-Dampf das Handpolieren mit Tetrahydrofuran (THF), da Aceton PLA nicht löst.



Figur 6: PLA-Poliermaterialien. [3]

Was Sie benötigen:

1. latexfreie Handschuhe
2. Ein fusselfreies, nicht gefärbtes Poliertuch
3. Tetrahydrofuran (THF).

Um Ihr gedrucktes Objekt zu glätten/polieren:

- Entfernen Sie überschüssiges Material von dem Objekt.
- Ziehen Sie Ihre latexfreien Handschuhe an und nehmen Sie Ihre Poliertuch.
- An einem gut belüfteten Ort tauchen Sie das Tuch in Ihr THF und polieren Sie Ihr Objekt wie einen Schuh – kreisförmige Bewegungen funktionieren hier gut.
- Lassen Sie Ihren poliertes Objekt trocknen damit überschüssiges THF verdunsten kann. Achten Sie darauf weiterhin an einem gut belüfteten Ort zu sein.

Selective Laser Sintering (SLS)

- SLS verschmilzt pulverförmiges Material mit einem Laser und erreicht so Teile mit hoher Genauigkeit und guter Festigkeit.
- SLS benötigt keine Stützen.
- Gedruckte Teile haben eine pulverförmige, körnige Oberfläche. Die Nachbearbeitung von SLS-Teilen ist standardisiert.
- Außerdem werden SLS-Teile routinemäßig mit Beschichtungen versehen, um die Qualität zu verbessern.



Figur 7: Mit SLS gebaute Luftkanäle, die konstruktiv kritische Innenmerkmale aufweisen, die mit herkömmlichen Materialien nicht einfach zu realisieren wären.. [4]

Standard Ausführung

Aufgrund des pulverbasierten Schmelz-verfahrens ist die SLS-Standardoberfläche von Natur aus rau, ähnlich einem mittelkörnigen Schleifpapier.

Ein Vorteil ist, dass sich diese Oberfläche sehr gut zum Streichen oder Lackieren eignet.

- Standard-Oberfläche: ★ ★ ☆ ☆ ☆
- Toleranz: ★ ★ ★ ★ ★
- Geschwindigkeit: ★ ★ ★ ★ ★

Pro	Kontra
Alle SLS-Teile werden mit dieser Standardoberfläche geliefert (sofern nicht anders angegeben).	Matte, körnige Oberfläche
Gute Genauigkeit, da die Geometrie nicht verändert wird.	Begrenzte Farboptionen basierend auf der Pulverfarbe (typisch weiß)
geringe Kosten	

Materialbecher mit Keramikspänen (polieren durch Vibration)

Für eine glattere Oberflächenstruktur können Nylon SLS-Teile in Medienbechern oder Vibrationsmaschinen poliert werden.

Im Inneren des Bechers wird das Teil mit kleinen Keramikspänen durchmischt, die gegen das Objekt vibrieren und die Oberfläche glatt polieren.

Dieses Verfahren hat einen geringen Einfluss auf die Abmessungen der Teile und führt zur Verrundung scharfer Kanten..

- Oberfläche: ★ ★ ★ ★ ☆
- Toleranz: ★ ★ ★ ☆ ☆
- Geschwindigkeit: ★ ★ ★ ☆ ☆

Pro	Kontra
hervorragende glatte Oberfläche	nicht geeignet für filigrane Merkmale
mehrere Teile können gleichzeitig gefertigt werden.	scharfe Kanten werden abgerundet, die Geometrie des kann negativ beeinflusst werden



Figur 8: SLS-Bauteil wird im Behälter durch Vibration poliert.. [4]

Färben

Das Färben ist die schnellste und kosten-günstigste Methode, um SLS-Drucke einzufärben.

Die Porosität der SLS-Teile macht sie ideal zum Färben. Das Werkstück wird in ein heißes Farbbad mit einer beliebigen Farbnuance getaucht. Die vollständige Abdeckung der gesamten Innen- und Außenfläche muss gewährleistet sein. Der Farbstoff dringt bis zu einer Tiefe von 0,5 mm ein. Ein größerer Verschleiß der Oberfläche würde die ursprüngliche Pulverfarbe frei legen.

- Oberfläche: ★ ★ ★ ☆ ☆
- Toleranz: ★ ★ ★ ★ ★
- Geschwindigkeit: ★ ★ ★ ★ ☆

Pro	Kontra
Eine große Auswahl an Farben steht zur Verfügung	Die Eindringtiefe beträgt nur 0,5 mm.
Beeinflusst nicht die Abmessungen der Einzelteile.	Führt nicht zu einem glänzenden Erscheinungsbild.
Mehrere Teile können gleichzeitig gefärbt werden.	
Kostengünstig im Vergleich zu anderen Färbeverfahren	
Gut für anspruchsvolle Bauteilgeometrien geeignet	

Stereolithographie (SLA)

SLA 3D-Drucker erzeugen chemische Bindungen, indem sie Photopolymere über Schichten aus Harz miteinander verbinden, was zu völlig dichten Teilen führt, die wasser- und luftdicht sind.

Der SLA-Druck gilt als der Goldstandard für glatte Oberflächen, mit einem Erscheinungsbild, das mit traditionellen Fertigungsmethoden wie Bearbeitung, Spritzguss und Extrusion vergleichbar ist, sodass die Nachbearbeitung im Allgemeinen nur das Aushärten und Entfernen der Unterstützung beinhaltet.



Figur 9: FDM (links) vs. SLA (rechts). [1]

Reinigung und Aushärtung

Nach Abschluss des Druckprozesses müssen die bedruckten Teile mit Isopropylalkohol (IPA) gespült werden, um ungehärtetes Harz von ihrer Oberfläche zu entfernen. Nach dem Trocknen der gespülten Teile müssen einige Materialien nachbehandelt werden, ein Prozess, der den Teilen hilft, ihre höchstmögliche Festigkeit und Stabilität zu erreichen.

Entfernen des Stützmaterials

Nach dem Trocknen und Aushärten können die Stützen leicht entfernt werden. Die verbleibenden Stützmarken sollten für eine saubere Oberfläche abgeschliffen werden.

Obwohl die Standardoberfläche mit SLA im Allgemeinen gut genug ist, können die Teile für spezifische Anwendungen durch Bearbeitung, Grundierung und Lackierung leicht nachbearbeitet werden.



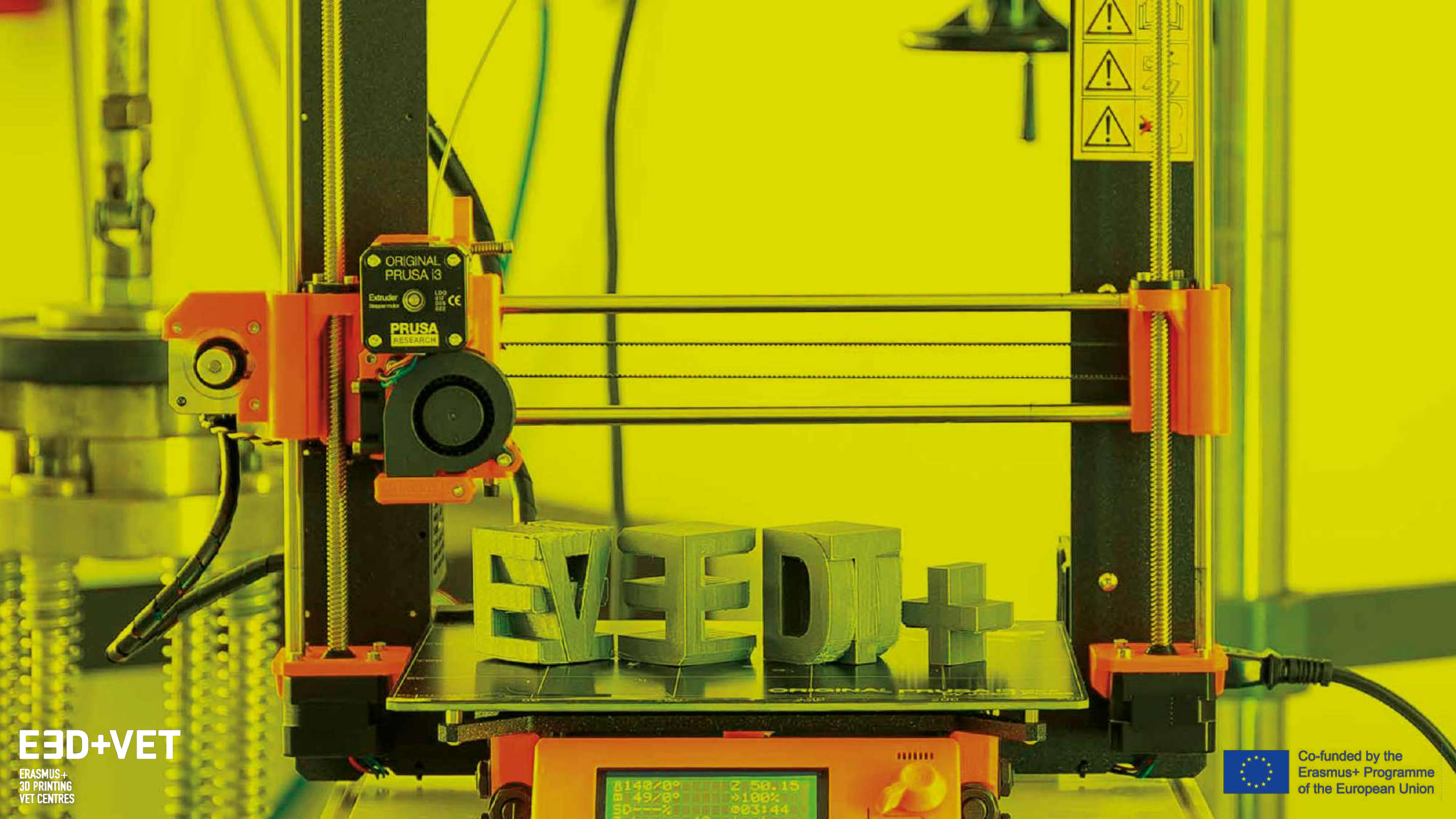
*Figur 9: Nachbehandelte Teile unter UV-Licht.
[5]*



*Figur 10: Entfernen von Stützen mit einem
Saitenschneider. [5]*

Quellenverzeichnis

- [1] Formlabs White Paper FDM vs. SLA. 2019. Quelle: <https://3d.formlabs.com/rs/060-UIG-504/images/FDM%20vs%20SLA.pdf>
- [2] Courtney Armstron (3D HUBS). Post processing for FDM printed parts. 2017. Quelle: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/post-processing-fdm-printed-parts>
- [3] Post Processing PLA and ABS Prints. 2017. Quelle: <https://pinshape.com/blog/post-processing-your-pla-and-abs-prints/>
- [4] Stratasys Direct Manufacturing, 3D Printing Materials: Choosing the right material for your application, 2015.
- [5] Post processing for SLA printed parts. 2017. Quelle: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/post-processing-sla-printed-parts>



E3D+VET

ERASMUS+
3D PRINTING
VET CENTRES



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union