

MultiMedia-Forum 2025

Einstieg in den 3D-Druck /
„Wieso wir an der UB Freiberg mit einem
3D-Drucker arbeiten“



Tobias Bräuer – Universitätsbibliothek „Georgius Agricola“ Freiberg

URARMUR

Inhaltsübersicht

Kurze Vorstellung Sprecher & Institution (UB Freiberg)

Crashkurs 3D-Druck

- Was ist 3D-Druck überhaupt?

Versuch einer fachlichen Einordnung

- Welche Geräte gibt es?
- Wie sieht ein 3D-Druck-Setup heutzutage aus?

Anwendungen aus dem Arbeitsalltag

- Beispiel 1: Drucken eines 3D-Modells aus dem Web
- Beispiel 2: 3D-Druckpipeline/Rapid Prototyping
- Was kann alles schief gehen?
- Was kostet der Spaß?

Und wer spricht?

Aktuelle Arbeitsschwerpunkte:

- Administration der Mixed Reality-Lernorte an der UB Freiberg
 - Mixed Reality Space (zur Begehung virtueller Welten)
 - ScienceLab (mit 3D-Drucker und leistungsstarken Workstations)
- Betreuung von Einführungsseminaren zu den Themen VR und **3D-Druck**

Weitere Interessensschwerpunkte:

- Virtuelle & Augmentierte Realität (VR & AR) mit Hinblick auf Anwendungen in Forschung und Lehre
 - Anwendung und Programmierung von KI-Tools (neuronale Netze in TensorFlow u.a.)
 - Nutzung von Informatik & Robotik im Bibliotheksumfeld
- *Fahrbarer Roboter zum Auffinden fehlgeingestellter Bücher*

Kontakt:

mixedreality@ub.tu-freiberg.de oder
tobias.braeuer@ub.tu-freiberg.de



Über die Universitätsbibliothek Freiberg

Neubau im Oktober 2023 eingeweiht

- Lernort für Studierende
- Unterstützung der Recherche (für Qualifikations- und Abschlussarbeiten)
- ...

Aber: Wissenschaftliche Bibliotheken sind längst nicht nur reine „Horte des Wissens“

- Neue UB = Zentral gelegener Begegnungsraum am Campus
- Möglichkeiten zum
 - erlebten Lernen und Ausprobieren innovativer Technologien (VR, 3D-Druck)



Bildquelle: <https://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/1069871>

Impressionen Mixed Reality-Space und ScienceLab



ScienceLab



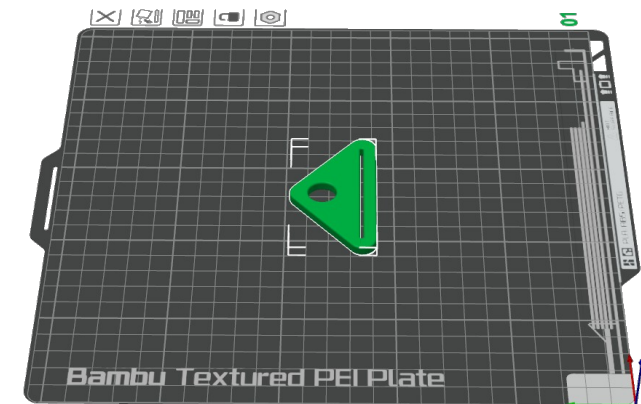
Mixed Reality-Space

CRASHKURS 3D-DRUCK



Sogenannter „Spaghetti error“

Bildquelle: <https://www.obico.io/blog/3d-printer-failure-detection/>



HABEN SIE SCHON KONTAKT MIT 3D-DRUCK GEHABT?

Versuch einer fachlichen Einordnung

3D-Druck gehört zur „Additiven Fertigung“

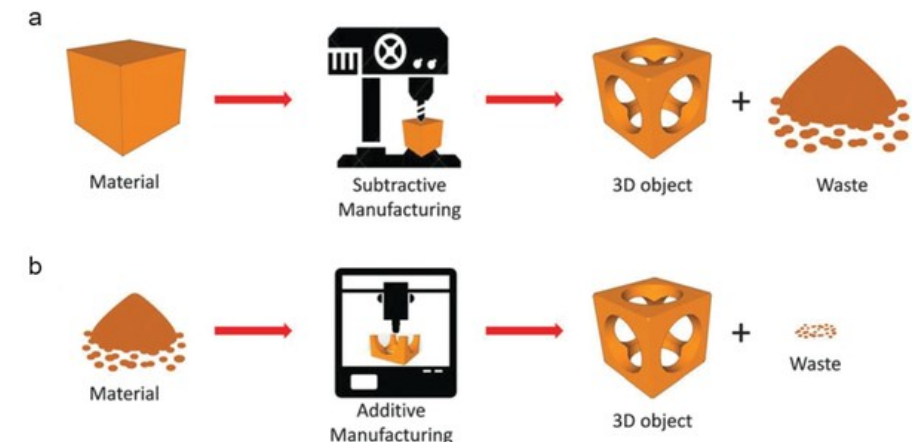
- = eines von vielen verschiedenen Fertigungsverfahren
- Teil der Ingenieursdisziplinen Konstruktion und Fertigung
- Steht im Gegensatz zur „Subtraktiven Fertigung“
 - **Zerspanen**: Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen (siehe u.a. DIN 8589)
 - Pendant zum 3D-Drucker in der Zerspanungswelt: CNC-Maschine bzw. CNC-Fräse →

Begriffe im Einzelnen:

- *Subtraktiv (a)* := Material wird während des Fertigungsprozesses vom Werkstück entfernt (zerspant)
 - Residuen werden Späne genannt
- *Additiv (b)* := Material wird während des Fertigungsprozesses auf Objekt hinzugefügt
 - 3D-Druck = Auftragen von Material zu einem Modell



Bildquelle: <https://www.cnc-step.de/3d-fraesen/>



Bildquelle:

<https://www.researchgate.net/publication/344612401>
Additive Manufacturing of Piezoelectric Materials

Versuch einer fachlichen Einordnung

Informatik-nahe Konzepte im 3D-Druck

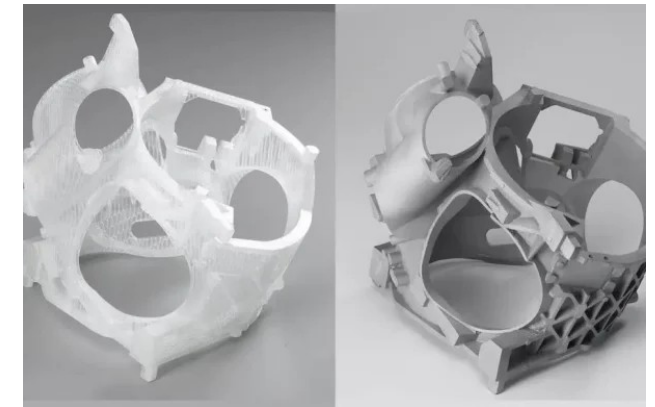
CNC

- *Computerised Numerical Control*, zu Deutsch „*rechnergestützte numerische Steuerung*“
- sogenannter **G-Code** dient als Anweisung für den Werkzeugkopf der Fräse bzw. den Druckkopf des 3D-Druckers →
 - ähnlich wie Assembler-Code
 - wird von oben nach unten schrittweise ausgeführt

[Rapid] Prototyping

- schnelles Modelldesign sowie direkte Fertigung von Bauteilen/Modellen/Werkzeugen ...
- 3D-Druck ermöglicht kostengünstige Umsetzung eines Prototypen
- Analog zum Rapid Prototyping in der Softwareentwicklung
 - Mock-Ups, Frühzeitiges Feedback, ...
- Ermöglichung von MVPs (Minimum Viable Products, zu Deutsch „minimal brauchbares/existenzfähiges Produkt“)

```
1196 G1 E-.04 F1800
1197 M204 S6000
1198 G1 X100.853 Y84.404 Z.6 F30000
1199 G1 X100.781 Y80.306 Z.6
1200 G1 Z.2
1201 G1 E.8 F1800
1202 ; FEATURE: Bottom surface
1203 ; LINE_WIDTH: 0.5059
1204 G1 F6300
1205 M204 S500
```



Bildquelle: <https://www.rapiddirect.com/de/blog/3d-prototyping/>



Illustration des MVP-Zyklus

Was gibt es denn überhaupt für 3D-Drucker?

3D-Drucker aus Industrie und Forschung

- Neben Plastik können auch Glas, Keramik, Metall gedruckt werden
- Zahllose Verfahren:
 - FDM/FFF, BJT, SLS, ...

Relative Größe:

- Großer Kühlschrank bis hin zu raumfüllenden Geräten
- oft mit Peripherien (Roboterarmen) oder speziellen Fräsmaschinen kombiniert

3D-Drucker im Klein- und Hobbygebrauch

- meistens FDM- bzw. FFF-Drucker
 - *FFF := Fused filament fabrication*
 - *FDM := Fused Deposition Modeling*
(markenrechtlich geschützter Begriff, Firma Stratasys) x

Relative Größe:

- „wie ein kleiner Getränkekühlschrank“
 - Beispiel: BambuLab X1 Carbon
 - *h x b x t: 45,7 cm x 38,9 cm x 38,9 cm*

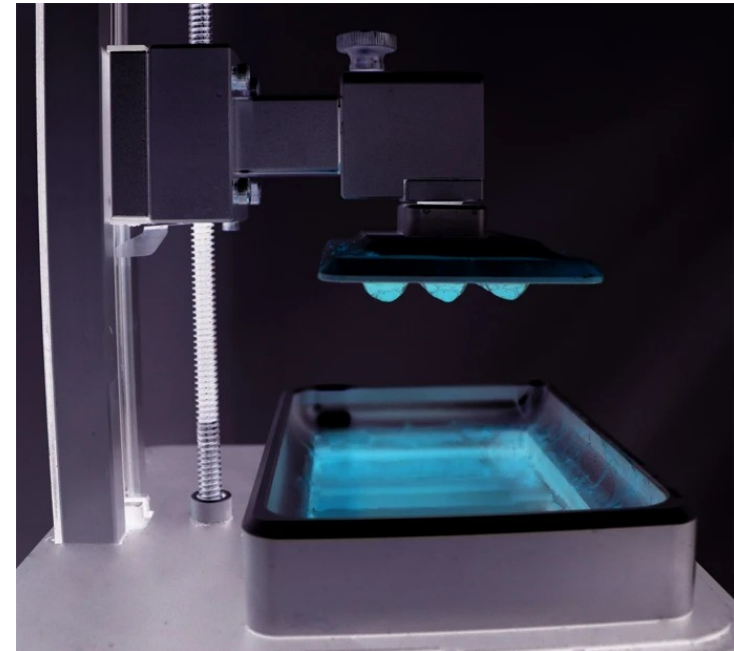
3D-Drucker aus Industrie und Forschung (Auswahl)



Metall-3D-Drucker

Bildquelle:

<https://additive.industrie.de/news/metall-3d-druck-fronius-gesamte-schweissexpertise-steckt-in-neuer-waam-anlage/>



Glas-3D-Drucker

Bildquelle:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12200-020-1009-z>

Werden nicht weiter vertieft

3D-Drucker im Klein- und Hobbygebrauch



BambuLab X1 Carbon mit AMS

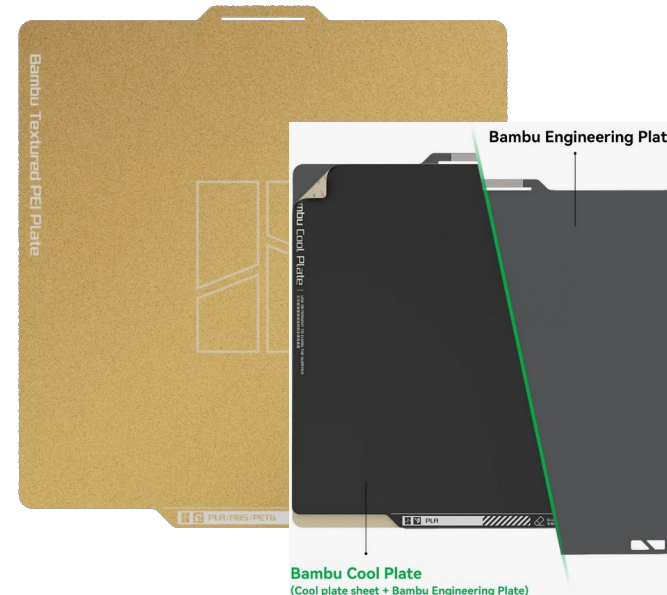
Ein klassisches 3D-Druck-Setup

Geräte und Werkzeuge:

- 3D-Drucker (das Gerät an sich)
- AMS (Automatisches Materialsystem)
- Druckplatten (Plates)
 - strukturiert/glatt; Achtung: Materialeignung!
- Schaber
- (Laptop/PC, WLAN/LAN, microSD-Karte, Adapter...)

Verbrauchsmaterial:

- Filament (das eigentliche Druckmaterial)
 - Farben, Materialeigenschaften, u.a. *fest/biegsam, durchsichtig/opak*
- Leim/Sprühkleber
 - insb. für glatte Druckplatten
- Silicagel
 - zum Trockenhalten von Filament/des AMS
- (Spülmittel, Reinigungsalkohol, Schmiermittel, ...)



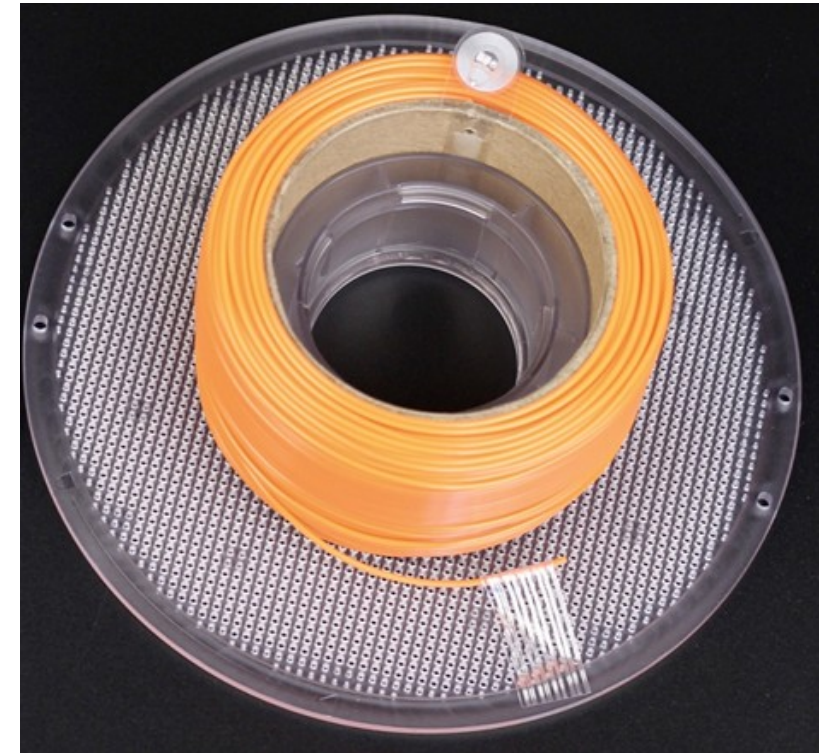
Ein klassisches 3D-Druck-Setup

Geräte und Werkzeuge:

- 3D-Drucker (das Gerät an sich)
- AMS (Automatisches Materialsystem)
- Druckplatten (Plates)
 - strukturiert/glatt; Achtung: Materialeignung!
- Schaber
- (Laptop/PC, WLAN/LAN, microSD-Karte, Adapter...)

Verbrauchsmaterial:

- Filament (das eigentliche Druckmaterial)
 - Farben, Materialeigenschaften, u.a. *fest/biegsam, durchsichtig/opak*
- Leim/Sprühkleber
 - insb. für glatte Druckplatten
- Silicagel
 - zum Trockenhalten von Filament/des AMS
- (Spülmittel, Reinigungsalkohol, Schmiermittel, ...)



WIE KOMMEN WIR VOM 3D-MODELL ZUM GEDRUCKTEN OBJEKT?

Nützliche Web-Quellen

= Download bereits fertiger Modelldateien
(*"3d print ready"*)

Kostenlose Downloads

- <https://www.thingiverse.com/>
- <https://makerworld.com/>
- <https://www.printables.com/>

Kostenlose und Bezahl-Modelle

- <https://cults3d.com/>

Suchmaschine für 3D-Druck-Modelle

- <https://www.yeggi.com/>

= Download beliebiger 3D-Modelle (kostenlose und Bezahl-Modelle)

Diese Modelle erfordern i.A. Nacharbeiten im Steuerungsprogramm (Slicer) – z.B. Skalierungen - oder in einem 3D-Modellierungsprogramm (Blender, TinkerCAD, SolidWorks, ...)

- <https://sketchfab.com/>
- <https://free3d.com/>
- <https://www.3dcontentcentral.com/>

uvm.

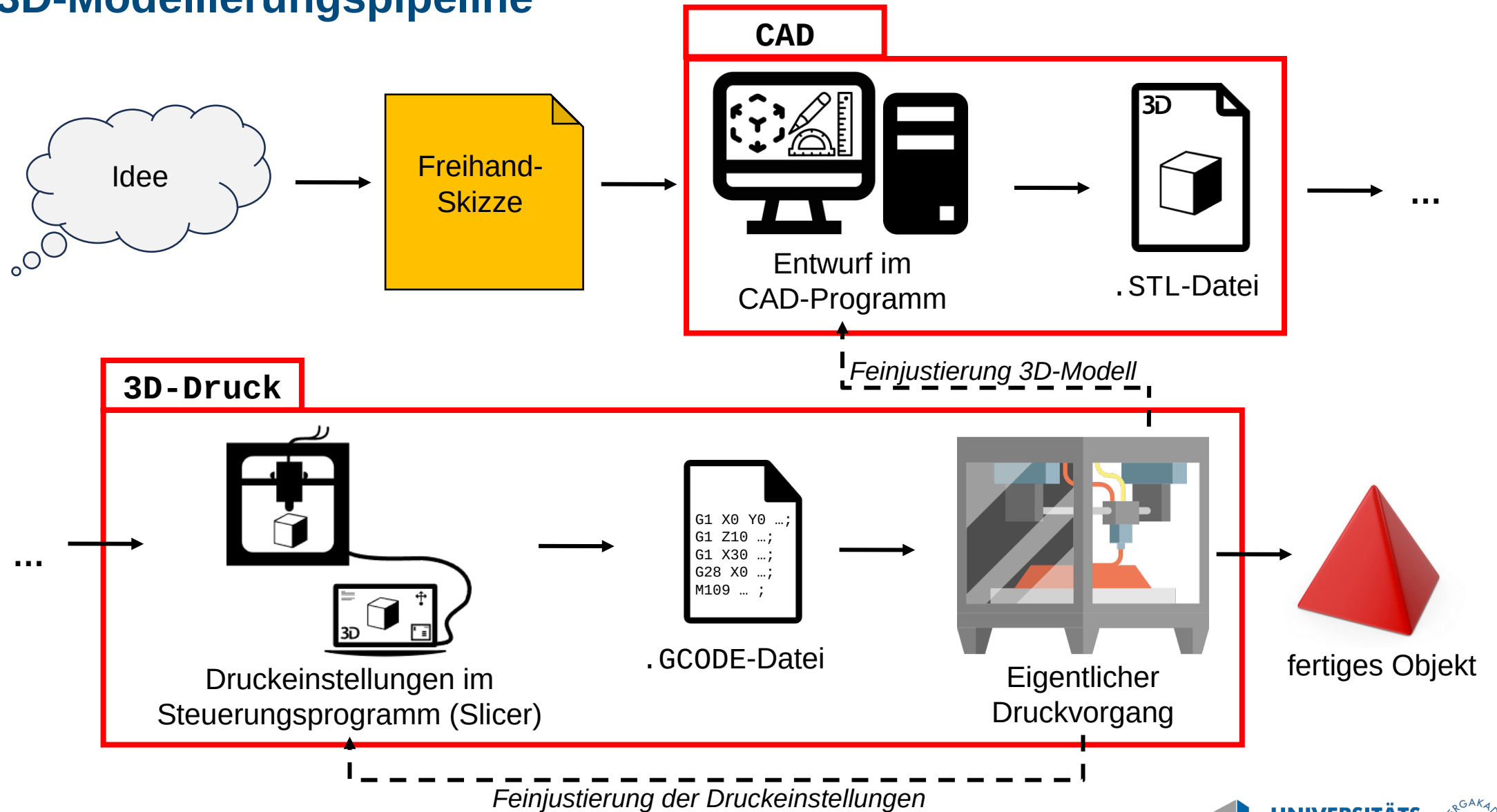
Beispieldruck: Nützliche Tools aus dem Web

<https://makerworld.com/de/models/109474-medtronic-guarden-sensor-assisant>

[Video01_Web.mp4]

UND WAS IST, WENN ICH NICHTS IM NETZ FINDE?

Die 3D-Modellierungspipeline



„Angewandtes“ Rapid Prototyping – Versuch No. 1

Anforderung: Ein Arbeitskollege fragt nach einem Hilfsmittel, um Netzkabel über hohe Schränke zu verlegen, ohne ständig eine Leiter organisieren zu müssen

Idee: Nutzung eines 3D-gedruckten Aufsatzes für Zollstöcke

Erster Entwurf: Quader mit Aussparung sowie zwei kleine Zylinder = „Stimmgabelform“

[Video02_Prototyp01.mp4]

Umsetzung des ersten Prototyps: Nutzung der CAD-Software „TinkerCAD“, Export des Modells im .STL-Format, Vorbereitung des Drucks in der 3D-Druck-Steuerungssoftware Bambu Studio

Online-Tool TinkerCAD: <https://www.tinkercad.com/>

„Angewandtes“ Rapid Prototyping – Versuch No. 2

Test + Revision: Die Enden des Aufsatzes waren für typische Netzkabel (entgegen der ersten Schätzung) zu kurz, außerdem steckte dieser noch nicht fest genug auf dem Ende des Zollstocks

Zweiter Entwurf + Umsetzung: Anpassung des 3D-Modells - Verlängerung der Gabelenden, Verengung der Aussparung

[Video02_Prototyp02.mp4]

Erneuter Druck --> fertiges Objekt

Was kann alles schief gehen? – Am Modell

Viel, aber

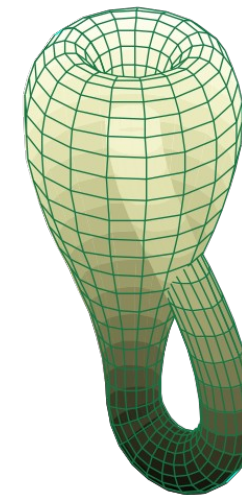
- i.A. lernt man aus den gemachten Fehlern (Learning by Doing)

Fehlerquellen 3D-Druck

- „Spaghetti“-Fehler -->
 - Druckkopf verliert Orientierung, druckt in der Luft = es entsteht „Spaghetti“
- Laden fehlerhafter Konfigurationen
 - Z.B.: Auswahl des falschen Druckmodells
- Zu grober Druck, falsches Material, falsche Temperaturen ...

Fehlerquellen CAD-Modellierung

- „Nichtmannigfaltigkeiten“, Bsp.: Klein'sche Flasche -->
- Schwebende Regionen = Abstützen oder anders modellieren



Was kann alles schief gehen? – Am 3D-Drucker

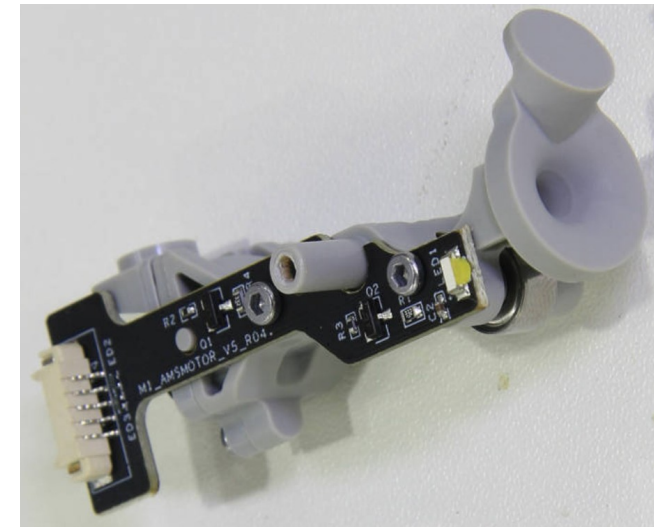
Wartungsarbeiten am Drucker

- Austausch von Verschleißteilen
 - z.B.: Einzugstrichter am AMS -->
- Lösen von steckengebliebenem Filament
 - im Druckkopf
 - in den PTFE-Schläuchen
- Ersatzteile sind relativ günstig im Preis

Community, Support, Wikis

<https://wiki.bambulab.com/en/x1> & <https://forum.bambulab.com/>

- Lebendiges (d.h. aktuell gehaltenes) Wiki
- Verständliche Step-by-step-Guides für Reparatur und Wartung
- Andere 3D-Drucker-Anbieter (Prusa, Creality, Anycubic) bieten dies ebenso an!



Und was kostet der Spaß?

Drucker an sich:

- BambuLab X1 Carbon mit AMS: 1049,00 €
(Angebot Ende August 2025)

Annahmen:

- Keine Zusatzkosten für CAD-Software oder zusätzliche 3D-Druck-Software/-Hardware
- Volle Auslastung des 3D-Drucker-Netzteils (108 W)
 - *Wird i.A. nicht dauerhaft erreicht*
- Gesamte (geschätzte) Dauer des Drucks wird berücksichtigt
 - inklusive Aufheizzeiten
 - Druckdüse wird bis zu 250 °C heiß
- Stromkosten: 0,44 € pro kWh (Freiberg)
- Materialkosten: 22,99 € pro 1kg PLA-Filament

Bsp.: "45 x UB-Einkaufschip"	Einheit
Materialverbrauch	35,43 g
Druckdauer	134 min
verbrauchte Energie	241,2 Wh
Materialkosten (relativ)	0,8145357 €
Energiekosten (relativ)	0,106128 €
Gesamtkosten (relativ)	0,9206637 €

Bsp.: "DFN-Aufsteller"	Einheit
Materialverbrauch	4 g
Druckdauer	20 min
verbrauchte Energie	36 Wh
Materialkosten (Einzeldruck)	0,09196 €
Energiekosten (Einzeldruck)	0,01584 €
Gesamtkosten (Einzeldruck)	0,1078 €

Berechnungsgrundlage basierend auf https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-41838-0_40

Zusammenfassend

3D-Druck ...

- hat viele Gesichter (industriell vs. Kleinverbrauch, Kunststoff vs. Metall/Glas/Keramik)
- ist vielseitig anwendbar
- hat eine verhältnismäßig niedrige Einstiegsschwelle
 - im Vergleich zu anderen Fertigungsverfahren (Fräsen, Drehen, ...)
 - ist auch ohne Ingenieurausbildung (be-)greifbar [meiner Meinung nach]
- schnelle Prototypen können tatsächlich in kurzer Zeit ermöglicht werden

ABER

3D-Druck ...

- ist keine „eierlegende Wollmilchsau“
 - geometrische/strukturelle/materielle Grenzen
- macht nicht automatisch „alles besser“ als andere Verfahren
 - *„Wer als Werkzeug nur einen Hammer hat, sieht in jedem Problem einen Nagel.“*

Fragen aus der Runde

Kontakt:
mixedreality@ub.tu-freiberg.de oder
tobias.braeuer@ub.tu-freiberg.de

