

# 3D-Druck

David Jäckel

Jugend Hackt

26. Oktober 2019

Was ist 3D-Druck?

Welche Drucker gibt es?

Wie funktioniert ein Drucker?

- Wie funktioniert das mit dem Filament?

- Wie wird der Druckkopf bewegt?

- Was ist Filament?

Wie kann ich etwas Drucken?

# Was ist 3D-Druck?

# Was ist 3D-Druck?

- ▶ 3D-Druck ist ein additives Fertigungsverfahren



- ▶ Additive Fertigung  
Material Schicht für Schicht auftragen.

- ▶ Additive Fertigung  
Material Schicht für Schicht auftragen.
- ▶ Konventionelle Fertigung  
Sägen, Bohren, Fräßen, Gießen

# Seit wann gibt es 3D-Drucker



# Seit wann gibt es 3D-Drucker



1981 Erfindung Stereolithografie

1985 Das erste 3D-Konstruktionsprogramm

1986 Erste Patentanmeldung

1988 Erster kommerzieller 3D-Drucker

# Seit wann gibt es 3D-Drucker



2005 Personal Fabricator (Fab@Home)

2006 RepRap open hardware projekt

2009 Patente für FDM laufen aus

2019 Preise fallen, Heimanwender

# Welche Drucker gibt es?

# Welche Drucker gibt es?

- ▶ **SLA** Stereolithografie

# Welche Drucker gibt es?

- ▶ **SLA** Stereolithografie
- ▶ **SLS** Selective Laser Sintering

# Welche Drucker gibt es?

- ▶ **SLA** Stereolithografie
- ▶ **SLS** Selective Laser Sintering
- ▶ **SLM** Selective Laser Melting

# Welche Drucker gibt es?

- ▶ **SLA** Stereolithografie
- ▶ **SLS** Selective Laser Sintering
- ▶ **SLM** Selective Laser Melting
- ▶ **LOM** Laminated Object Manufacturing

# Welche Drucker gibt es?

- ▶ **SLA** Stereolithografie
- ▶ **SLS** Selective Laser Sintering
- ▶ **SLM** Selective Laser Melting
- ▶ **LOM** Laminated Object Manufacturing
- ▶ **FDM** Fused Deposition Modeling



## SLA (Stereolithografie)

- ▶ Ältestes additives Fertigungsverfahren

# SLA (Stereolithografie)

- ▶ Ältestes additives Fertigungsverfahren
- ▶ Flüssiges Material wird mit Hilfe von UV Laser ausgehärtet

# SLA (Stereolithografie)

- ▶ Ältestes additives Fertigungsverfahren
- ▶ Flüssiges Material wird mit Hilfe von UV Laser ausgehärtet
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Medizin

# SLA (Stereolithografie)

- ▶ Ältestes additives Fertigungsverfahren
- ▶ Flüssiges Material wird mit Hilfe von UV Laser ausgehärtet
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Medizin
- ▶ Materialien:
  - ▶ Flüssiger, lichtaushärtender Kunststoff (Photopolymer)

# SLA (Stereolithografie)

- ▶ Ältestes additives Fertigungsverfahren
- ▶ Flüssiges Material wird mit Hilfe von UV Laser ausgehärtet
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Medizin
- ▶ Materialien:
  - ▶ Flüssiger, lichtaushärtender Kunststoff (Photopolymer)

video

# SLS (Selective Laser Sintering)

# SLS (Selective Laser Sintering)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser gesintert



# SLS (Selective Laser Sintering)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser gesintert
- ▶ Einsatz von Bindemitteln

# SLS (Selective Laser Sintering)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser gesintert
- ▶ Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen

# SLS (Selective Laser Sintering)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser gesintert
- ▶ Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling

# SLS (Selective Laser Sintering)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser gesintert
- ▶ Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling
- ▶ Materialien:
  - ▶ Kunststoffpulver
  - ▶ Metallpulver

# SLS (Selective Laser Sintering)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser gesintert
- ▶ Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling
- ▶ Materialien:
  - ▶ Kunststoffpulver
  - ▶ Metallpulver

video

# SLM (Selective Laser Melting)

# SLM (Selective Laser Melting)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser geschmolzen

# SLM (Selective Laser Melting)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser geschmolzen
- ▶ Kein Einsatz von Bindemitteln



# SLM (Selective Laser Melting)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser geschmolzen
- ▶ Kein Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen

# SLM (Selective Laser Melting)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser geschmolzen
- ▶ Kein Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling

# SLM (Selective Laser Melting)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser geschmolzen
- ▶ Kein Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling
- ▶ Materialien:
  - ▶ Kunststoffpulver
  - ▶ Metallpulver

# SLM (Selective Laser Melting)

- ▶ Schichtweise aufgetragenes Pulver mit Laser geschmolzen
- ▶ Kein Einsatz von Bindemitteln
- ▶ Zu fester Schicht verschmolzen
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling
- ▶ Materialien:
  - ▶ Kunststoffpulver
  - ▶ Metallpulver

video

# LOM (Laminated Object Manufacturing)

# LOM (Laminated Object Manufacturing)

- ▶ Folien werden schichtweise aufgetragen, verklebt und zugeschnitten

# LOM (Laminated Object Manufacturing)

- ▶ Folien werden schichtweise aufgetragen, verklebt und zugeschnitten
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping

# LOM (Laminated Object Manufacturing)

- ▶ Folien werden schichtweise aufgetragen, verklebt und zugeschnitten
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
- ▶ Materialien:
  - ▶ Papierfolien
  - ▶ Kunststofffolien
  - ▶ Aluminiumfolien
  - ▶ Keramikfolien



# LOM (Laminated Object Manufacturing)

- ▶ Folien werden schichtweise aufgetragen, verklebt und zugeschnitten
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
- ▶ Materialien:
  - ▶ Papierfolien
  - ▶ Kunststofffolien
  - ▶ Aluminiumfolien
  - ▶ Keramikfolien

video

# FDM (Fused Deposition Modeling)

# FDM (Fused Deposition Modeling)

- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt

# FDM (Fused Deposition Modeling)

- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt
- ▶ Auch als **FFF** (Fused Filament Fabrication) bezeichnet.

# FDM (Fused Deposition Modeling)

- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt
- ▶ Auch als **FFF** (Fused Filament Fabrication) bezeichnet.
- ▶ Schichtweises Auftragen von geschmolzenem Filament durch heiße Düse.

# FDM (Fused Deposition Modeling)

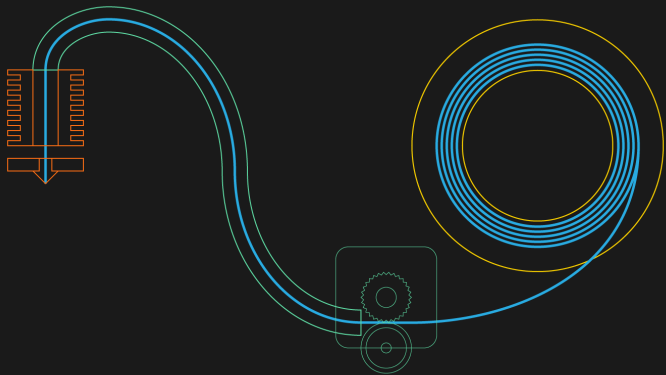
- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt
- ▶ Auch als **FFF** (Fused Filament Fabrication) bezeichnet.
- ▶ Schichtweises Auftragen von geschmolzenem Filament durch heiße Düse.
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling

# FDM (Fused Deposition Modeling)

- ▶ **FDM** ist markenrechtlich geschützt
- ▶ Auch als **FFF** (Fused Filament Fabrication) bezeichnet.
- ▶ Schichtweises Auftragen von geschmolzenem Filament durch heiße Düse.
- ▶ Anwendung:
  - ▶ Rapid prototyping
  - ▶ Rapid tooling
- ▶ Materialien:
  - ▶ Kunststoffe (Thermoplaste)

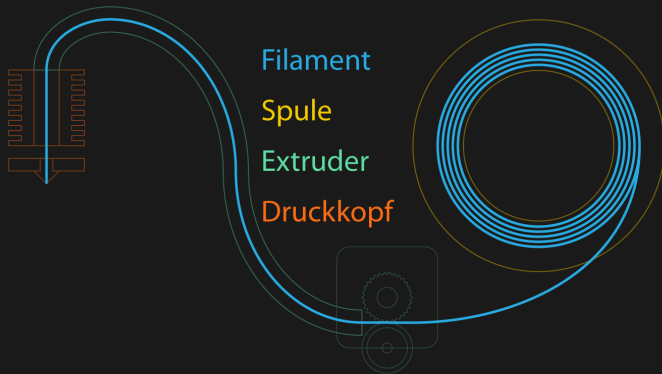
video

# Wie funktioniert ein Drucker?

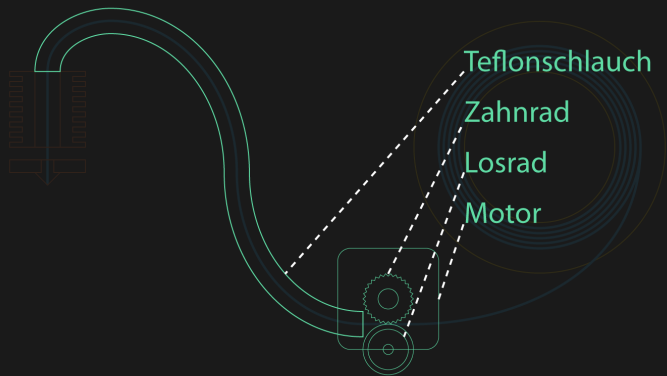




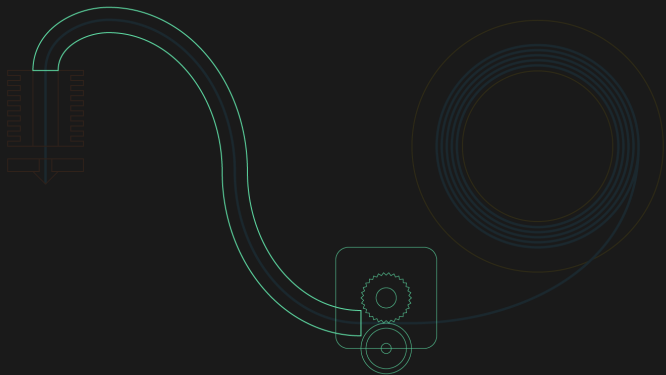
# Wie funktioniert das mit dem Filament?



# Bowden Extruder

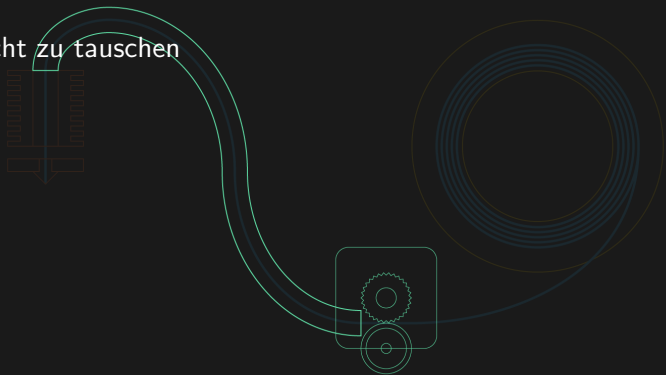


# Bowden Extruder



# Bowden Extruder

- ▶ Leicht zu tauschen



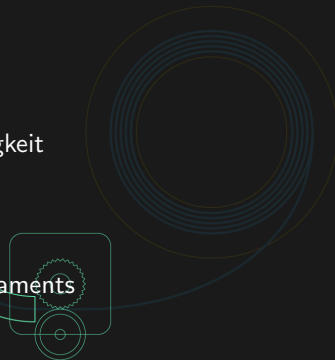
# Bowden Extruder

- ▶ Leicht zu tauschen
- ▶ Weniger Masse am Druckkopf
  - ▶ Schnellere Bewegungen
  - ▶ Schnellere Druckgeschwindigkeit
  - ▶ Höhere Genauigkeit



# Bowden Extruder

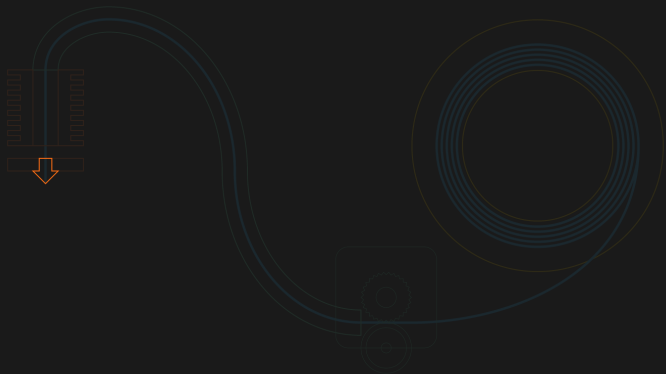
- ▶ Leicht zu tauschen
- ▶ Weniger Masse am Druckkopf
  - ▶ Schnellere Bewegungen
  - ▶ Schnellere Druckgeschwindigkeit
  - ▶ Höhere Genauigkeit
- ▶ Langer Bowdentube
  - ▶ Reibung
  - ▶ Dehnung/Stauchung des Filaments



# Druckkopf

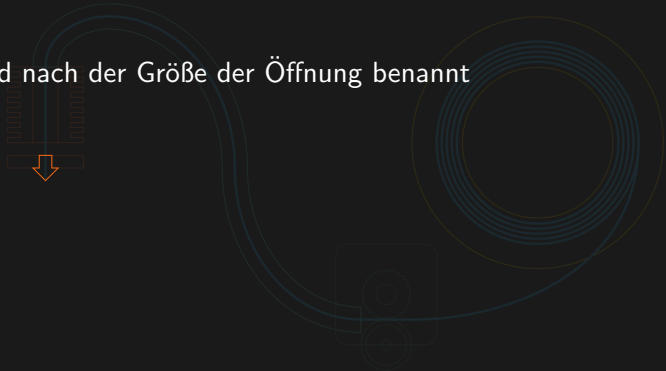


# Nozzle



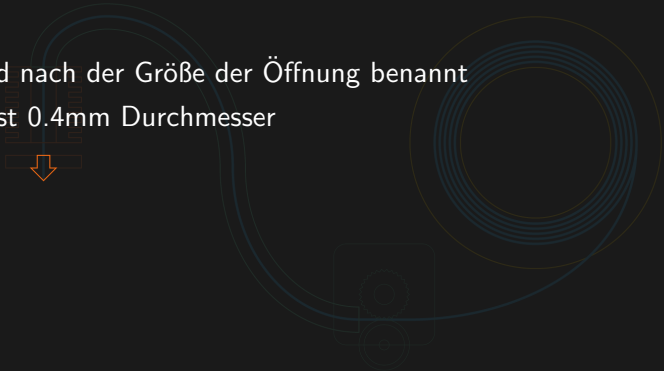


- ▶ Wird nach der Größe der Öffnung benannt



# Nozzle

- ▶ Wird nach der Größe der Öffnung benannt
- ▶ Meist 0.4mm Durchmesser

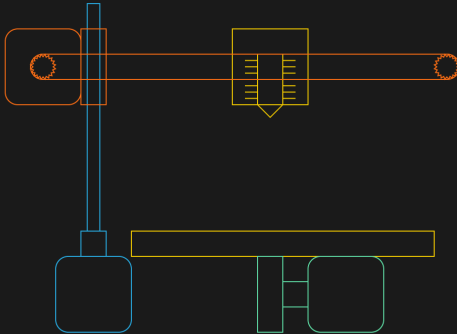


# Nozzle

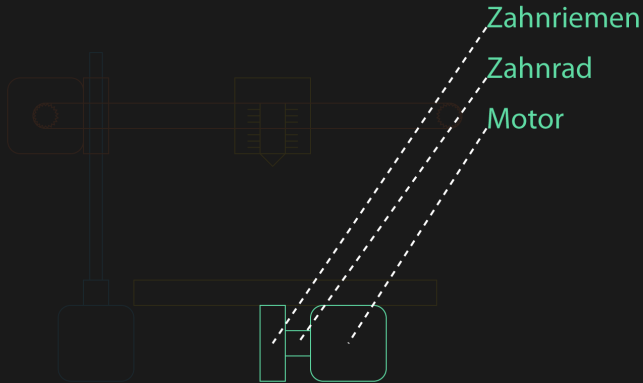
- ▶ Wird nach der Größe der Öffnung benannt
- ▶ Meist 0.4mm Durchmesser
- ▶ Gibt Schichtdicke und Wandbreite vor

- ▶ Wird nach der Größe der Öffnung benannt
- ▶ Meist 0.4mm Durchmesser
- ▶ Gibt Schichtdicke und Wandbreite vor
  - ▶ 0.4mm ermöglicht 0.1-0.3mm Schichtdicke
  - ▶ Wandstärke immer ein Vielfaches des Nozzledurchmessers
  - ▶ Höhen immer ein Vielfaches der Schichtdicke

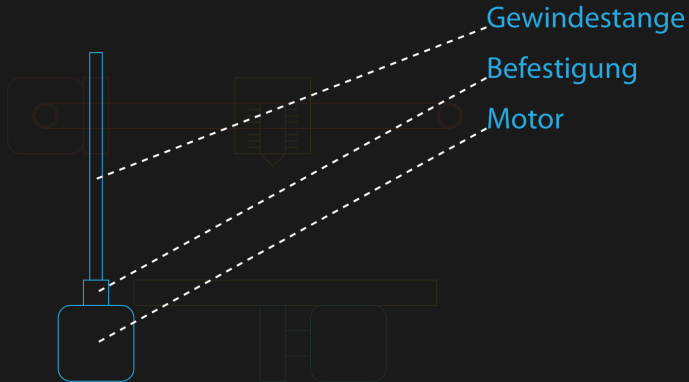
# Wie wird der Druckkopf bewegt?



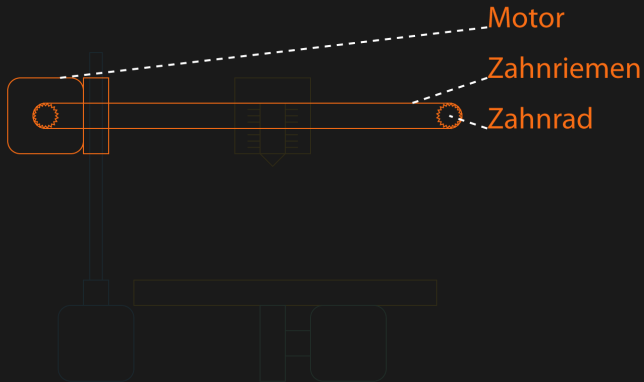
# Y-Achse



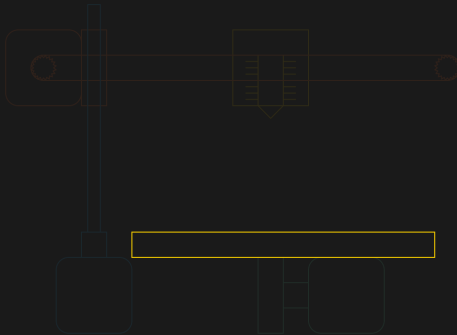
# Z-Achse

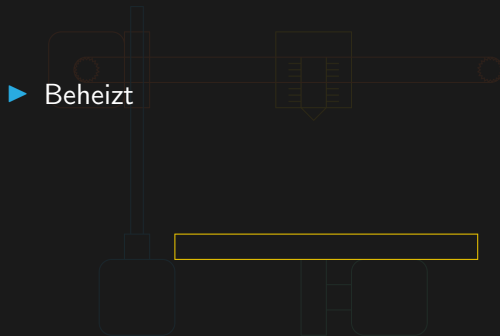


# X-Achse

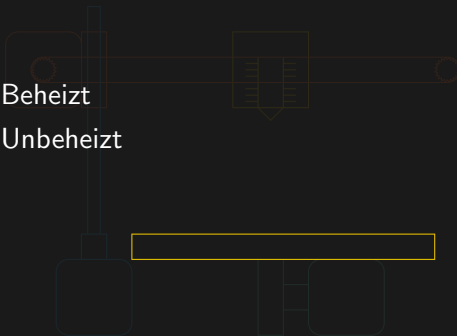


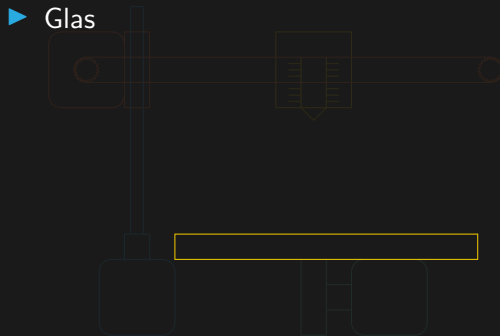






- ▶ Beheizt
- ▶ Unbeheizt

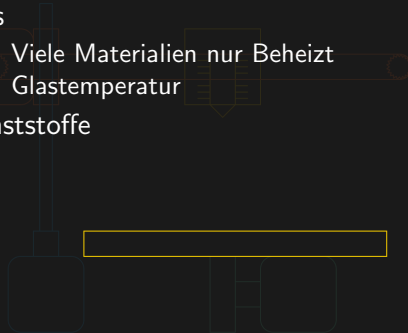




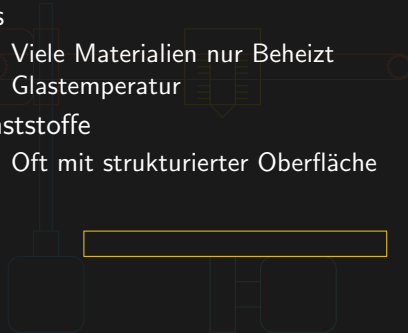
- ▶ Glas
  - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
  - ▶ Glastemperatur



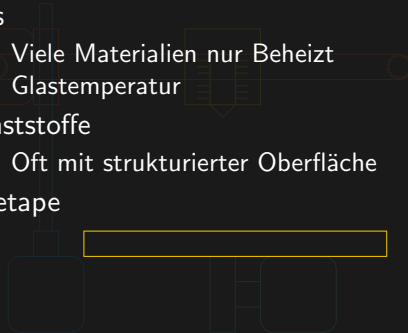
- ▶ Glas
  - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
  - ▶ Glastemperatur
- ▶ Kunststoffe



- ▶ Glas
  - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
  - ▶ Glastemperatur
- ▶ Kunststoffe
  - ▶ Oft mit strukturierter Oberfläche



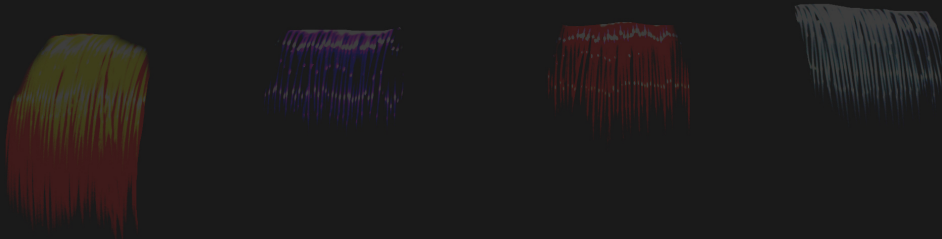
- ▶ Glas
  - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
  - ▶ Glastemperatur
- ▶ Kunststoffe
  - ▶ Oft mit strukturierter Oberfläche
- ▶ Bluetape





- ▶ Glas
  - ▶ Viele Materialien nur Beheizt
  - ▶ Glastemperatur
- ▶ Kunststoffe
  - ▶ Oft mit strukturierter Oberfläche
- ▶ Bluetape
  - ▶ Oft zum Verbessern der Haftung verwendet

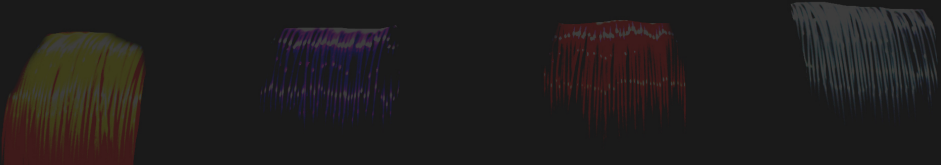
# Was ist Filament?




# Was ist Filament?

- ▶ Ein Faden aus Thermoplastischem Kunststoff

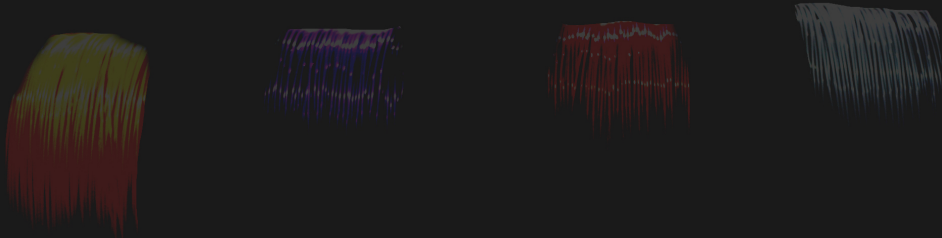
# Was ist Filament?

- 
- ▶ Ein Faden aus Thermoplastischem Kunststoff
  - ▶ Je nach Drucker mit verschiedenen Durchmessern

# Was ist Filament?

- 
- ▶ Ein Faden aus Thermoplastischem Kunststoff
  - ▶ Je nach Drucker mit verschiedenen Durchmessern
  - ▶ Wird auf einer Spule aufgerollt verkauft

# Physikalische Eigenschaften



# Physikalische Eigenschaften

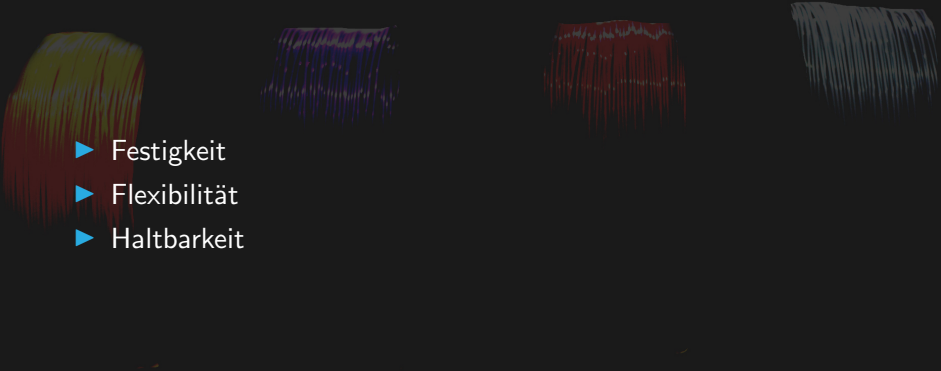
► Festigkeit

# Physikalische Eigenschaften

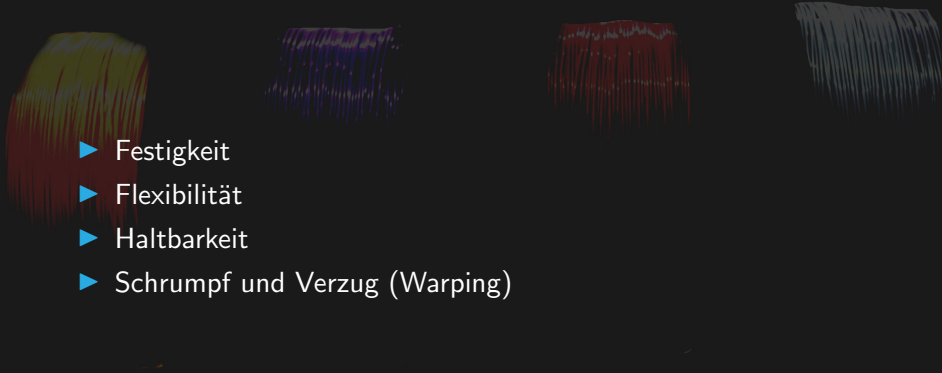
- ▶ Festigkeit
- ▶ Flexibilität



# Physikalische Eigenschaften

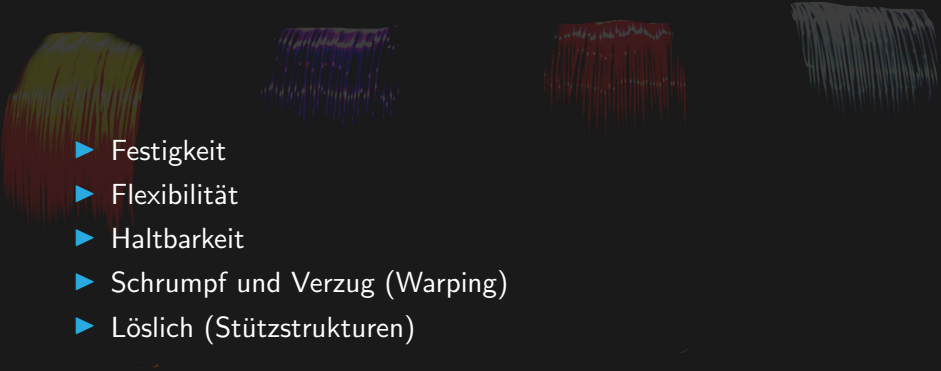
- 
- ▶ Festigkeit
  - ▶ Flexibilität
  - ▶ Haltbarkeit

# Physikalische Eigenschaften

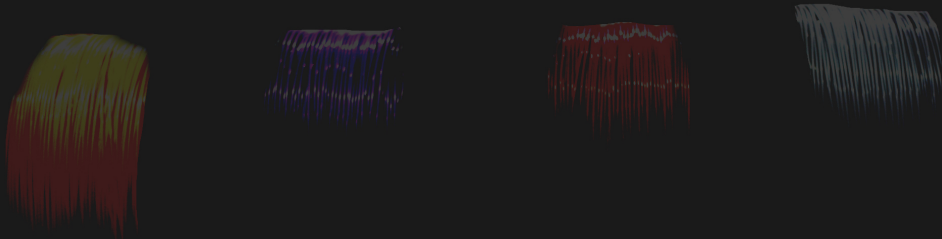


- ▶ Festigkeit
- ▶ Flexibilität
- ▶ Haltbarkeit
- ▶ Schrumpf und Verzug (Warping)

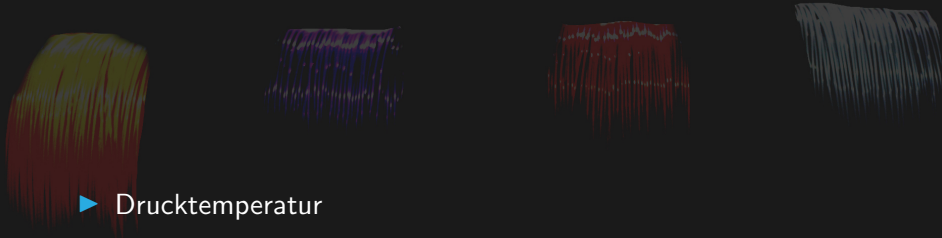
# Physikalische Eigenschaften

- 
- ▶ Festigkeit
  - ▶ Flexibilität
  - ▶ Haltbarkeit
  - ▶ Schrumpf und Verzug (Warping)
  - ▶ Löslich (Stützstrukturen)

# Verarbeitungseigenschaften

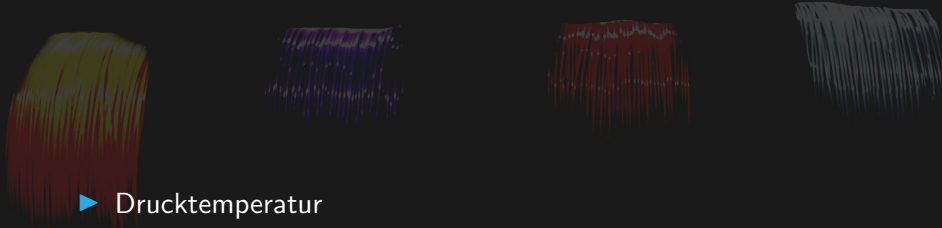


# Verarbeitungseigenschaften



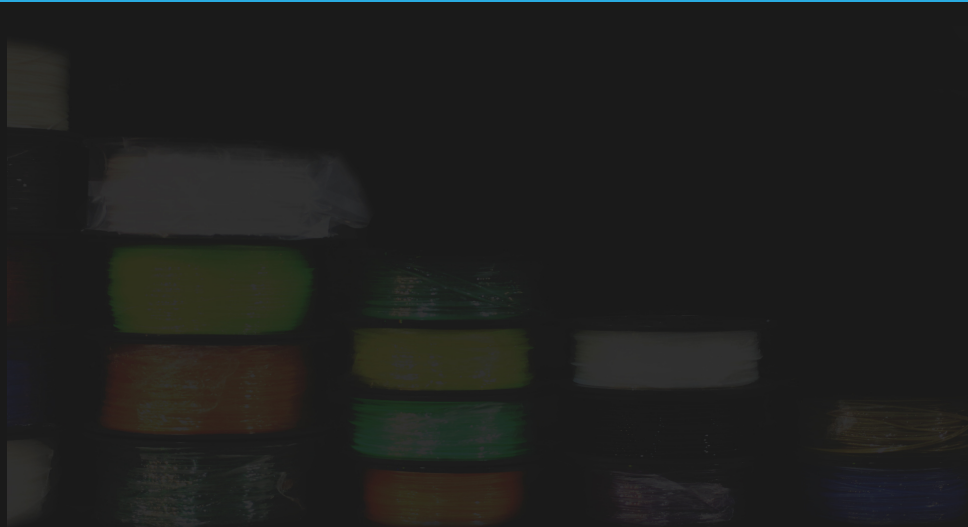
► Drucktemperatur

# Verarbeitungseigenschaften



- ▶ Drucktemperatur
- ▶ Glastemperatur/Druckbett-Temperatur

# PLA



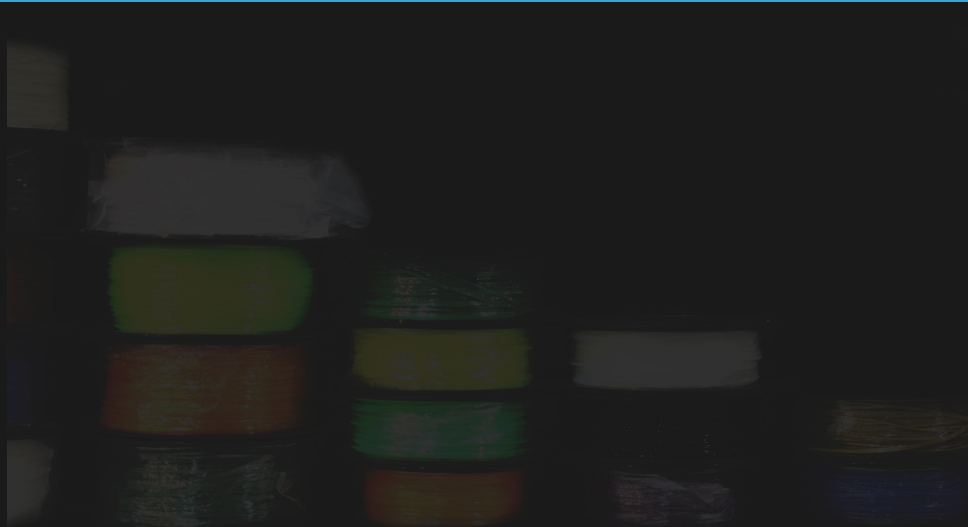
- ▶ Das am häufigsten verwendete Filament



- ▶ Das am häufigsten verwendete Filament
  - ▶ Biokompatibel
  - ▶ Anwendung in bio Plastiktüten, etc.

- ▶ Das am häufigsten verwendete Filament
  - ▶ Biokompatibel
  - ▶ Anwendung in bio Plastiktüten, etc.
- ▶ Festes, sprödes Material, bricht leicht

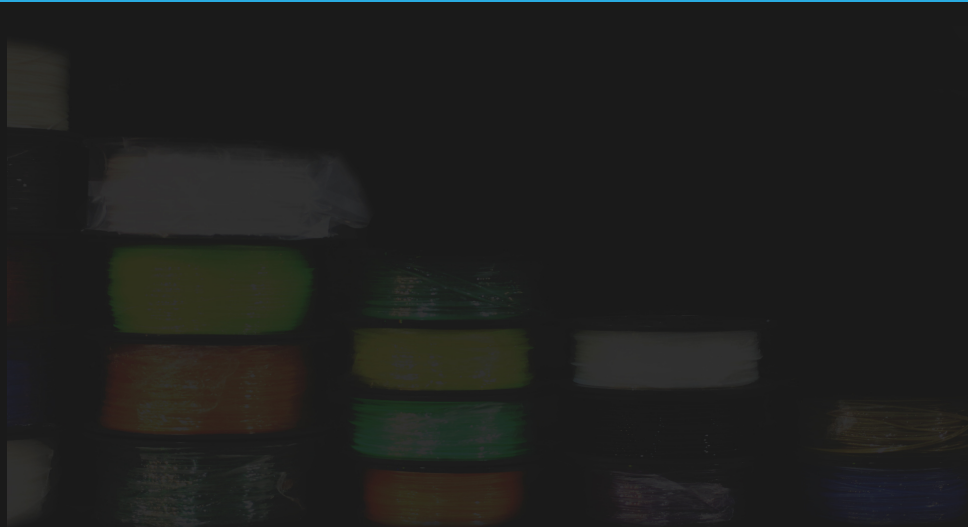
# Eigenschaften



# Eigenschaften

- ▶ **Schwierigkeit:** Gering
- ▶ **Drucktemperatur:** 180 - 230 °C
- ▶ **Druckbett-Temperatur:** 20 - 60 °C
- ▶ **Schrumpf und Verzug:** Gering
- ▶ **Haltbarkeit:** Durchschnittlich
- ▶ **Glastemperatur:** 45-65 °C
- ▶ **Löslich:** Nein

# ABS



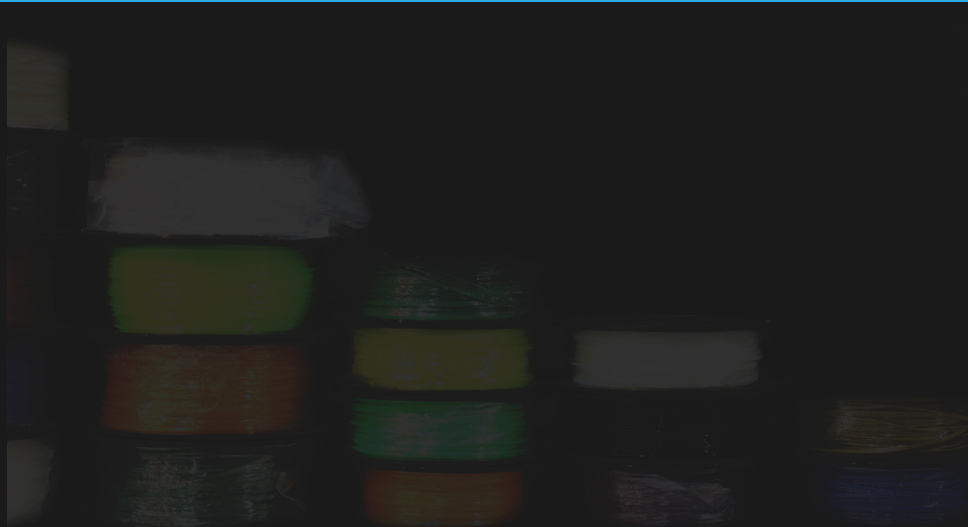
## ▶ Robuster Kunststoff

- ▶ Robuster Kunststoff
  - ▶ Eignet sich zum Beschichten mit Metallen und anderen Kunststoffen
  - ▶ LEGO-Steine, Playmobil, Motorradhelme

- ▶ Robuster Kunststoff
  - ▶ Eignet sich zum Beschichten mit Metallen und anderen Kunststoffen
  - ▶ LEGO-Steine, Playmobil, Motorradhelme
- ▶ Festes, haltbares und temperaturbeständiges Material



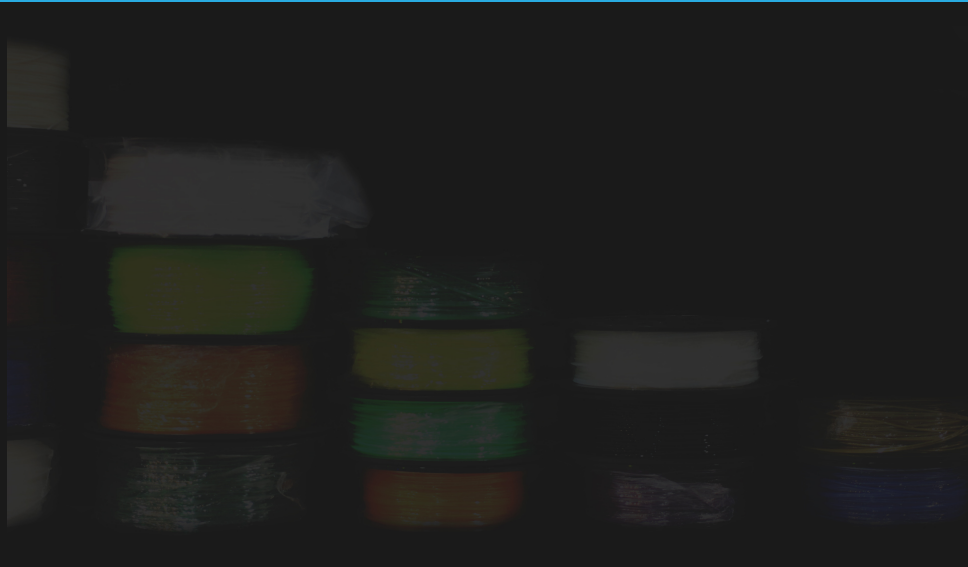
# Eigenschaften



# Eigenschaften

- ▶ **Schwierigkeit:** Hoch
- ▶ **Drucktemperatur:** 210-250 °C
- ▶ **Druckbett-Temperatur:** 80 - 110 °C
- ▶ **Schrumpf und Verzug:** Stark
- ▶ **Haltbarkeit:** Hoch
- ▶ **Glastemperatur:** 95 - 110 °C
- ▶ **Löslich:** Ester, Ketonen und Aceton

# PETG



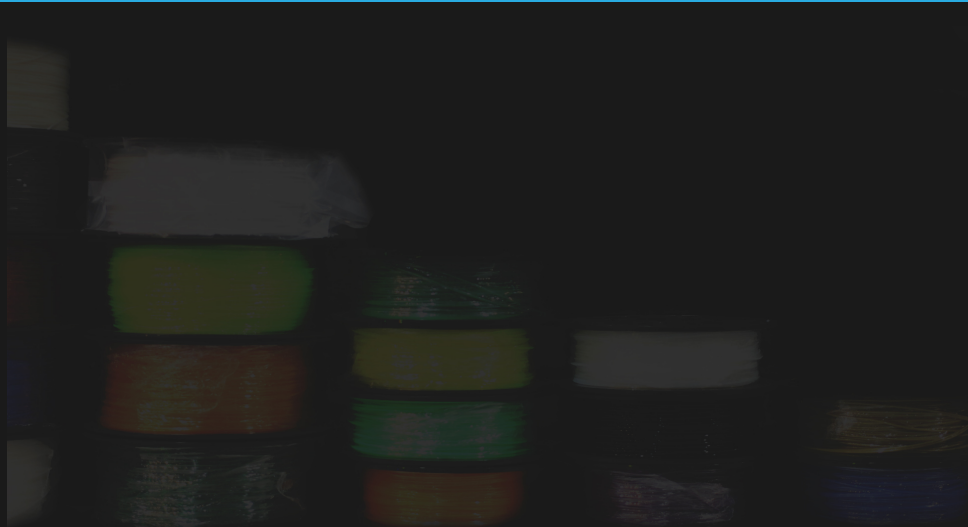
- ▶ Lebensmittelsicherheit fraglich (hormonaktive Eigenschaften?)

- ▶ Lebensmittelsicherheit fraglich (hormonaktive Eigenschaften?)
  - ▶ Anwendung in PET Flaschen
  - ▶ Teil-biobasiert erhältlich

- ▶ Lebensmittelsicherheit fraglich (hormonaktive Eigenschaften?)
  - ▶ Anwendung in PET Flaschen
  - ▶ Teil-biobasiert erhältlich
- ▶ Festes, flexibles, haltbares Material

- ▶ Lebensmittelsicherheit fraglich (hormonaktive Eigenschaften?)
  - ▶ Anwendung in PET Flaschen
  - ▶ Teil-biobasiert erhältlich
- ▶ Festes, flexibles, haltbares Material
- ▶ Extrem hygroskopisch und klebrig (Stützstrukturen)

# Eigenschaften

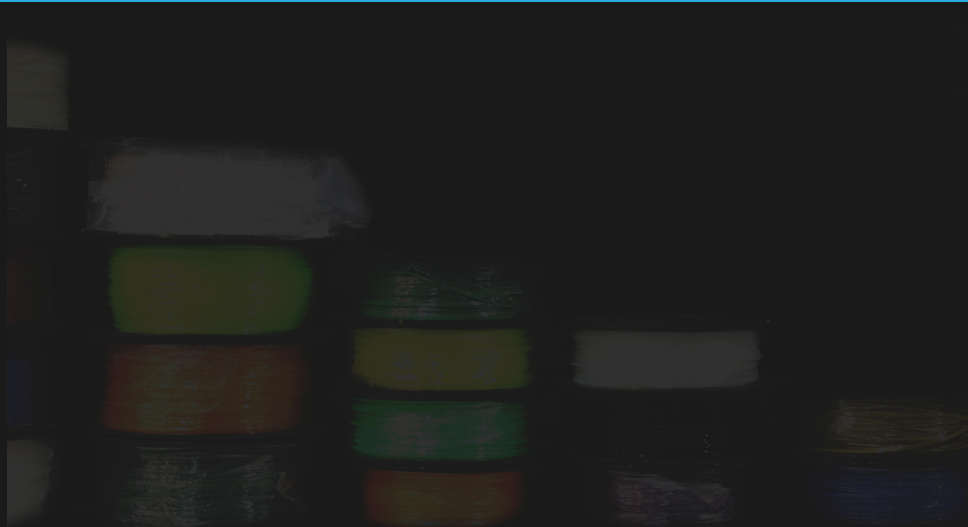




# Eigenschaften

- ▶ **Schwierigkeit:** Gering
- ▶ **Drucktemperatur:** 220 - 250 °C
- ▶ **Druckbett-Temperatur:** 50 - 75 °C
- ▶ **Schrumpf und Verzug:** Gering
- ▶ **Haltbarkeit:** Hoch
- ▶ **Glastemperatur:** 70 °C
- ▶ **Löslich:** Nein

# TPU



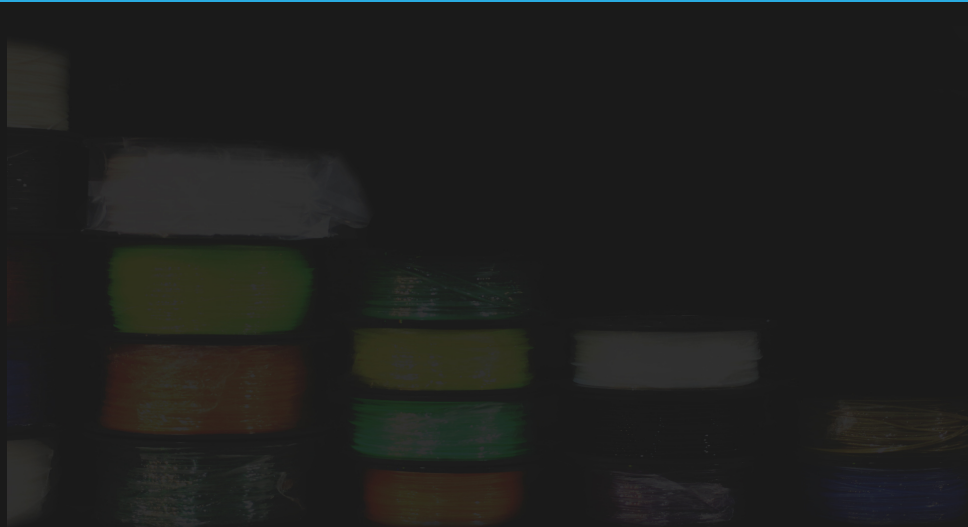
- ▶ Eine Form der Polyurethane

- ▶ Eine Form der Polyurethane
  - ▶ Anwendung(PU): Schaumstoffe, Lacke, Beschichtungen, Klebstoffe, Vergussmassen
  - ▶ TPU hat fast gummiartige Eigenschaften

- ▶ Eine Form der Polyurethane
  - ▶ Anwendung(PU): Schaumstoffe, Lacke, Beschichtungen, Klebstoffe, Vergussmassen
  - ▶ TPU hat fast gummiartige Eigenschaften
- ▶ Wegen der Materialeigenschaften schwer zu drucken

- ▶ Eine Form der Polyurethane
  - ▶ Anwendung(PU): Schaumstoffe, Lacke, Beschichtungen, Klebstoffe, Vergussmassen
  - ▶ TPU hat fast gummiartige Eigenschaften
- ▶ Wegen der Materialeigenschaften schwer zu drucken
- ▶ Extrem hygroskopisch

# Eigenschaften



# Eigenschaften

- ▶ **Schwierigkeit:** Mittel
- ▶ **Drucktemperatur:** 210 - 230 °C
- ▶ **Druckbett-Temperatur:** 30 - 60 °C
- ▶ **Schrumpf und Verzug:** Gering
- ▶ **Haltbarkeit:** Sehr hoch
- ▶ **Glastemperatur:** -223 °C
- ▶ **Löslich:** Nein



# Wie kann ich etwas Drucken?

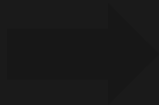


# 3D Programm



3D Programm

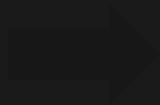
## ► Modellierungsprogramm



3D Programm

- ▶ Modellierungsprogramm

- ▶ Blender



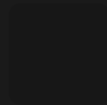
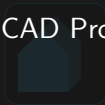
3D Programm

# 3D Programm

- ▶ Modellierungsprogramm

- ▶ Blender

- ▶ CAD Programm



3D Programm

# 3D Programm

- ▶ Modellierungsprogramm

- ▶ Blender

- ▶ CAD Programm

- ▶ FreeCAD

3D Programm

# 3D Programm

- ▶ Modellierungsprogramm
  - ▶ Blender
- ▶ CAD Programm
  - ▶ FreeCAD
- ▶ Objektbibliothek

3D Programm

# 3D Programm

- ▶ Modellierungsprogramm
  - ▶ Blender
- ▶ CAD Programm
  - ▶ FreeCAD
- ▶ Objektbibliothek
  - ▶ Thingiverse

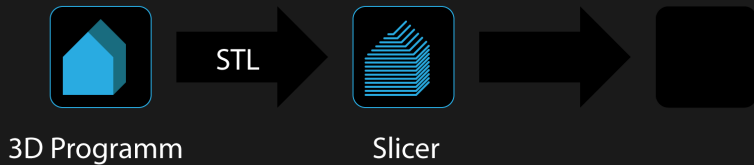


# STL Datei



3D Programm





## ► Vorbereitung für den Druck

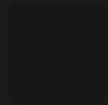


3D Programm

STL

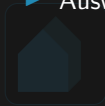


Slicer



- ▶ Vorbereitung für den Druck

- ▶ Auswahl des Druckers



3D Programm

STL

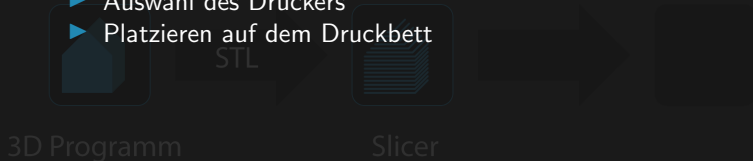


Slicer



- ▶ Vorbereitung für den Druck

- ▶ Auswahl des Druckers
- ▶ Platzieren auf dem Druckbett



- ▶ Vorbereitung für den Druck
  - ▶ Auswahl des Druckers
  - ▶ Platzieren auf dem Druckbett
  - ▶ Einstellen der Schichtdicke

3D Programm

Slicer

- ▶ Vorbereitung für den Druck
  - ▶ Auswahl des Druckers
  - ▶ Platzieren auf dem Druckbett
  - ▶ Einstellen der Schichtdicke
  - ▶ Einstellen der Parameter für das Filament

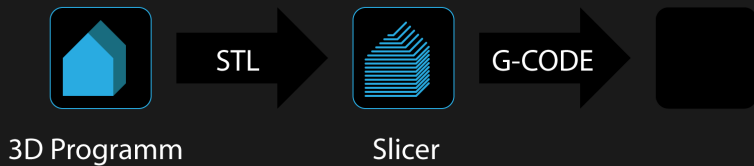
3D Programm

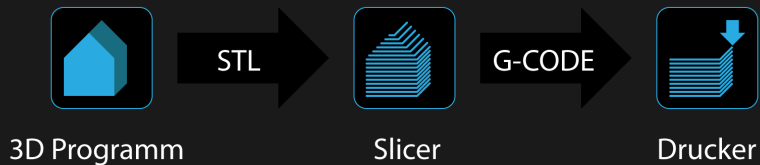
Slicer

- ▶ Vorbereitung für den Druck
  - ▶ Auswahl des Druckers
  - ▶ Platzieren auf dem Druckbett
  - ▶ Einstellen der Schichtdicke
  - ▶ Einstellen der Parameter für das Filament
  - ▶ Steuerkommandos für den jeweiligen Drucker

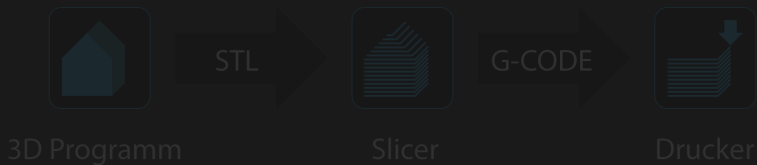


# G-Code Datei



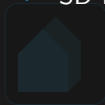


## ► Übertragen der G-Code Datei



- ▶ Übertragen der G-Code Datei

- ▶ SD-Karte



3D Programm

STL



Slicer

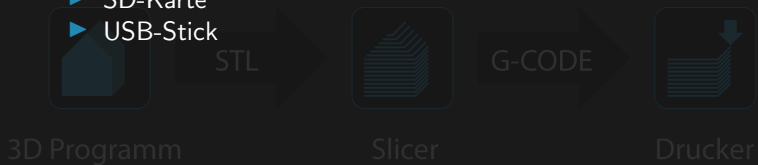
G-CODE



Drucker

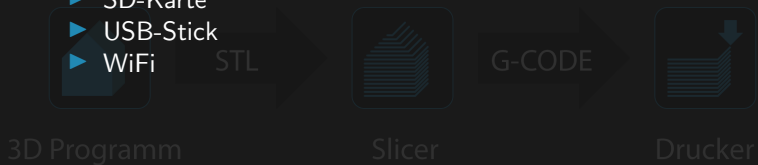
- ▶ Übertragen der G-Code Datei

- ▶ SD-Karte
- ▶ USB-Stick



- ▶ Übertragen der G-Code Datei

- ▶ SD-Karte
- ▶ USB-Stick
- ▶ WiFi



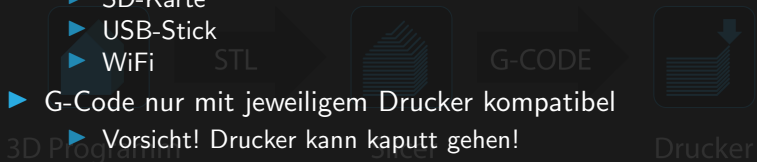
- ▶ Übertragen der G-Code Datei

- ▶ SD-Karte
- ▶ USB-Stick
- ▶ WiFi

- ▶ G-Code nur mit jeweiligem Drucker kompatibel



- ▶ Übertragen der G-Code Datei
  - ▶ SD-Karte
  - ▶ USB-Stick
  - ▶ WiFi
- ▶ G-Code nur mit jeweiligem Drucker kompatibel
- ▶ Vorsicht! Drucker kann kaputt gehen!





▶ <https://github.com/nomeme/JugendHackt-3D-Druck>