

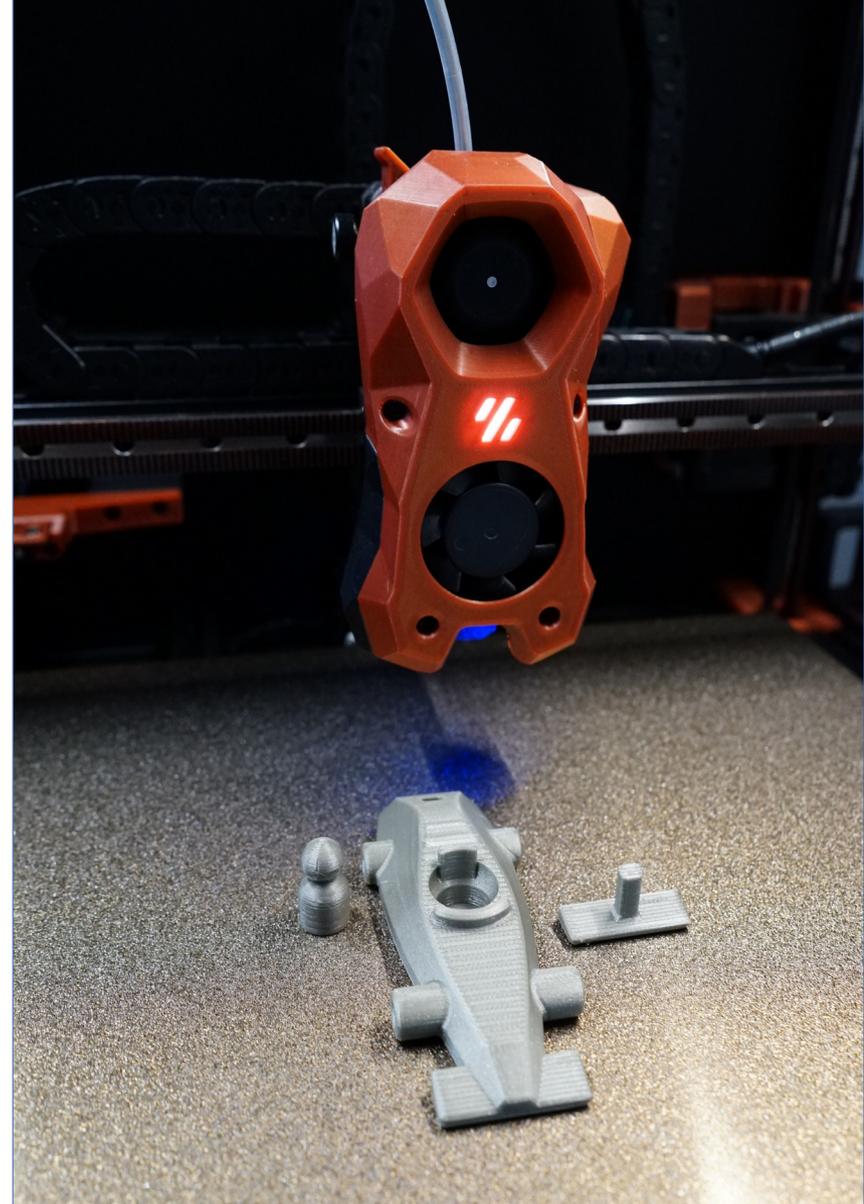
# Praktischer Umgang mit 3D Druck

Vom Model zum Druck zur Wartung

Ersteller: andimoto ( [www.github.com/andimoto](https://www.github.com/andimoto) )

Workshop 04. März 2023

Makerspace Esslingen

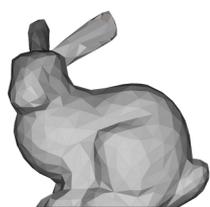


# Inhalt des Workshops

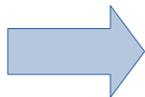
- Kurzer Überblick zum FDM/FFF Verfahren
- Druckprozess im Allgemeinen – Was ist nötig, um etwas zu drucken?
- Wo bekommt man Modelle her?
- Wie kann man Modelle erstellen? (Überblick)
- Drucker – Was ist an einem Drucker so dran?
- Druckplatten
- Gängige Materialien (Filamente)
- Vorbereitung, Druck, Nachbearbeitung, Fehlschlag
- Wartung des 3D Druckers
- Erweiterungen für 3D Drucker



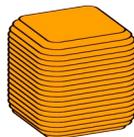
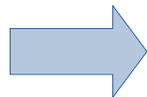
# Druckprozess



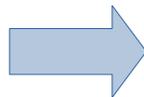
3D Model  
STL / 3MF



Slicer



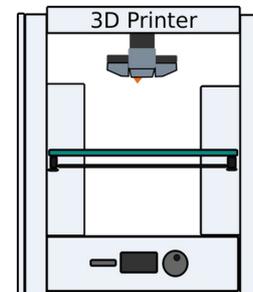
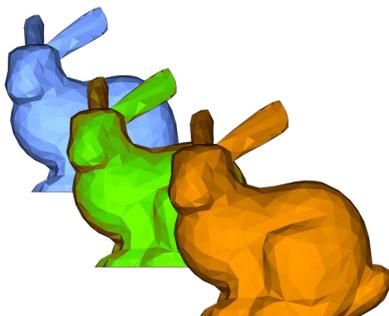
Model wird  
in Schichten  
unterteilt



.gcode file  
Befehle für  
Drucker



Speicher



Start des Drucks  
direkt am Drucker  
oder über Webinterface



# 3D Modelle aus dem Internet

- Printables - <https://www.printables.com>
  - Modelldatenbank von Prusa Research mit knapp 330k freien Modellen (Feb. 2023)
  - Sehr übersichtlich, stabil und schnell, wird sehr gut gepflegt
  - Contests, Preise, Punktesystem für Artikel aus eigenem Webshop
  - direkte 3D Modellvorschau, gute Suche, Filter-Möglichkeit
  - einfacher Thingiverse Import
  - guter Editor bei Upload, uvm.
  - Modelle meistens unter Creative Commons, etc.



Deutsch ▾ Suchen 🔍  Login

**Printables** by JOSEF PRUGA 3D Modelle Community Wettbewerbe Marken Veranstaltungen Gruppen Erziehung Pr > + Erstellen

**Alle Kategorien**

- 3D-Drucker ▾
- Kunst und Design ▾
- Kostüme & Accessoires ▾
- Mode ▾
- Gadgets ▾
- Gesundheitswesen ▾
- Hobby & Handwerker ▾
- Haushalt ▾
- Lernen ▾
- Saisonale Designs ▾
- Sport und Outdoor ▾
- Tabletop Miniatures ▾
- Spielzeug & Spiele ▾
- Welt & Scans ▾

**Dateitypen**

-  Alle Typen

327.453 Modelle Sortieren nach: Neue Uploads ▾ Am: Gesamte Zeit ▾

 Mikkel



**CoolerMaster NR200 GPU fan shroud**

👍 0 🌟 0 ⬇️ 0 📖

 PapaBravo



**Phone to Tripod Holder**

👍 0 🌟 0 ⬇️ 0 📖

 Joe



**Exterminate!**

👍 1 🌟 0 ⬇️ 1 📖

 Urs Hofer



**3D FFF**

 Alexandru Vernescu



**3D**

 PapaBravo



**3D FFF**

# 3D Modelle aus dem Internet

- Thingiverse - <https://www.thingiverse.com/>
  - Modelldatenbank von Ultimaker mit über 2.5Mio Modellen (Feb. 2023)
  - eine der ältesten und bekanntesten Plattformen für 3D Modelle
  - Übersichtlich, schnell, wird gepflegt, hat aber auch oft Probleme (bsp. mit Downloads)
  - direkte 3D Modellvorschau, guter Editor bei Upload
  - OpenSCAD Customizer
  - schlechte Suche, Werbung
  - Spendenmöglichkeit für Modelle



UltiMaker Thingiverse

Search Thingiverse

Explore Education Create + Sign Up

Popular Last 30 Days

All Things

Filter By

PewDiePie Collapsing Katana (as seen on L...



+ Collect Thing

471

Share

Customizable Flexible Reusable Cable Tie



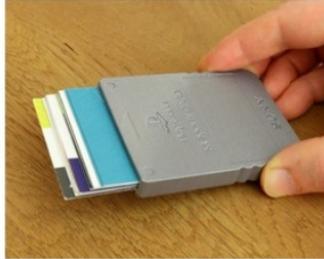
+ Collect Thing

460

Share

Advertisement

PlayStation memory card | business card ho...



+ Collect Thing

455

Share

Domo Casa Kit 5M - geodesic dome home

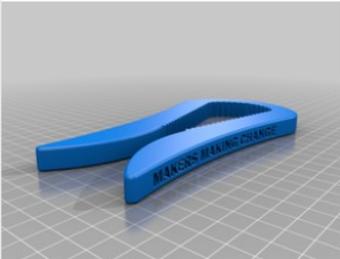


+ Collect Thing

446

Share

Bottle Opener



+ Collect Thing

424

Share

Avro Lancaster Kit Card



+ Collect Thing

417

Share

Minecraft dog sitting



+ Collect Thing

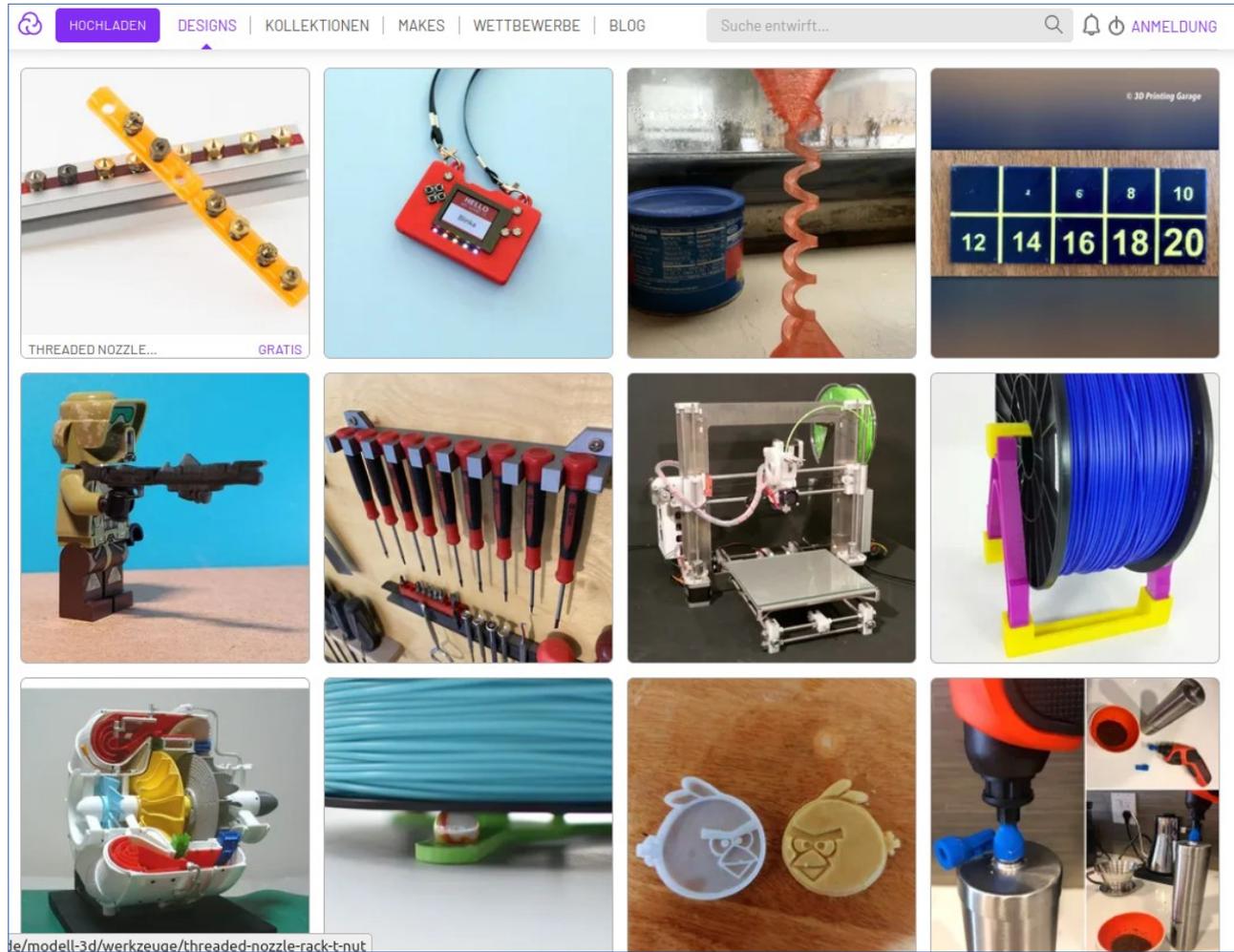
415

Share

# 3D Modelle aus dem Internet

- Cults3D - <https://cults3d.com/>
  - unabhängiger Modell-Marktplatz mit über 800k Modellen (2020)
  - Benutzer können Modelle verkaufen oder frei anbieten, viele Lizenzen auswählbar
  - Bietet Wettbewerbe mit Partner-Shops an
  - Übersichtlich, schnell, wird gepflegt
  - eingeschränkte 3D Modellvorschau
  - automatischer Thingiverse Import
  - Viel Werbung





# 3D Modelle aus dem Internet

- Thangs - <https://www.thangs.com/>
  - Modelldatenbank und Suchmaschine mit über 15Mio Modellen (inkl. andere Plattformen) (Feb. 2023)
  - Übersichtlich, schnell, wird gut gepflegt, sehr gute Suche (auch für andere Plattformen)
  - Contests und Preise aus Partner-Shops
  - gute App für Smartphone
  - sehr gute 3D Modellvorschau
  - Thingiverse Import
- weitere
  - <https://www.stlfinder.com/>



THANGS | EXPLORE | CONTEST | BLOG | THANGS SYNC | My Models

# Let's Find Things

Things is the fastest growing 3D community with over **15,492,478** available models to search, store, and collaborate.

Search By Text, "Exact Phra..." Search

## Introducing Things Workspace!

3D native storage, sharing and collaboration

Previous New

Show me the demo!

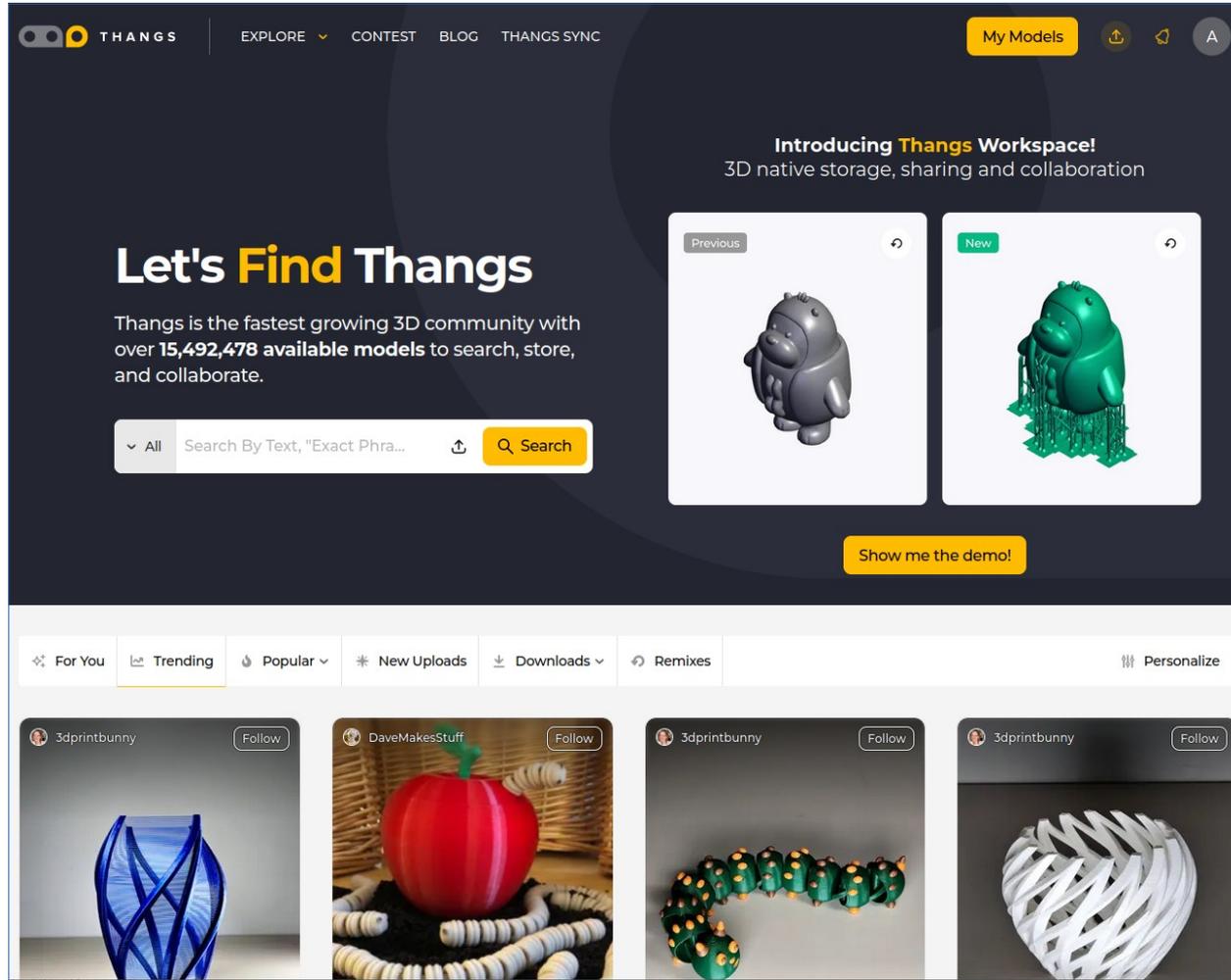
For You Trending Popular New Uploads Downloads Remixes Personalize

3dprintbunny Follow

DaveMakesStuff Follow

3dprintbunny Follow

3dprintbunny Follow



# Modelle selbst erstellen

- Model erstellen
  - Model wird klassisch in einem Raum, durch verschiedene Funktionen der Software, erstellt und modifiziert
    - FreeCAD, SolveSpace, Fusion360, SketchUp
  - Model wird durch „Verrechnung“ verschiedener 3D Grundobjekte aufgebaut
    - OpenSCAD, TinkerCAD
- Objekt berechnen (Rendern)
  - Objekte bestehen meist aus einem Geflecht aus Dreiecken, bzw. aus einem Drahtgeflecht
  - dieser Prozess erstellt ein detailliertes Objekt und prüft eventuelle Fehler
  - keine Vorschau! (eine Vorschau beinhaltet auch Darstellungsfehler)



# Modelle selbst erstellen

- Generieren / Exportieren
  - STL / .stl
    - 1988 eingeführt, früher Stereolithographie, heute „Standard Triangle Language“
    - Formen werden interpoliert (Annäherung, Genauigkeit abhängig von gewünschtem Detailgrad)
    - sehr weit verbreitet, ungenau und oft fehlerhaft
  - 3MF / .3mf
    - 2015 eingeführtes OpenSource Format
    - XML-basiert mit vielen Eigenschaften
    - kann mehrere Objekte in einer Datei speichern (für Multi-Color-Printer, etc)
    - Farb- und Texturinformationen, Slicer-Profile, Miniaturbild, etc.
    - speziell für industriellen 3D Druck entwickelt
    - keine Fehler im Model möglich (Mannigfaltigkeit)



# Modelle selbst erstellen

## CAD Design Software

- OpenSCAD - <https://openscad.org/>
  - Modelle werden durch Programmierung in Textdateien beschrieben
  - sehr einfache Parametrisierung der Modelle möglich
  - Konzept: Verrechnung von „Grund-Geometrien“ (Kubus, Zylinder, Kugel)
  - Open-Source, verfügbar unter Windows, Linux, Mac OS
- FreeCAD - <https://www.freecad.org/>
  - CAD Tool mit sehr vielen Features
    - Zeichnen, Modellieren, Pfad-Werkzeug (CNC), etc.
  - Open-Source, verfügbar unter Windows, Linux, Mac OS
- Blender - <https://www.blender.org/>
  - Open-Source Animations-Software
  - bietet viele Tools zum Erstellen von Modellen an
  - verfügbar unter Windows, Linux, Mac OS



# Modelle selbst erstellen

## CAD Design Software

- SolveSpace - <https://solvespace.com>
  - Open-Source CAD Tool (ähnlich zu FreeCAD)
  - noch recht neu
  - 2D, 3D Modellierung, CAM-Tool, etc.
- Fusion360 - <https://www.autodesk.de>
  - Kommerzielle CAD Software mit freier „Hobby-Lizenz“ – Windows, Mac OS, Android
  - Bietet viele Features - 2D, 3D, CAM (Pfadgenerator für CNC), Assemblies, etc.



# Modelle selbst erstellen

## Online CAD

- Online CAD
  - TinkerCAD - <https://www.tinkercad.com/>
    - Kostenlos, Anmeldung nötig
    - Konzept: Verrechnung von „Grund-Geometrien“ (Kubus, Zylinder, Kugel)
    - Kein Programmieren, Bausteine werden per Maus gesetzt (oder Maßangabe)
  - BlockSCAD - <https://www.blockscad3d.com/editor/>
    - Kostenlos, keine Anmeldung nötig
    - Programmieransatz mit „Blöcken“ (siehe <https://scratch.mit.edu>)
  - sculptgl - <https://stephaneginier.com/sculptgl/>
    - Kostenlos, keine Anmeldung
    - kein Klassisches CAD Tool
    - Skulpturen können plastisch per Maus „freihändig“ erstellt werden
  - sketchup-free - <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-free>
    - Kostenlos, ohne Anmeldung
  - Onshape - <https://www.onshape.com/>
    - Kommerzielle Profi-Software, Kostenlos für Maker und „non-commercial use“
    - Viele Features – 2D, 3D, Assemblies, bald auch CAM, kollaboratives Arbeiten möglich
    - unabhängig von Betriebssystem - browserbasiert

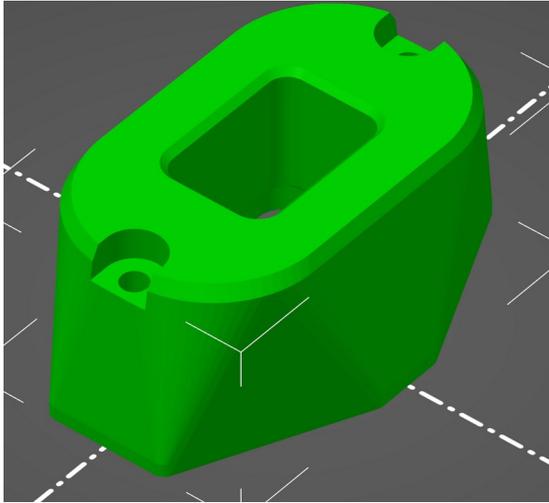


# Slicer – Model vorbereiten

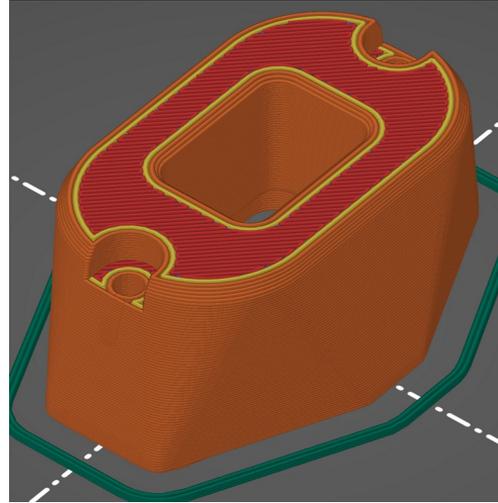
- Was ist ein Slicer?
  - ein 3D Model wird in Schichten umgerechnet
  - für jede Schicht wird ein Pfad aus Wänden und Füllung (auch Infill genannt) erstellt
  - zusätzlich werden weitere Parameter wie Temperatur und Geschwindigkeit berechnet
- Je nach Model kann Support dazugerechnet werden um Überhänge besser drucken zu können
- Schichten und Pfade werden als GCode generiert und können gespeichert werden
- Die meisten Slicer haben schon Voreinstellungen für die 3D Drucker



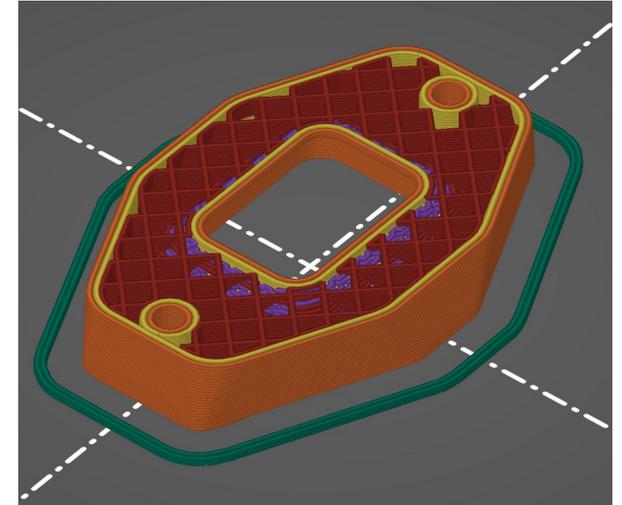
# Slicen – Model vorbereiten



Model



Model in Schichten  
(slicing durchgeführt)



innere Ansicht

# Slicer Überblick

- Ultimaker Cura - <https://ultimaker.com>
  - Open-Source, wird von Ultimaker entwickelt
  - Slicer für Ultimaker Maschinen, aber auch viele andere
  - hat viele Voreinstellungen für diverse Drucker
- PrusaSlicer - <https://www.prusa3d.com>
  - Open-Source (Fork von Slic3r), wird von Prusa entwickelt
  - Slicer für Ultimaker Maschinen, aber auch viele andere
  - hat viele Voreinstellungen für diverse Drucker
  - SuperSlicer ist ein Fork von PrusaSlicer
- Simplify 3D - <https://www.simplify3d.com>
  - Kostenpflichtiger Slicer mit sehr vielen Features
  - viele Drucker werden unterstützt
- KiriMoto - <https://grid.space/>
  - kostenloser Online-Slicer
  - hat bereits verschieden Voreinstellungen für 3D-Drucker



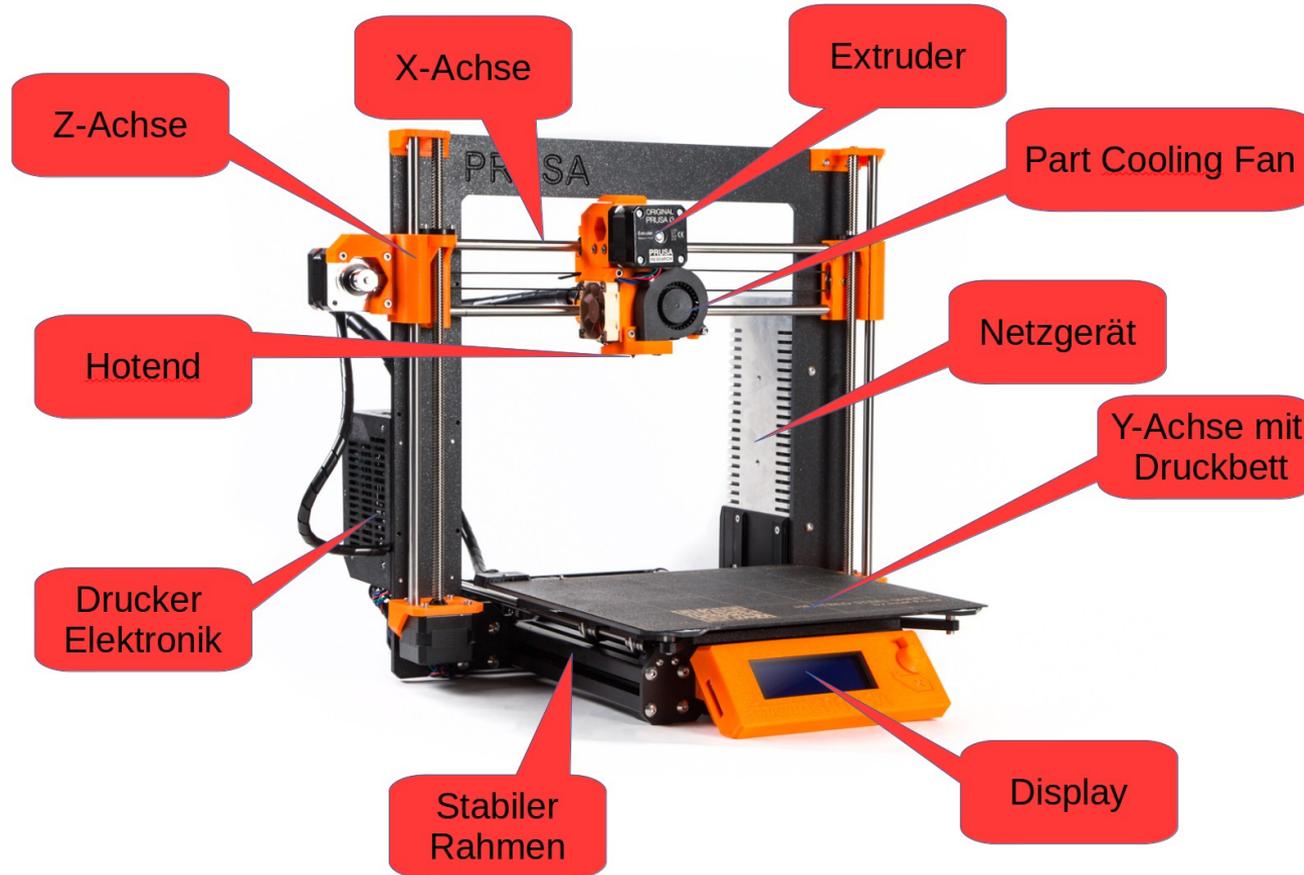
# Filament

- Gängiger Filamentdurchmesser 1,75mm (+/- 0.02-0.05mm Toleranz)
- PLA - Polylactide
  - basiert auf Milchsäure (nachwachsende Rohstoffe)
  - einfach zu drucken, wenig Fäden
  - stabil aber auch etwas spröde
  - Temperaturen: 200-215 Grad Düse, 60 Grad Druckbett
  - zieht Feuchtigkeit, muss trocken gelagert werden
- PETG
  - Polyesterbasis
  - einfach zu drucken, zieht aber leicht Fäden
  - robust und flexibel, UV beständig
  - Temperaturen: 230-250 Grad Düse, 80-90 Grad Druckbett
  - zieht Feuchtigkeit, muss trocken gelagert werden
- ABS - Acrylnitril-Butadien-Styrol
  - schwer zu drucken, besonders größere Teile, neigt zu Verformung
  - sehr robust und schlagfest, hohe Temperaturfestigkeit >90 Grad
  - Temperaturen: 240-260 Grad Düse, 90-100 Grad Druckbett
  - bei größeren Teilen ist ein Gehäuse nötig (beheizt / vorgeheizt)
    - kein Gehäuse?
      - Karton drüber
      - hohe Schürze als Windschutz
      - windstillere Ort
    - zieht Feuchtigkeit, muss trocken gelagert werden
    - zieht sich bei Abkühlung zusammen (sollte bei Modellierung beachtet werden)

Tolle Materialübersicht <https://help.prusa3d.com/materials>



# 3D Drucker



# Druckbett Übersicht

- Magnetisches Federstahlblech (flexibel)
  - mit PEI beschichtet (sehr beliebt), Haftung bei erwärmtem PEI sehr gut
  - glatt, texturiert, „Satin“-Textur
  - abnehmbar, Druck kann gut abgelöst werden weil flexibel
  - generell NICHT mit Aceton reinigen!!!
    - Nur Isopropanol, selten mit Seife, Herstellerangaben beachten!
- Magnetische Kunststoffplatte (flexibel)
  - oft bei Creality, etc
  - gute Haftung, günstig in der Anschaffung
  - Bett muss penibel gelevelt werden, sonst ist die Haftung „zu gut“ (zerstört Platte)
- Glas, Borosilikatglas (nicht flexibel!)
  - günstig in der Anschaffung (Spiegel)
  - Borosilikatglas ist Temperaturstabil und verzieht sich kaum, etwas teurer
  - gute Haftung benötigt penibles Leveln, manchmal ist ein Klebestift nötig
  - Druckteil löst sich nach Abkühlung von alleine
  - kann zerbrechen!



# Druckbett Übersicht

- BuildTak
  - meistens im After-Sales
  - Flexible Stahlblech mit aufgeklebtem Kunststoff (PEI)
  - leicht raue Oberfläche (ähnlich Schleifpapier)
  - in vielen Größen erhältlich
  - Boden des Drucks sieht „satin“ Beispiel ähnlich
- Kapton Tape oder Blue Tape (Kreppband)
  - wurden/werden auf Stahlbleche oder Glas geklebt
  - können schnell und sehr günstig erneuert werden
  - Haftung bei gängigen Materialien gut
  - ABS schrumpft etwas und zieht somit das Klebeband ab



# Druckbett Übersicht



glatt

- gut für
  - PLA, ABS
- PETG geht super, haftet aber sehr stark
- glatte (oft glänzende Oberfläche)
- Drucke gut lösbar durch Biegen der Platte
- PEI Schicht kann „repariert“ oder ersetzt werden
- kann ab und zu mit Aceton gereinigt werden
- „Reaktivierung“ mit feinem Schleifpapier möglich



texturiert

- gut für
  - PETG, TPU
- ABS, PLA, PC benötigen Klebestift oder Rand (schlechte Haftung)
- Linien kaum bis nicht sichtbar
- Nozzle muss knapp über die Platte!
- Drucke lösen sich automatisch
- kein Aceton! Säubern nur mit Isopropanol >90%
- nicht kratzfest (leicht mit Spachtel geht aber schon ;)



satin

- gut für
  - PETG, PLA
- ABS und matte Filamente am besten (eigene Erfahrung)
- Linien kaum bis nicht sichtbar
- Nozzle muss knapp über die Platte!
- Drucke lösen sich automatisch
- kein Aceton! Säubern nur mit Isopropanol >90%
- nicht kratzfest

# Slicen – Druck vorbereiten

- Model laden und evtl. Orientierung einstellen
  - je nach Verwendung des Objekts bringt eine sinnvolle Orientierung mehr Stabilität
- Drucker wählen
  - Düsendurchmesser beachten
- Material wählen!
  - je nach Filament(-Hersteller) Einstellungen beachten oder anpassen
    - Temperatur
      - sind viele Fäden (Stringing) vorhanden > Temperatur ein paar Grad runter > evtl. Temperatur-Tower drucken
    - Kühlung – PLA > viel, ABS > wenig
  - je nach Nutzen des Objekts
    - bei mechanischer Belastung eher PETG oder ABS, PLA ist trotzdem möglich
    - bei Lebensmitteln PLA oder PETG (eingeschränkt!! \*)
    - sonst kann man PLA verwenden, da einfach zu drucken

\* FDM/FFF 3D Druck ist im Lebensmittelbereich nur eingeschränkt nutzbar. In den Rillen können Reste bleiben!



# Slicen – Parameter

- Schichthöhe – Standard 0,2mm (bei 0,4mm Nozzle)
  - je nach Detailgrad
    - bei Display-Modellen eher dünne Schichten
    - in vielen Slicern kann das pro Druck variabel eingestellt werden
  - je dünner die Schicht, desto mehr Druckzeit ist nötig
  - für schnelle Drucke größerer Objekt > Düsendurchmesser erhöhen (nicht Teil des Workshops)
- Wände / Perimeter / Hülle
  - für mehr Stabilität sollte dieser Wert erhöht werden (>3-5 Wände)
  - bei Prototypen oder Display-Modellen reichen 2 Wände
  - Spiralvasenmodus für hohle Objekte wie Vasen – keine Nahtstellen, aber dünn
- Horizontale Konturen – Boden / Decke
  - mehrere Deckenschichten um Infill-Muster zu überdecken
  - je nach benötigter Stabilität
- Schichthöhe sollte unter 80% des Düsendurchmessers liegen (0,4mm Nozzle -> max. 0,32mm Schicht)



# Slicen – Parameter

- Infill
  - spart Zeit und benötigt keine hohe Genauigkeit
  - je nach gewünschter Stabilität einstellen
  - 100% Infill ist fast immer overkill – selten nötig!
  - Füllmuster wählen
    - wenn Objekt dünn, hoch und „wackelt“ eher ein „gerades“ Füllmuster wählen (kein Gyroid - laut, wackelt sehr)
- Rand - Brim
  - für Objekte mit kleiner Fläche auf dem Druckbett
  - fügt mehrere „Wände“ zur 1. Schicht hinzu (nur zur 1. Schicht!)
  - erhöht die Haftung der 1. Schicht
  - fast immer nötig für hohle zylindrische Objekte oder Objekte mit vielen Löchern
- Schürze - Skirt
  - Altbestand, diente als Kurztest vor dem eigentlichen Druck
  - mittlerweile dient es mit der „Purge-Line“ zur „Druckstabilisierung“ in der Düse
  - entfernt Rückstände an der Düse – sehr zu empfehlen!
  - kann bei Erhöhung als Windschutz dienen (Windschutz kann in Slicern direkt aktiviert werden, nützlich bei ABS Druck)

[https://help.prusa3d.com/de/article/infill-muster\\_177130](https://help.prusa3d.com/de/article/infill-muster_177130)



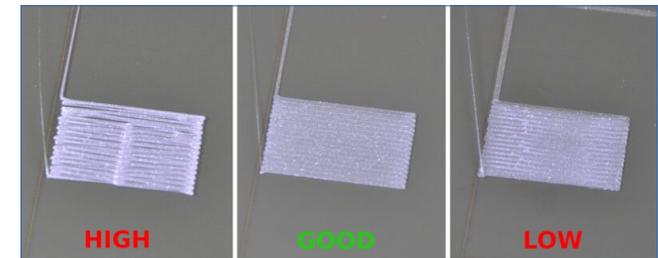
# Vorbereitung des Druckers

- Druckbett reinigen
  - mit Isopropanol (>90%)
  - Spachtel verwenden um Rückstände zu entfernen
    - Vorsichtig bei texturierten Druckplatten, die sind oft nicht kratzfest
  - Heizplatte putzen (ohne Mittel! nur mit Hand drüber), entfernt evtl. Unebenheiten
- Filament wechseln
  - bei Wechsel von PETG / ABS auf PLA mehrmals das Filament wieder einziehen, das Ende jedes mal schräg abschneiden
  - Tipp: 1. Einzug mit Temperatur von vorherigem Filament, danach mehrmals mit normaler Temperatur (bisher gut gefahren damit!)
  - entfernt mögliche Rückstände von vorherigem Filament, welche sonst zu Verstopfung (Clogging) führen

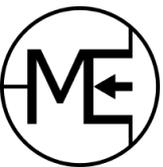


# Während des Drucks die 1. Schicht

- Erste Schicht beobachten
  - die 1. Schicht ist die wichtigste
  - je besser die Haftung, desto stabiler liegt das Objekt auf dem Druckbett
  - Schicht sollte sauber zusammenhängen
  - Drucklinien sollten leicht ineinander gepresst sein
- Bedleveling richtig durchführen!!
  - oft ist ein Kalibrierungsprogramm verfügbar
  - es gibt „Bed Leveling“ Modelle auf den Plattformen (auf Schichthöhe einstellen)
- Vorsicht wenn Nozzle zu tief ist, das kann zu Beschädigungen am Druckbett führen
  - Nozzle-Höhe ist bei manchen Druckern ein schmaler Grad zwischen guter Haftung und zerkratztem Druckbett
  - kann auch zu Verstopfung der Düse führen



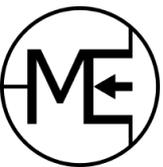
[https://help.prusa3d.com/article/first-layer-issues\\_1804](https://help.prusa3d.com/article/first-layer-issues_1804)



# Während des Drucks

## Geräusche

- Extruder
  - der Einzug und Auszug des Filaments durch den Extruder ist leicht hörbar
    - es ist ein leichtes Klicken
  - bei einem lauten Klicken gibt es Probleme
    - Hotend / Nozzle verstopft (Extruder kann nicht drücken)
      - hier kann es mehrere Gründe geben
    - Extruder schlecht eingestellt, defekt oder verdreht
    - Spannschrauben zu fest (Filament klemmt fest)
    - Drucktemperatur zu niedrig
  - das führt auch oft dazu, dass der Extruder das Filament abträgt und dabei verdreht
  - kann zu Schrittverlust des Extruders führen (Motor dreht durch)



# Während des Drucks

## Geräusche

- Vibrationen der Lager
  - Lager defekt oder nicht geschmiert > das kann zu Layershifts führen
  - bei V-Slot-Wheels sind evtl. das Kunststoff oder die Lager kaputt (schlechte V-Slot-Wheels sind sehr brüchig)
- Lauter Knall
  - nie gut!
  - vorheriger Druck ist noch auf dem Druckbett?
  - Teil des Drucks hat sich gelöst und schlägt gegen Hotend? etc.
  - Kabel hat sich gelöst und hängt fest (z.B. am Druckbett, etc.)
    - führt dann auch häufig zu Schrittverlust – Motor kann Kraft nicht aufwenden
- Warnsignal des Piepsers
  - viele Drucker können sich akustisch bemerkbar machen (wie Rauchmelder)
  - Kabelbruch an Sensorleitung > falsche Messwerte > „Thermal Runaway Protection“ aktiv
  - Bewegung blockiert > erkennbar durch hohen Strom der Schrittmotoren (wenn Implementiert)



# Während des Drucks

## Objekt beobachten

- Überhänge sauber (nicht die Brücken)?
  - zu steil (in horizontaler Richtung)
  - schlechte Kühlung durch „Part-Cooling-Fan“
  - zu viel Wärme im Gehäuse, Lüfter bläst warme Luft auf Hotend, Filamenttemperatur vor Heatbreak zu warm
- Franzen
  - Überhänge neigen dazu sich nach oben zu ziehen
  - oft bleibt Nozzle daran hängen
    - Druck löst sich vom Druckplatte wenn schlechte Haftung > Parameter Z-Hebung etwas erhöhen
    - kann zu Layershift führen
    - oft ist das mit einem „Knall“ hörbar



# Während des Drucks

## Objekt beobachten

- Wände – Schichten sauber „übereinander“?
  - Filamentdurchmesser nicht konsistent
  - bei hohen Objekten führt Wackeln zu unsauberer Wänden
    - Geschwindigkeit verringern (bei CoreXY kein großes Problem)
    - Orientierung ändern?
  - Drucker selbst hat zu viel Vibration
    - Schwere Betonplatte unter Drucker
    - Gummimatten oder ähnliches
  - Riemenspannung prüfen
    - zu wenig Spannung > Riemen rutscht durch
    - zu viel Spannung > viel Belastung auf Schrittmotor (vor allem bei langen Drucken)
    - Spannung sollte so hoch sein, dass Riemen nicht durchrutscht
  - Linearwellen geschmiert?
    - zu trockene Wellen führen zu Layershifts (Lager sind dann wirklich trocken! Eigene Erfahrung)



# Wartung des 3D Druckers

- Sichtprüfung des Druckers
  - sind die Kabel in Ordnung?
  - Kabel scheuern nicht an Teilen oder knicken ab?
  - alle Bewegungsrichtungen sind frei?
    - langsam bewegen, Motoren induzieren Spannung in Elektronik
  - Filamentreste entfernen
    - von Riemen, Linearwellen, Extrusions (V-Slot-Drucker; Ender 3, etc.)
  - Lüfter prüfen und evtl. säubern z.B. mit Druckluft (aus der Dose)
    - Rotoren festhalten! Drehende Motoren können Spannung in die Elektronik induzieren



# Wartung des 3D Druckers

- Prüfung und Schmierung der Linearwellen und Lager
  - Staub und Dreck der Linearwellen mit einem (Papier)-Tuch abwischen (evtl. mit Isopropanol)
  - Schmieren mit Mehrzweckfett (Syncho Lube) oder Lithiumfett (Grease)
    - ein paar wenige „Tropfen“ auf der Welle verschmieren reicht
      - Wellenlager sind abgedichtet und wenig anfällig für Dreck
    - bei Trapezgewinde reicht ein kleiner „Tropfen“
      - ist anfälliger für Dreck > weniger Fett
    - Achsen dann hin und her fahren um alles zu verteilen
- V-Slot-Wheels (Ender 3 Style, etc.)
  - kein Fett nötig
  - Räder sollten auf Risse geprüft werden und ausgetauscht werden
  - Spiel der Räder zur X-Achse prüfen (evtl. einstellen; unteres Rad exzentrisch gelagert)



# Wartung des 3D Druckers

- für richtige Schmierung sollten die Linearlager ausgebaut werden
  - Schmierfett in das Lager pressen und ein Ende zu halten
  - Linearwelle einschieben, so wird das Lager komplett geschmiert
  - Vorsicht: bei zu viel Schmierfett sammelt sich Dreck an den Wellen und Lagern
- bei Linearschienen kann man mit einer Spritze Schmierfett von der Rückseite der Schiene in das Lager pressen
- hilfreiches Video dazu von [Nero3D auf Youtube](#)



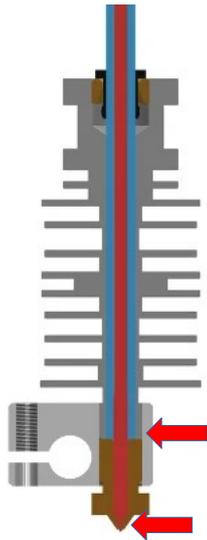
# Wartung des 3D Druckers

- Hotend

- Nozzle kann mit Pinzette sauber gehalten werden
- man kann auch mit Messingbürste sauber machen
  - danach Druckbett reinigen, oft fliegen Reste darauf
- Oozing
  - Ausdehnung des Filaments bei Aufwärmen
  - bei viel Oozing hilft etwas mehr Einzug nach dem Druck
  - kann in Slicer bei „Gcode am Ende“ eingestellt werden
- Reste können durch Purgeline oder Skirt kurz vor dem Druck entfernen
  - Purgeline kann im Slicer bei „Gcode beim Start“ eingestellt werden
- Bei Verstopfung hilft auch eine Nadel
  - bei heißem Hotend von unten durch die Düse
  - Achtung: bei PTFE Inline Hotend kann der Schlauch beschädigt werden



# Wartung des 3D Druckers

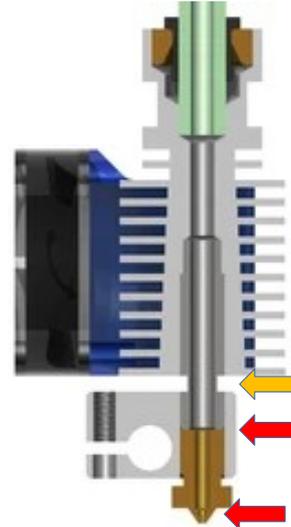


## PTFE Inline

- PTFE Tube geht bis zur Nozzle durch
- begrenzt auf 260 Grad
- kann verrutschen > Clogging
- muss ab und zu getauscht werden
- zusätzliche Ausdünstungen bei hohen Temperaturen durch PTFE



Ort der Verstopfung



## All Metal Hotend

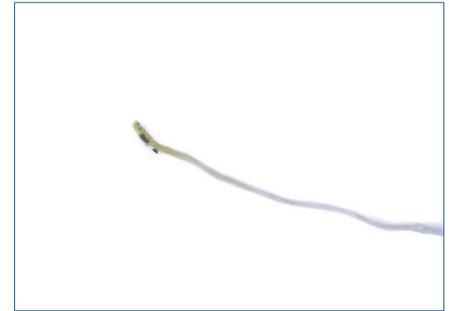
- Heatbreak aus Metal
- mehr als 260 Grad möglich
- geeignet für Hochtemperaturmaterial
- Optimal: Heatbreak mit Einkerbung
  - Bsp: Stock Prusa Mini hat durchgängiges Metal-Heatbreak ohne Kerbe
  - Hitzeübergang sehr groß – bei langen Druckzeiten > Stringing
  - Upgrade: Bsp. Bondtech Heatbreak Kit



Einkerbung

# Wartung des 3D Druckers

- Hotend verstopft - Clogging
  - verursacht durch Verunreinigungen in Filament
  - bei Filamentwechsel von z.B. PETG auf PLA
  - meistens bei Übergang zwischen Nozzle und Heatbreak durch unsachgemäße Montage (Lücke)
  - es hilft: Cold-Pull
    - Gut mit Nylon-Filament („Cleaning-Filament) – PLA ist auch ok
    - Nylon dehnt sich aus und Rückstände haften daran
- Cold-Pull - Kaltzug
  - PTFE Tube über Heatbreak abziehen
  - Hotend aufheizen auf 260-280 Grad, Filament 1-2cm durchdrücken
  - Hotend abkühlen lassen, während dessen Filament weiter durchdrücken
  - ab 170 Grad nicht mehr durchdrücken
  - bei ca. 100-120 Grad Filament raus ziehen (X Achse gut festhalten, fest ziehen!!)
  - normales Filament nochmal extra durchpressen und mehrmals raus ziehen



# Wartung des 3D Druckers

- Rahmenausrichtung prüfen
  - oft ein Problem bei Druckern mit einer Z-Achse (Bsp: Prusa Mini)
  - Achsen sind schräg zueinander (Skew Problem)
  - dadurch passen Teile nicht zueinander: [eigenes Beispiel](#)
  - Github-Artikel als Bsp: [Prusa Mini Skew](#)
- Sollte auch bei normalen Bed-Slinger-Style und CoreXY Druckern geprüft und eingestellt werden
  - Stichwort: Gantry Deranking oder Skew
- Prüfbar durch drucken von Winkeln mit langen Seiten
  - messbar mit Messwinkeln



# Erweiterungen - Netzwerk

- Printserver – Octoprint bzw. OctoPi - <https://octoprint.org/>
  - fast jeder Drucker kann per USB gesteuert werden
    - GCode wird direkt per USB übertragen (in einen Puffer)
  - GCode kann direkt aus dem Slicer hochgeladen werden
  - In Webinterface können Drucke ausgewählt werden und Drucker gesteuert werden
    - Bewegungssteuerung, Temperatursteuerung, etc.
  - Kamerainterface vorhanden - zusätzliche USB Cam nötig
  - Installierbar auf Laptop/PC oder SingleBoardComputer (Raspberry Pi, etc)
    - RPi knapp > es gibt gute Alternativen (min 1GB Ram) (bsp: OrangePi Zero 2 1GB)
  - Viele Plugins und Mods vorhanden
    - Zusatz-Display, Zeitsteuerung, Timelaps, etc.
- Andere Printserver
  - Klipper mit MainsailOS (anderes Konzept)
  - Repetier-Server



# Erweiterungen - Überblick

- Part-Cooling-Fan Mods
  - Bei unsauberem Überhängen und Brücken
- Bed Level Sensor
  - BLTouch (Ender Style), PINDA, Klicky
- Schrittmotor-Treiber - „Silent“-Mods
  - Schrittmotor-Treiber ausschlaggebend für Lautstärke der Motoren
  - Upgrade durch bessere Treiber – können oft auf Mainboard ersetzt werden
- Rahmen versteifen
- Druckplatte
  - Upgradebeispiel: BuildTak mit magnetischem flexiblem PEI Druckblech
  - Druckplatten mit anderen Oberflächen
- Extruder-Upgrades
  - Double-Pulley Extruder für besseren Filamentgriff
  - Extruder komplett aus Metall



# Erweiterungen - Überblick

- Hotend Upgrades
  - Bsp: Prusa Mini Heatbreak Upgrade von Bondtech
    - bessere Abgrenzung zwischen Heatblock und Heatbreak
    - Wärme wandert nicht hoch
  - All Metal Hotends bei Ender Style Drucker
    - Stichwort: Pheatus, Micro Swiss
  - E3D Hotends, Pheatus Hotends, etc.
- Mods an Druckbett Halterung
  - besseres Leveling durch andere Drehräder oder Federn
  - Nylock Mod bei Prusa
- Andere Kabelführung
  - beugt Aufschürfung der Kabel vor und damit Kurzschlüsse, etc.
- LED Beleuchtung
  - sinnvoll wenn Drucker in einem Schrank steht
  - wenn Kamera vorhanden



# Fragen und Antworten

Folien werden im Blogpost bereit  
gestellt



Dieses Werk ist lizenziert unter einer  
[Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

